



**DOMATES BİTKİSİNİN TUZ STRESİNE
KARŞI TEPKİSİNDE NANO-BİYO GÜBRE
FORMÜLASYONLARININ ETKİSİ**

Kağan Tolga CİNİSLİ

Doktora Tezi

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Bitki Besleme Bilim Dalı

Prof. Dr. Nesrin YILDIZ

2019

Her hakkı saklıdır

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**DOMATES BİTKİSİNİN TUZ STRESİNE KARŞI TEPKİSİNDE
NANO Zn-BİYO GÜBRE FORMÜLASYONLARININ ETKİSİ**

Kağan Tolga CİNİSLİ

**TOPRAK BİLİMİ ve BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI
Bitki Besleme Bilim Dalı**

**ERZURUM
2019**

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü
TEZ ONAY FORMU



Domates Bitkisinin Tuz Stresine Karşı Tepkisinde Nano-Biyo Gübre Formülasyonlarının Etkisi

Prof.Dr. Nesrin YILDIZ danışmanlığında, Kağan Tolga CİNİSLİ tarafından hazırlanan bu çalışma, 19/02/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı Bitki Besleme Bilim Dalı'nda Doktora tezi olarak **oybirliği ile** kabul edilmiştir.

Başkan: Prof.Dr. Nesrin YILDIZ

İmza :

Üye : Prof.Dr. Faruk ÖZKUTLU

İmza :

Üye : Prof.Dr. Metin TURAN

İmza :

Üye : Prof.Dr. Neslihan DİKBAŞ

İmza :

Üye : Doç.Dr. Müdahir ÖZGÜL

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu'nun **14.03/2019** tarih ve **...12.../...35.....** nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mehmet KARAKAN
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Doktora Tezi

DOMATES BİTKİSİNİN TUZ STRESİNE KARŞI TEPKİSİNDE NANO Zn-BİYO GÜBRE FORMÜLASYONLARININ ETKİSİ

Kağan Tolga CİNİSLİ

Atatürk Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Bitki Besleme Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Nesrin YILDIZ

Bu çalışmanın amacı, çinkooksit nanopartikülleri (ZnO-Nps) ile *Bacillus* grubu (*Bacillus subtilis* (N28), *Bacillus pumilis* (N1) ve peynir kökenli *Lactobacillus casei* (Nm24) bakteri formülasyonunun tuz stresi koşullarında domates bitkisinin gelişimi ve mineral içeriği üzerine etkilerini araştırmaktır.

Domates bitkisine tuz stresi oluşturmak amacıyla, 100 mgL⁻¹ çinkooksit nanopartikülleri ile birlikte 50 mMolar NaCl tampon karışımı hazırlanmıştır. Bu tampon mikroorganizmalar üzerinde standart disk difüzyon yöntemi kullanılarak petrilere yerleştirilip disklerle 30 µg karışım tampon, emdirilerek bakterilere uygulanmıştır. Bu koşullarda, canlılıklarını devam ettiren üç mikroorganizma (*Bacillus subtilis* (N28), *Bacillus pumilis* (N1) *Lactobacillus casei* (Nm24) seçilerek taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve RAMAN spektroskopisi ile gözlemlenmiştir. Tuzluluk koşullarında denek bitki olarak Linda (*Lycopersicon esculentum*) seçilmiş ve sera koşullarında yetiştirme ortamı olarak her saksıya 1 kg kum ve 0,3 kg turba yosunu; üç doz çinko nanopartikül (0, 20, 40 mg L⁻¹ ZnO-Nps), 3 bakteri [*Bacillus pumilis* (N1), *Bacillus subtilis* (N28), *Lactobacillus casei* (Nm24)], karışım formülasyonları hazırlanarak dört tekrarlı olacak şekilde deneme kurulmuştur. Oluşturulan formülasyon bir dekarlık alan için 100 litre hesabı temeline dayalı olarak suya karıştırılıp uygulanmıştır. Uygulamaların kuru madde miktarı, bitkinin besin element içeriği üzerine etkisi (azot (N) potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), fosfor (P), demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn), mangan(Mn), bor (B)) içeriği üzerine etkileri değerlendirilmiştir. Uygulamalar sonucunda kuru madde içeriğinin (% 31,2), fosfor içeriği %15,64, potasyum içeriği % 2,75, kalsiyum içeriğini % 8,2, magnezyum içeriği %17,19, B. subtilis (N28)+40 ZnNanops uygulama grubu çinko içeriği %19,01, demir içeriği %7,75, mangan içeriği % 14,6, B bakır içeriğini %12,71, B. pumilis bor içeriğini % 23,8, toplam azot içeriğinin ise yaklaşık 3 kat arttırdığı gözlemlenmiştir.

Bu araştırma sonucuna göre tuz stresi altında bitkilerin fotosentetik tepki olarak tuz stresinden kurtulma adına karbonhidrat metabolizmasını köke yönlendirmesi nedeniyle ürün verim ve verim unsurlarında meydana gelen kaybın azaltılması yönünde nanoboyutta çinko partikülleri ile *Bacillus pumilis* (N1), *Bacillus subtilis* (N28), *Lactobacillus casei* (Nm24) kombinasyonu bu tepkinin yönetilmesinde istatistiksel anlamda önemli katkılar sağlamıştır. Bitki besin ve iyon dengesinin sağlanmasına katkıları yanında enzimsel etki mekanizması yaratarak bitkinin bu stresini azaltma yönünde önemli etkileri olmuştur. Özellikle önümüzdeki 20-30 yıllık süreç içerisinde iklim bilimcilerinin ortaya koyduğu seneryolara göre bitkisel üretimde bu tür sorunların giderek artacağı yönündeki gelişmelere karşı bu yöndeki sorunlara çözüm olabilmeye yönüyle oldukça anlamlı bir çalışmadır. Bu çalışmanın tarla koşullarında yapılacak çalışmalar ile kalibre edilmesi durumunda farklı tuz stresi koşullarına göre mevcut formülasyonların yada ilave gerekli nanobesinlerin verilmesi gerekli olabilmektedir.

2019, 125 sayfa

Anahtar Kelimeler: Nanopartikül, çinko, *bacillus*, tuz, stres, domates

ABSTRACT

PhD. Thesis

EFFECT OF NANO Zn-BIO FERTILIZER FORMULATION ON THE RESPONSE OF TOMATO PLANT IN SALT STRESS CONDITIONS

Kağan Tolga CİNİSLİ

Atatürk University^{SEP}

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. Nesrin YLDIZ

The aim of this study was to investigate the sustainability of zinc nanoparticles (ZnO-Nps) and Bacillus group bacteria and their effects on the development of plant (dry matter production) and mineral content in salt stress conditions of this fertilizer combination.

Tomato plant salt stress, 100 mg/L-1 zinc oxide nanoparticles together with 50 Mmolar NaCl buffer mixture was prepared. This buffer mixture was applied to bacteria by using the standard disk diffusion method on 20 microorganisms, and 30 µg mixing buffer was applied to the disks. In these conditions, three microorganisms (*Bacillus subtilis* (N28), *Bacillus pumilis* (N1) *Lactobacillus casei* (Nm24) were selected and observed by scanning electron microscopy (SEM) and Raman spectroscopy. In salinity conditions, Linda (*Lycopersicon esculentum*) was selected as the subject plant and in greenhouse conditions, 1 kg sand and 0,3 kg peat moss per pot were prepared and three doses of zinc nanoparticles (0, 20, 40 mg L-1 ZnO-NPS), 3 bacteria [*Bacillus pumilis* (N1), *Bacillus subtilis* (N28), *Lactobacillus casei* (Nm24) were prepared and tested in four different ways. The formulation was mixed and applied to the water based on a 100 liter account for a decontamination area. The effects of the applications on dry matter, the effect of the plant on nutrient content (nitrogen (n) potassium (K), calcium (ca), magnesium (mg), phosphorus (P), iron (Fe), copper (Cu), zinc (Zn), manganese (Mn), boron (B) contents were evaluated.

As a result, respectively content of dry matter yield, phosphorus , potassium, calcium, magnesium, zinc, iron, manganese copper, boron and total nitrogen content of leaf ;31.3% 15,64 %, was 2,75 %, 8,2 %, 17,19 %, 19,01 %, 7,75 %, 14,6%, 12,71 23.8% % was increased with B. subtilis (N28)+40 Znanops application.

According to this research, the combination of zinc particles and Bacillus pumilis (N1), Bacillus subtilis (N28), Lactobacillus casei (Nm24) in nanoparticles in order to reduce the loss in crop yield and yield properties has contributed statistically to the management of this reaction. Plant nutrients and ion balance in addition to their contribution to the enzymatic effect mechanism creating the plant has important effects in reducing stress. Especially in the next 20-30 years, according to senerio put forward by climatic scientists, this kind of problems in plant production will increase gradually against developments in this direction is a very valuable work in terms of solution to problems. If this study is calibrated with the studies to be done in field conditions, it may be necessary to give the existing formulations or additional needed nanoparticular nutrient in the different salt stress conditions.

2019, 125 pages

Keywords: Nanoparticle, zinc, bacillus, salt, stress, tomato

TEŞEKKÜR

Doktora öğrenimim sürecinde bilgi, ilgi ve takibini esirgemedi bana destek olan, akademik bilgi ve vizyonu ile çalışmalarımın her aşamasında ışık tutan Doktora tez danışman hocam Prof. Dr. Sayın Nesrin YILDIZ'a saygılarımı sunar, içtenlikle teşekkür ederim.

Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı'nda sürdürdüğüm doktora öğrenimim süresince göstermiş oldukları destek ve katkılarından dolayı Tarımsal Biyoteknoloji Bölüm Başkanı Prof. Dr. Sayın Neslihan DİKBAŞ ve Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı öğretim üyesi Doç. Dr. Sayın Mühadir ÖZGÜL hocalarıma şükranlarımı sunarım.

Tüm eğitim-öğretim yaşamım süresince bana gösterdikleri sevgi, anlayış ve her türlü ekonomik destekleri sayesinde beni bugünlere getiren aileme de ayrıca teşekkür ederim.

Kağan Tolga CİNİSLİ

ŞUBAT, 2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ.....	14
2. KAYNAK ÖZETLERİ	22
2.1. Bazı Nanopartiküllerin Bitkiler Tarafından Alım Formları	22
2.2. Nanopartiküler Makro Besin Elementi içeren Gübrelerle Yapılan Çalışmalar...	22
2.2.1. Nanopartiküler Fosfor (P) İçeren gübreler	22
2.2.2. Nanopartiküler Kalsiyum (Ca) İçeren Gübreler	23
2.2.3. Nanopartiküler Magnezyum (Mg) İçeren Gübreler	24
2.3. Nanopartiküler Mikrobeyin Elementli Nanogübrelerle Yapılan çalışmalar	24
2.3.1. Nanopartiküler Demir (Fe) İçeren Gübreler.....	25
2.3.2. Nanopartiküler Manganez (Mn) İçeren Gübreler.....	25
2.3.3. Nanopartiküller Çinko (Zn) İçeren Gübreler.....	26
2.3.4. Nanopartiküller Bakır (Cu) İçeren Gübreler	26
2.3.5. Nanopartiküler Molibden (Mo) İçeren Gübreler	27
2.4. Nanomalzemelerle Güçlendirilmiş Gübreler.....	28
2.4.1. Nano Yapılı Zeolit Materyali	28
2.5. Doğal Olarak Bazı Besin Elementlerini Taşıyıcı Nanopartiküller	29
2.6. Bitki Gelişimini Teşvik Edici Diğer Nanopartiküller	30
2.6.1. Nanopartiküler Titanyum Dioksit İçeren Gübreler	30
2.6.2. Nanopartiküler Boyutta Kapsüllenmiş Karbon Materyalleri (CNT).....	31
2.7. Nanopartiküller Besin Elementlerinin Bitki Bünyesine Alımı ve Kullanım Alanları	32
2.8. Mineral Gübre ile Biyolojik Canlılıkların Birlikte Kullanımının Önemi	38
2.9. Tuz Stresi Koşulları ve Bitkiler Üzerine Etkileri	39

2.10. Farklı Dozlarda Uygulanan Nanomateryallerin Bitkiler Üzerinde Kritik Toksik Etkileri	40
2.11. Doğal Nanopartikül Kaynakları	41
3. MATERYAL ve METOT	42
3.1. Materyal.....	42
3.1.1. Kullanılan malzemeler	42
3.1.2. Araştırma denemesi sürecinde kullanılan cihazlar	43
3.1.2.a. Raman spektroskopisi analizleri.....	43
3.1.2.b. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) analizi.....	44
3.1.2.c. İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma- Otomatik Emisyon Spektroskopisi (ICP-OES)	45
3.2. Metot	45
3.2.1. Saf bakteri kültürlerinin besiyeri ortamında geliştirilmesi ve sterilizasyonu ...	45
3.2.2. Disk difüzyon yöntemi ile nanopartiküllerle birlikte tuzlu koşullarda gelişimini sürdüren bakterilerin seçimi	46
3.2.3. Nano-biyo gübrenin taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri.....	49
3.2.4. Nano-biyo gübrenin RAMAN spektroskopisi ile görüntüleri	49
3.2.5. Dökme plaka yöntemi ile bakterilerin (<i>Bacillus Subtilis</i> (N28), <i>Bacillus Pumilis</i> (N1) <i>Lactobacillus Casei</i> (Nm24) sayımlarının yapılması	51
3.2.6. Bakterilerin canlılık testi ve sıvı taşıyıcı ortamın seçilmesi.....	52
3.2.7. Deneme deseni ve deneme konuları	52
3.2.8. Fide temini.....	53
3.2.9. Bakım, hasat işlemleri ve örnekleme işlemlerinin yapılması.....	53
3.2.10. Elementel analiz (sodyum, potasyum, kalsiyum, demir, bakır, çinko, mangan, fosfor, magnezyum, bor)	53
3.2.11. Toplam azot tayini.....	54
3.2.12. İstatistiksel Değerlendirmeler.....	54
3.2.13. Biyo-Nanoçinkooksit (NP-ZnO) gübre formülasyonlarının oluşturulması....	54
3.2.14. İş Akış şeması, bakteriyel canlılık testi ve sıvı taşıyıcı ortamın kullanılması...	54
3.2.15. Bakteriyel canlılık testi ve sıvı taşıyıcı ortamın kullanılması	55
3.2.16. Sera denemesi.....	57
4. ARAŞTIRMA SONUCU ve BULGULAR	61

4.1. Bitkilerin Elementel İçerik Analiz Sonuçları	61
4.1.1. Saksı Bitkilerin Üst Aksam Analiz Sonuçları	61
4.1.1.a. Domates Bitkisine Uygulanan Nano-Biyo Gübrenin Toplam Azot (N), Fosfor (P), Potasyum (K), Magnezyum (Mg) ve Kalsiyum (Ca) Üzerine Etkileri	61
4.1.1.b. Domates Bitkisine Uygulanan Nano-Biyo Gübrenin Yaprak Kuru Madde, Sodyum (Na) Çinko (Zn) Ve Demir (Fe) Üzerine Etkileri	69
4.1.1.c. Domates Bitkisine Uygulanan Nano - Biyo Gübrenin Yaprakta Mangan (Mn), Bakır (Cu), Bor (B) Üzerine Etkileri	73
4.1.2. Domates bitkisi kök aksamı analiz sonuçları	75
4.1.2.a. Domates Bitkisine Uygulanan Nano-Biyo Gübrenin Kök Aksamında Mineral İçerik (Sodyum, Çinko, Demir) İçerikleri Üzerine Etkileri	81
4.1.3. Nano-biyo gübrenin taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile görüntülenmesi	86
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	90
KAYNAKLAR	106
ÖZGEÇMİŞ	116

SİMGELER DİZİNİ

Simgeler

%	Yüzde
cm	Santimetre
L	Litre
Mg	Miligram
Mg/lt	Miligram/Litre
μ M	Mikromolar

Kısaltmalar

MWCNT's	Çok Duvarlı Karbon Nanotüpler
NM	Nanomateriyaller
NPs	Nanopartiküller
PL	Fotoluminesans
rGO	Düşük grafen oksit
SWCNT's	Tek Duvarlı Karbon Nanotüpler
PGPB	Bitki Gelişimini Teşvik Edici Bakteriler

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Çeşitli nanomateryallerin tarımda kullanılması ve bitki gelişimine farklı düzeylerdeki etkileri	19
Şekil 2.1. Farklı ortam ve uygulamaların nanopartiküllerin taşınımı konusunda bitkinin fiziksel ve biyokimyasal içerikleri üzerine etkisi	34
Şekil 2.2. <i>S. tabernaemontani</i> kök yüzeyindeki ZnO NPs, Zn^{2+} iyon birikiminin SEM görüntüleri (A) kontrol; (B) 1000 mg L $1 Zn^{2+}$ iyon ve (C) 1000 mg L 1 ZnO NPs	35
Şekil 2.3. Kökleri vasıtasıyla nanopartiküllerin bitki bünyesine alım süresince oluşan akış şeması	36
Şekil 3.1. Atatürk Üniversitesi Doğu Anadolu Yüksek Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde (DAYTAM) bulunan WıTec ALPHA300 Series mikro-RAMAN cihazı.....	43
Şekil 3.2. Atatürk Üniversitesi Doğu Anadolu Yüksek Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde bulunan Zeiss Sigma Family Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)	44
Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan bakterilerin gelişimi için kullanılan besiyerleri	46
Şekil 3.5. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile <i>Lactobacillus casei</i> (Nm24) için disk difüzyon yöntemi kullanılarak nanopartiküllerle olan sinerjik etkisi....	47
Şekil 3.6. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile <i>Bacillus pumilis</i> (N1) için disk difüzyon yöntemi kullanılarak nanopartiküllerle olan sinerjik etkisi.....	47
Şekil 3.7. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile <i>Bacillus subtilis</i> (N28) için disk difüzyon yöntemi kullanılarak nanopartiküllerle olan sinerjik etkisi.....	48
Şekil 3.8. Dayanıklı mikroorganizmaların seçimi için karışım tamponunun disklerle emdirilik petrilere yerleştirilmesi	48
Şekil 3.9. Disklere emdirilen karışım tamponunun 20 mikroorganizma da denenmesi a) Mikroorganizmaların seçiminde nanopartikül ve tuz karışımına karşı canlılıklarını devam ettirebildiği b) Mikroorganizmaların nanopartikül ve tuz karışımına karşı canlılıklarını devam ettiremediğinin göstergesidir.	49

Şekil 3.10. Raman cihazıyla nano-biyo gübrenin a) ZnO nanopartikülü görüntülenmesi b) Bakteri yüzey görüntülenmesi	50
Şekil 3.6. Sayımları yapılacak olan bakterilerin steril kabinlere yerleştirilmesi ve sayım için hazırlanması	51
Şekil 3.7. Laboratuvar koşullarında oluşturulan nano-biyo gübre formülasyonunun oluşum şeması	55
Şekil 3.8. Bakteriler için sıvı taşıyıcı olarak kullanılan şilempede yapılan seyreltmeler	56
Şekil 3.9. Sıvı nano-biyo formülasyonlarında bakterilere besin sağlamak için kullanılan şilempenin üç haftalık inkübasyonu sonucunda (w/w, 1/10, 1/20, 1/50, 1/100) seyreltik oranlarına üç bakteride gelişim durumları	56
Şekil 3.10. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi seralarında yürütülen çalışmaya ait görüntüler-I.....	57
Şekil 3.11. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi seralarında yürütülen çalışmaya ait görüntüler-II	58
Şekil 3.12. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi seralarında yürütülen çalışmaya ait görüntüler-III.....	58
Şekil 3.13. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi seralarında yürütülen çalışmaya ait görüntüler-IV	59
Şekil 3.14. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi seralarında yürütülen çalışmaya ait görüntüler-V	59
Şekil 3.15. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi seralarında yürütülen çalışmaya ait görüntüler-VI.....	60
Şekil 4.1. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin yaprak toplam azot (N) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği.....	63
Şekil 4.2. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin yaprak Fosfor (P) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği	64
Şekil 4.3. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin yaprak Magnezyum (Mg) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği	65
Şekil 4.4. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin gövde yaprak Potasyum (K) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği	66

Şekil 4.5. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin yaprak	
Kalsiyum (Ca) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği.....	67
Şekil 4.6. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin yaprak kuru	
madde miktarı üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği	69
Şekil 4.7. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin yaprak	
Çinko(Zn) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği	70
Şekil 4.8. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin yaprak	
Demir (Fe) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği	71
Şekil 4.9. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin yaprak	
Mangan (Mn) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği	73
Şekil 4.10. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin yaprak	
bakır (Cu) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği.....	74
Şekil 4.11. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin yaprak	
Bor(B) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği	75
Şekil 4.12. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin kök	
aksamının fosfor (P) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği	77
Şekil 4.13. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin kök	
aksamının Potasyum (K) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği	78
Şekil 4.14. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin kök	
aksamının kalsiyum (Ca) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği	78
Şekil 4.15. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin kök	
aksamının magnezyum (Mg) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği	79
Şekil 4.17. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin kök	
aksamının demir (Fe) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği.....	81
Şekil 4.18. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin kök	
aksamının sodyum (Na) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği.....	82
Şekil 4.11. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin kök	
aksamının Çinko (Zn) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği.....	82
Şekil 4.21. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin kök	
aksamının Mangan (Mn) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği	84
Şekil 4.22. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin kök	
aksamının bakır (Cu) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği	85

Şekil 4.23. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin kök	
aksamının Bor (B) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği	85
Şekil 4.27. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile Oluşturulan Nano-biyo	
gübrenin görüntülenmesi.....	89



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Bazı kültür bitkilerinin tuz koşullarına karşı toleransları, ürün azalma noktasında elektrik iletkenlik (EC-25°C) sınır değeri ve tuzluluk sınır değerinin üründe azalma yüzdeleri.....	15
Çizelge 1.2. Farklı bakteri ırklarının çeşitli bitkilerdeki salgıları ve söz konusu bitkilerdeki etkileri	17
Çizelge 1.3. Domates bitkisine ait yaprak örnekleri analiz sonuçlarının sınır değerlerine göre sınıflandırılması ve N:K oranları Campbell (2000).	18
Çizelge 3.1. Nano-Biyo gübre formülasyonunda sıvı taşıyıcı olarak kullanılan şilempenin bileşimi.....	42
Çizelge 3.2. Üç Farklı Nano-Biyo Gübre formülasyonlarının bir mililitresinde bulunan Bakteri Sayısı.....	56
Çizelge 4.1. Bakteri uygulamaları, nanopartikül ve nano-bakteri uygulamalarının domates bitkisinin yaprak makro element (Toplam Azot, Fosfor, Kalsiyum, Potasyum, Magnezyum) üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları.....	62
Çizelge 4.2. Bakteri uygulamaları, nanopartikül ve nano-bakteri uygulamalarının domates bitkisinin makro element (Toplam Azot, Fosfor, Kalsiyum, Potasyum, Magnezyum) üzerine etkilerine ait analiz sonuçları.....	62
Çizelge 4.3. Bakteri uygulamaları, nanopartikül ve nano-bakteri uygulamalarının domates bitkisinin Kuru madde miktarı ve yaprak mineral içerik (Sodyum, Çinko, Demir) üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları	67
Çizelge 4.4. Bakteri uygulamaları, nanopartikül ve nano-bakteri uygulamalarının domates bitkisinin yaprak kuru madde miktarı ve mineral içerik (Sodyum, Çinko, Demir) üzerine etkilerine ait analiz sonuçları	68
Çizelge 4.5. Bakteri uygulamaları, nanopartikül ve nano-bakteri uygulamalarının domates bitkisinin yaprakta mikro element (Mangan, Bakır, Bor) üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları	71

Çizelge 4.6. Bakteri uygulamaları, nanopartikül ve nano-bakteri uygulamalarının domates bitkisinin yaprakta mikro element(Mangan, Bakır, Bor) üzerine etkilerine ait analiz sonuçları	72
Çizelge 4.7. Bakteri uygulamaları, nanopartikül ve nano-bakteri uygulamalarının domates bitkisinin kök aksamında makro element (Fosfor, Kalsiyum, Potasyum, Magnezyum) üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları .	75
Çizelge 4.8. Bakteri uygulamaları, nanopartikül ve nano-bakteri uygulamalarının domates bitkisinin kök aksamında makro element (Magnezyum, Fosfor, Kalsiyum, Potasyum) üzerine etkilerine ait analiz sonuçları	76
Çizelge 4.9. Bakteri uygulamaları, nanopartikül ve nano-bakteri uygulamalarının domates bitkisinin kök aksamında mineral içerik (Sodyum, Çinko, Demir) üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları	80
Çizelge 4.10. Bakteri uygulamaları, nanopartikül ve nano-bakteri uygulamalarının domates bitkisinin kök aksamında mineral içerik (Sodyum, Çinko, Demir) üzerine etkilerine ait analiz sonuçları	80
Çizelge 4.12. Bakteri uygulamaları, nanopartikül ve nano-bakteri uygulamalarının domates bitkisinin kök aksamında mikro element (Mangan, Bakır, Bor) üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları	83
Çizelge 4.13. Bakteri uygulamaları, nanopartikül ve nano-bakteri uygulamalarının domates bitkisinin kök aksamında mikro element (Mangan, Bakır, Bor) üzerine etkilerine ait analiz sonuçları.....	83

1. GİRİŞ

Dünyada, sulu tarıma açık alanların üçte birinde tuzluluk problemi oluşmaktadır ve bu alanlar yaklaşık olarak 400–950 milyon hektar gibi önemli bir rakama işaret etmektedir (Shannon 1984). Topraklar için önemli bir sorun olan tuzluluk probleminin ortadan kaldırılmasına yönelik yapılan ıslah çalışmaları için uygulanmakta olan ıslah yöntemleri pahalı ve zaman alıcı yöntemler olduğu için çoğu zaman tercih edilmemektedir (Shannon 1984).

Tuz ve su stresinin bitkiler üzerindeki etkilerinin ne düzeyde olduğunu araştırmak amacıyla bugüne kadar sera ve tarla koşullarında birçok denemeler yapılmıştır. Bitkilerin tuzluluğa karşı göstermiş oldukları tepkileri belirlemek amacıyla yapılmış olan araştırmaların birçoğunda sodyum klorür tuz kaynağı olarak kullanılmaktadır (Al. Karaki 2000; Botella *et al.* 1997; Chartzoulakis and Laupassaki 1997; Perdassi *et al.* 1999; Yıldız vd 2000, Bilgin ve Yıldız. 2008). Tuza dayanıklılık açısından bitkiler arasında belli başlı önemli farklılıklar görülebilir. Genellikle meyve bitkileri tuzluluğa, yem, tarla ve sebze bitkilerine göre daha duyarlıdır. Öte yandan aynı bitkilerin toprak üstü veya toprak altı aksamlarının tuzluluk koşullarına karşı göstermiş oldukları duyarlılıklar farklı farklıdır.

Tarla bitkilerinin birçoğu, tuzluluk koşullarına karşı dirençleri nispeten düşük olmakla birlikte çeşitin varyeteleri arasında da tuza tolerans açısından genetiksel farklılıklar bulunabilmektedir. Dolayısıyla tuzluluk koşullarına tolerans, seçim ve ıslah çalışmaları, kurak ve yarı kurak iklim alanlarında geleneksel tarım üretimi yönünün yanında genetik özellikler bakımından önem arzetmemektedir (Aydemir 1992).

Bitkiler gelişim periyodu boyunca genellikle iki sorunla karşılaşmaktadır. Bunlardan ilki toprağın sulu çözeltisinde bulunan yüksek tuz konsantrasyonu (yüksek osmotik basınç ve bunun paralelinde düşük toprak su potansiyeli). İkincisi ise sodyum ve klor

gibi bitkiye toksik etki yaratma potansiyeli olan iyonların aşırı konsantrasyonları veya tuzlu bileşikler farklı formları (Bernstein 1964).

Bitki çeşitleri büyüme sırasında verdikleri tepki yönünden, büyük farklılıklar gösterirler. Bir bitki çeşidinin tuzluluk koşullarına duyarlılığı veya kabul edilebilir sınır değerlerinin sınıflandırmada yaygın olarak kullanılan toprak doygunluk ekstraktlarının EC'si ve belli bir EC değerine göre çıkabilecek ürün azalması temeline dayandırılabilir (Bernstein 1964). Çizelge 1.1'de verilen bitki çeşitleri için EC sınır değerleri ve bu değerlerin ürünler üzerine oluşturmuş olduğu etkiler verilmiştir.

Çizelge 1.1. Bazı kültür bitkilerinin tuz koşullarına karşı toleransları, ürün azalma noktasında elektrik iletkenlik (EC-25°C) sınır değeri ve tuzluluk sınır değerinin üründe azalma yüzdeleri (Maas and Hoffman 1977)

Bitki Çeşidi	Sınır EC Değeri(dS/m)	Sınır EC'nin üzerinde Ürün Azalması(%)
Şeker Pancarı	7.0	5.9
Arpa	8.0	5.0
Soya Fasulyesi	5.0	20.0
Buğday	6.0	7.1
Domates	2.5	9.9
Mısır	1.7	12.9

Örtü altı yetiştiriciliğin vazgeçilmezi olan domates bitkisinin yetiştirilme safhasındaki kalitesiz sulama, domatesin biyotik ve abiyotik stres koşullarına karşı dayanıksızlığını olumsuz etkilemektedir. Lopez ve Satti (1996) tarafından yapılan çalışmada kum kültüründe yetiştirilen ve 50 mM NaCl ile sulanan domates bitkilerinde kök hacmi ve kök taze ağırlığı, yaprak taze ağırlığının kontrole göre önemli derecede azaldığını gözlemlenmiştir.

Bitkilerin tuza dayanıklılıklarının kök sistemleriyle aşırı Na ve K alımını engellemelerine bağlı olduğu bildirilmiştir (Güneş vd 1997). Aynı zamanda bitki sitoplazmasında aşırı Na bulunduğunda sodyum elementi, protein sentezini ve enzim aktivitesini engelleyerek toksik etki göstermektedir (Güneş vd 1997). Tuzluluk koşulları

bitki gelişmesini azaltabilen sebeplerin başında besin elementlerinin, özellikle Ca ve K'nın taşınım, alım ve kullanımında azalış olduğunu bildirmişlerdir (Marschner 1995; Tester and Davenport 2003; Munns *et al.* 2006).

Bitkilerin büyüme ve gelişmesine etki eden faktörler mevcuttur (Yıldız 2012). Bu faktörlerden çevresel etmen olarak esas alınan abiyotik faktörlerin başlıcaları; rüzgâr, ışık ve su olarak değerlendirilmektedir. Toprağın yapısı ve içerdiği mineral maddeler bitki gelişiminde önemli rol oynarlar. Bu nedenle bitki ekildiği zaman içerisinde bulunduğu toprağın yapısında bulunan maddelerin bitki gelişimine olan etkisinin detaylı bir şekilde araştırılması ve hangi maddenin bitki gelişimi için nasıl bir rol oynadığının bilinmesinin önemli olduğu düşünülmektedir (Yıldız 2012).

Shen (1997) yapmış olduğu çalışmada, mikroorganizmaların kendi ve bitki-mikroorganizma arasında oluşan dengenin bitki büyümesini teşvik ettiğini ve hastalıklara direnç oluşturduğunu ifade etmiştir. Zararlı ve yararlı mikroorganizma popülasyonlarında oluşan dengesizlik, hastalıkların ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Farklı yabani tip bakterilerden elde edilen karışım (başlıca *Bacillus spp.*) kullanılması ile bu bakterin salgıları (Çizelge 1.2) sayesinde bitki büyümesi ile birlikte verimi arttırabileceği ve bitkide hastalıklara karşı direnç oluşturabileceği tespit edilmiştir.

Farklı bakteri ırklarının çeşitli bitkilerdeki salgıları ve söz konusu bitkilerdeki etkileri (Ping and Boland 2004) farklı farklıdır (Çizelge 1.2).

Çizelge 1.2. Farklı bakteri ırklarının çeşitli bitkilerdeki salgıları ve söz konusu bitkilerdeki etkileri

Mikroorganizma	Bakteriyel Salgı Bitkisel Hormonlar	Bitki	Bitkideki Etkisi
<i>Pseudomonas</i>	Etilen	<i>Pueraria lobata</i>	Gelişmeyi teşvik etme
<i>Pseudomonas</i>	Oksinler	<i>Arabidopsis</i>	Morfogenesis, gelişmeyi düzenleyici
<i>Rhizobium</i>	Sitokininler	Kanola	Gelişmeyi teşvik etme
<i>Rhizobium</i>	Hücre dışı Enzimler	..	..
<i>Rhizobium</i>	Fosfataz	Mısır	İnorganik fosfatları mineralize etme
<i>Enterobacter</i>	ACC deaminaz	Kanola	Etilen üretimini azaltma
<i>Pseudomonas, Rhizobium, Bacillus</i>	Organik asitler	..	..
<i>Pseudomonas, Rhizobium, Bacillus</i>	Glukonik asit, 2-ketoglukonik asit	Genel	Organik fosfatları çözme
<i>Pseudomonas</i>	Yüzey Faktörleri	..	..
<i>Pseudomonas</i>	Lipopolisakkaritler	Turp ve Karanfil	Sistemik uyarılmış dayanım
<i>Pseudomonas</i>	Fillagelinler	<i>Arabidopsis</i>	Sistemik uyarılmış dayanım
<i>Pseudomonas</i>	Antibiyotikler	..	..
<i>Pseudomonas</i>	Pyuloteorin, Phenazin	Genel	Konak bitkiyi koruma
<i>Bacillus sp.</i>	Uçucu Maddeler	..	..
<i>Bacillus sp.</i>	2R,3R-Butanediol, acetoin	<i>Arabidopsis thaliana</i>	Sistemik uyarılmış dayanım
<i>Bacillus sp.</i>	2R,3R-Butanediol, acetoin	<i>Arabidopsis thaliana</i>	Gelişmeyi teşvik etme

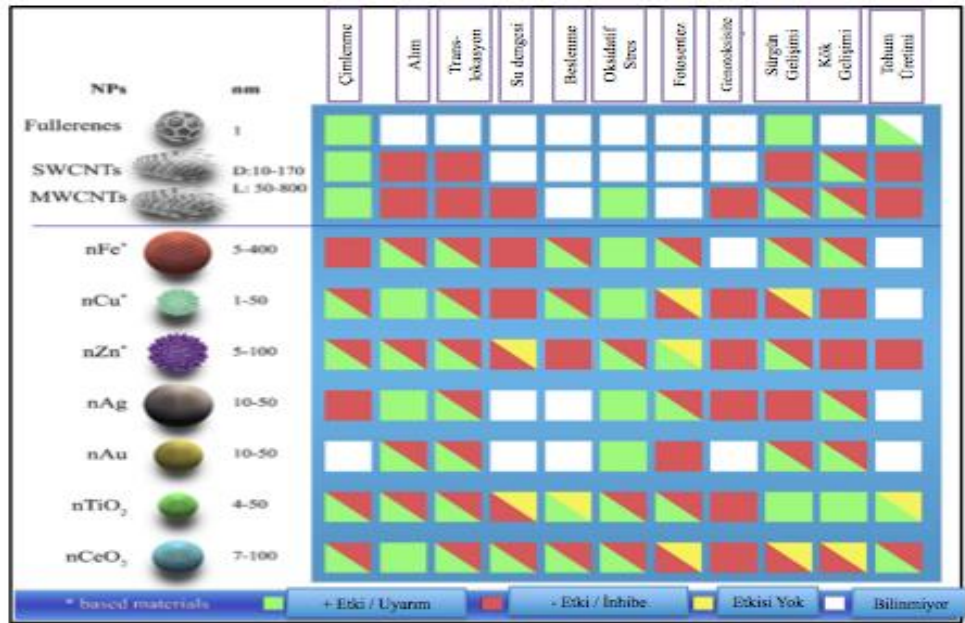
Bitkiler geliştikleri ortamdan toprak üstü ve alt organlarıyla çok sayıda elementi bünyelerine alırlar. Ancak bu elementlerin çok küçük bir bölümü bitkiler için olmazsa olmaz düzeyinde önemlidir. Bu elementlere bitki gelişmesi için Mutlak Gerekli Besin Elementleri (Mineral Element) denilmektedir. Çizelge 1.3 de Campbell (2000) yapmış olduğu çalışmada domates bitkisine ait bazı besin elementlerinin sınır değeri tablo olarak verilmiştir.

Çizelge 1.3. Domates bitkisine ait yaprak örnekleri analiz sonuçlarının sınır değerlerine göre sınıflandırılması ve N:K oranları Campbell (2000).

Besin elementi	Değerlendirme	Örnek Sayısı	Yüzde(%)
N (%)	Noksan	<3.5	4
	Yeterli	3.5–5.0	19
	Yüksek	>5.0	1
P (%)	Noksan	<0.3	9
	Yeterli	0.3-0.65	15
	Yüksek	>0.65	-
K(%)	Noksan	<3.5	24
	Yeterli	3.5–4.5	-
	Yüksek	>4.5	-
Ca(%)	Noksan	<1.0	-
	Yeterli	1.0–3.0	4
	Yüksek	>3.0	20
Mg(%)	Noksan	<0.35	2
	Yeterli	0.35–1.0	22
	Yüksek	>1.0	-
Fe(mg kg-1)	Noksan	<50	11
	Yeterli	50–300	13
	Yüksek	>300	-
Mn(mg kg-1)	Noksan	<25	2
	Yeterli	25–200	22
	Yüksek	>200	-
Zn(mg kg-1)	Noksan	<18	7
	Yeterli	18–80	16
	Yüksek	>80	1
Cu(mg kg-1)	Noksan	<5.0	1
	Yeterli	5.0–35	19
	Yüksek	>35	4
Bor	Noksan	<30	6
	Yeterli	30-50	8
	Yüksek	>75	10

35' ten fazla ülkenin 2000'li yılların başlarında nanoteknoloji araştırma programları ve mühendislik uygulamalarında nanomalzemelerin kullanılmasıyla "Nano-era", adıyla bilinen yeni bir akım ortaya çıkmıştır (Roco 2003). Bu akım giderek yaygınlaşmış hatta nanomalzemelerin tarımda kullanılabileceği öngörüsüyle araştırmacılar bu alanda çeşitli çalışmalara başlamışlardır. Boyutu 100 nm'nin altında olan maddeler nano madde

olarak adlandırılmış, üretim, işleme taşıma, paketlenme ve tarımsal ürünlerin taşınması konusunda kullanılabileceği görülmüştür (Scott and Chen 2003; Wiesner *et al.* 2006). Bitki gelişim üzerine farklı nanopartiküllerin etkisi şekil 1.1 de verilmiştir. Nanomalzemeler tarımda gübre uygulamalarında önemli bir yer edinerek, bitkiyi yavaş yavaş kontrollü bir biçimde besleyebileceği Sohrab *et al.* (2016) tarafından bildirilmiştir. Nanogübreler, kimyasal gübrelerin neden olduğu toprak kirliliğinden doğan çevresel risk etmenlerini azaltarak bitki ve doğaya olumlu bir etki yaratabilir (Naderi *et al.* 2011). En büyük avantajlarından biride diğer gübrelere göre daha az miktarda kullanılmasıdır (Selivanov and Zorin 2001; Reynolds 2002; Raikova *et al.* 2006; Batsmanova *et al.* 2013; Subramanian *et al.* 2015).



Şekil 1.1. Çeşitli nanomateriyallerin tarımda kullanılması ve bitki gelişimine farklı düzeylerdeki etkileri (Mukherjee *et al.* 2015)

Nano gübreler konusunda yapılan pek çok çalışmada sahip oldukları geniş yüzey alanlarının yanı sıra bitkilerin yaprak ve kök gözenek boyutlarından daha küçük boyutlara sahip olduklarından dolayı temas ettikleri yüzeyden bitkiye penetrasyonları, besinlerin alımını daha kolay hale getirerek kullanım etkinliğini arttırdıkları belirtilmiştir (Sing *et al.* 2017).

Nano gübrelerin, bitkinin yaşam periyodu boyunca gelişime olumlu katkı sağlamasına yardımcı olmalarının temelinde bitki metabolizmasında yarattığı olumlu etkilerin, enzimsel ve hormonal düzeyde etki mekanizması ile değişken ve şiddetli atmosferik koşullara, biyotik-abiyotik strese ve hastalıklara karşı dirençli hale gelebildiği öne sürülmüştür. (Mukherjee *et al.* 2015).

Toprakta nanopartikül uygulamalarıyla elverişli ve yeterli miktarda mikro element içeriği bulunabilir, böylece bitkilerin patojenlere karşı direnci de artabilir. Fakat bazı faktörler toprakta bulunan besin elementlerinin bitkiler tarafından alımı üzerinde olumsuz etki yaratarak sınırlandırır. Alkalin topraklarda mikro besin elementlerinin bitki tarafından alınabilirliği azalmaktadır. Örneğin; toprak pH'sı bazikleştikçe topraklarda, çinko (Zn) mangan (Mn), demir (Fe) biyo yararlanılabilirliği azalmaktadır. Bu elementlerin alımları kökler tarafından sınırlandırılarak bitki enfeksiyona açık hale gelmiş olur (Güneş vd 2007; Servin *et al.* 2015).

Nano gübrelerin boyutlarının küçük olması, mineralin stomalardan kolaylıkla geçmesine yol açarak bitkinin minerallerden kolayca faydalanmasını sağlamış olurlar (Liu and Lal 2016; Sing *et al.* 2017). Böylelikle uygulanmış gübrelerden maksimum verim alınabileceği bildirilmiştir. Nano gübrelerin geleneksel gübrelere göre, birçok avantajları vardır (Liu and Lal, 2016; Sing *et al.* 2017; Dağhan 2017). Bu avantajların bazıları; gübreyi çok az miktarda kullanarak en düşük maliyetle en yüksek verimin alınabilecek olması, halihazırda olan besinin bitkide kullanım verimliliğini arttırması, gübre kullanım etkinliğinin arttırılması, sürekli gübre kullanılmasının önüne geçmesi, bitkiler için yararlı olan besinlerin kayıplarını azaltarak çevre üzerine olası olumsuz etkilerinin minimize edecek olması, toprak muhtemel oluşacak toksisite riskini azaltılıp, toprak verimliliğinin ve ürün kalitesinin arttırılması olarak sıralanabilir. Nano gübreler bitkinin yetiştirme periyodu boyunca sağlıklı olarak gelişme ve büyümesini imkan sağlayarak ürün verimi ve besin değerini arttırırlar. Böylelikle sağlıklı olan bitki hastalıklara ve olumsuz çevre koşullarına karşı daha fazla direnç kazanması açısından nano gübreler önemlidir (Dağhan 2017).

Nano gübrelerin pek çok üstün özelliklerine rağmen bazı olumsuz etkileri de bulunmaktadır. Popüler bir terim olan nano boyuttaki partiküller sağlığa ve çevreye karşı bazı riskler barındırmaktadır. Nano malzemelerle ilgili yapılan ilk çalışmalarda, insanlar üzerinde toksik etkilere neden olduğunu göstermiştir. Nano partiküller insan vücuduna girerek tüm hayati organlara ulaşp dokularda zararlara neden olabilmektedir. Literatür bilgisine göre nano gübrelerin toksik etkilere de sahip oldukları, ekosistem için önemli problemlerin oluşmasında etken ve oluşturdukları çevre sorunlarının onarımının oldukça güç olduğu bildirilmiştir (Dağhan 2017).

Bu araştırma çalışmasının amacı; tuz stresinden kaynaklanan bitkisel ürün kaybının nanopartiküler çinko ve mikrobiyal sentez formülasyonu kullanılarak biyoteknolojik yöntemlerle azaltılması yönünde gübre formülasyonlarının oluşturulmasıdır. Böylelikle, muhtemelen üretici mikrobiyal gübre ve nano gübre adı altında pahalı gübreleri ayrı ayrı almak yerine oluşturulacak gübre formülasyonunun tek bir ürün olarak kullanılabilirliği denemlerle araştırılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Bazı Nanopartiküllerin Bitkiler Tarafından Alım Formları

Nano partiküller (NP), bitki besin elementlerini şu üç yoldan biriyle bitkiye iletirler; Besin elementi, nanotüpler veya nano gözenekli malzemeler gibi nanomalzemeler içine kapsüllenebilir, ince bir koruyucu polimer film ile kaplanır veya nano ölçekli boyutlardaki partiküller veya emülsiyonlar halinde bitkiye taşınırlar (Jampilek and Kralova 2015). Nano gübre formülasyonlarındaki nano partiküller (NP)'in boyutları, hücre duvarı gözeneklerinden küçükse, direkt bitki hücrelerine girmesi mümkündür. Ancak NP'lerin daha ileri aşamaları hücre zarı, besin maddelerinin sitoplazma ile etkileşimleri incelemenin ötesinde ve NP taşınım mekanizması çok karmaşıktır (Nair *et al.* 2010). Bununla birlikte, besin elementleri su/toprak çözeltisinde nanoparçacık çözülmesi yoluyla bitki kökü sistemi tarafından absorp edilebilmektedir. Başka bir deyişle, NP' ler suda çözülür ve besin maddelerini çözünmüş iyonlar halinde serbest bırakır (Denklem 1-3). Bitkiler ayırım gözetmeden besleyici çözünmüş iyonları konveksiyonel gübrelerden alabilir. Ancak, su/toprak çözeltisindeki NP'lerin çözünme hızı ve kapsamı, yüksek spesifik yüzey alanları ve boyutları ilgili katı yüzeylerden daha yüksek olmasından dolayı konveksiyonel gübrelere göre daha etkin bir işleve sahip olabilirler (Nair *et al.* 2010).

2.2. Nanopartiküler Makro Besin Elementi içeren Gübrelere Yapılan Çalışmalar

2.2.1. Nanopartiküler Fosfor (P) İçeren gübrelere

Liu and Lal (2014) yaptığı çalışmada 16 nm boyutlarında yeni bir hidroksiapatit türü ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$) NP'ler sentezleyerek sera denemesi ve atıl büyüme ortamında NP'lerin soya fasulyesi üzerindeki gübreleme etkisini değerlendirmişlerdir (%50 perlit ve %50 turba yosunu). Çalışma sonucunda elde edilen veriler ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$) NP'lerin uygulanmasının büyüme oranını ve tohum gelişimini sırasıyla %33 ve %20 arttırdığını

tespit edilmiştir. Biyokütle üretimi, yer üstü aksam için sırasıyla %18 ve yer altı aksamlar için % 41 oranında artırılmıştır. Veriler, soya fasulyesinin köklerinin hidroksiapatit NP'leri etkin bir fosfor besin kaynağı olarak emebileceğini ve sağlıklı büyümeyi ve yüksek verim sağlayabileceğini göstermiştir. Aynı zamanda P'ye ek olarak, NP'ler bitkilere besin Ca da sağlayabileceği tesbit edilmiştir. Apatit NP'leri yeni bir P sınıfı gübre sınıfı olarak kullanmak, tarımsal verimliliği potansiyel olarak artırabileceği, NPler sayesinde fosforun mobilizasyonunun geleneksel fosforlu gübrelere göre azalmasıyla ötrifikasyon riskini engelleyebileceği ortaya konmuştur. Örneğin, apatit NP'ler yüklü PO_3^{4-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- veya Ca_2^+ iyonlarına kıyasla zemin bileşenleri ile çok daha zayıf etkileşime sahiptir. Bu nedenle, NP'lerin önemli bir kısmı köklerin emilmesi için toprak çözeltisinde kalır. Geleneksel fosforlu gübreler ise NP lere göre yüklü fosfat iyonlarının çoğu toprak parçacıkları tarafından absorbe edildiği için bitkiler tarafından alımı azalır (Liu and Lal 2014). Buna ek olarak, apatit NP'ler çözünebilir fosfat iyonlarına göre daha az biyolojik olarak bulunabilir ve ötrofikasyon açısından düşük riskler oluşturabilir. Apatit NP'lerin, toprak parçacıklarıyla olan etkileşimleri, toprak gözeneklerindeki taşınım, alglerin biyoyararlılıkları ve tarla koşullarında ekin tepkisi üzerine diğer düzenli fosfor gübrelere kıyasla bu potansiyel yararlarını teyit etmek için ek araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

2.2.2. Nanopartiküler Kalsiyum (Ca) İçeren Gübreler

Liu *et al.* (2005) tarafından Hoagland çözeltisi ile kumda 80 gün boyunca yetiştirilen fıstık fidelerine Ca besin maddesi olarak CaCO_3 NP'leri (20-80 nm, 160 mg L^{-1} , Ca) olacak şekilde uygulayarak, Ca-NPs'in, fide büyümesini kontrol'e kıyasla önemli ölçüde geliştirdiğini gözlemlemişlerdir. Kalsiyum kaynağı olarak kullanılan Ca-NP'leri kök gelişimini sırasıyla % 3.04 ve %1.58 arttırdığı gözlemlenmiştir. Aynı zamanda Ca-NPs ve humik asitlerin (1000 mg L^{-1}) birlikte uygulanması maksimum fide büyümesini sağladığı bildirmiştir. Bu çalışma Ca-NP'lerin tarla bitkileri için Ca içeriği açısından büyük bir potansiyeli olduğunu göstermiştir.

2.2.3. Nanopartiküler Magnezyum (Mg) İçeren Gübreler

Delfani *et al.* (2014) bezelye de Mg-NP ve Fe-NP eriyiklerinin yapraktan uygulanmasını test etmiş ve 0.5 g L⁻¹ Mg-NP ve Fe-NP kombinasyonunun 1000 tane ağırlığına %7 oranında ağırlık artışı sağlayarak, klasik Fe ve Mg uygulamalarından yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Delfani *et al.* (2014) tarafından yapılan çalışmada bu iki elementin yapraktan uygulanmasının bitkinin fotosentez miktarını arttırdığını gözlemlenmiştir. Fakat, Mg-NP uygulaması yalnız başına verimliliği kontrole göre düşürmüştür (%6'lık bir düşüş). Ancak, araştırmacılar Mg NP'lerin uygulanmasının bitki sapları ve yapraklarında düzenli Mg tuzu kullanımıyla karşılaştırıldığında Mg alımını geliştirdiğini ve Mg-NP'lerin daha yüksek kullanılabilirlik ve hareketliliğini gösterdiğini gözlemlenmiştir.

2.3. Nanopartiküler Mikrobesein Elementli Nanogübrelerle Yapılan çalışmalar

Genellikle bitki beslenmesinde rol alan önemli mikro besin maddeleri, demir (Fe), manganez (Mn), çinko (Zn), bakır (Cu) ve molibden (Mo) dir. Mikro besin elementleri makro besin maddeleri (N, P ve K) ile karşılaştırıldığında, Hoagland çözeltisinin bileşiminde gösterildiği gibi, bitki ve diğer bitkilerin sağlıklı bir şekilde büyümesi için daha az miktarda mikro besin maddesi gereklidir (Hoagland and Arnon 1950). Ancak bitkiye yarayışlılık konusunda mikrobesein elementlerinin yarayışlılığını azaltan durumlar (kaba tekstür, alkalilik, düşük organik materyal vb.) vardır. Bu kötü durumlara karşı mikrobeseinlerle nanogübreleme bu besinlerin biyolojik olarak kullanılabilirliğini artırır.

Mikrobeseinler, çoğunlukla, N, P ve K içerikli gübrelerin etkin alımı için düşük oranlarda çözünebilir tuzlar olarak ilave edilir. Bu kompozit gübrelerde bulunan mikro besinler genellikle yeterli besin sağlar ve çevresel riskleri az etkiler. Mikro besin maddesi içeren NP'lerin, mikrobeseinli nanogübreleme konusunda araştırma ve geliştirme yapmak için bazı temel bilgiler besin maddelerinin bitki gelişimini artırabileceği öngörülmektedir (Mahajan *et al.* 2011).

2.3.1. Nanopartiküler Demir (Fe) İçeren Gübreler

Ghafariyan *et al.* (2013) tarafından yapılan bir sera denemesinde, süper paramanyetik Fe-NP'lerin düşük konsantrasyonlarının bile hidrofobik koşullar altında, soya fasulyesi yapraklarındaki klorofil içeriğini önemli ölçüde arttırdığını bildirmişlerdir. Böylelikle Fe-NPs'leri soya fasulyesine demir kaynağı olarak kullanabilir ve demir eksikliğinin klorotik belirtilerini azaltabileceğini göstermiştir. Fe-NPs'lerin 45 mg/L konsantrasyonundaki kullanma etkisi Fe-EDTA'nın aynı dozdaki kullanım etkisinin bitkiye yaptığı etkilerinin benzer olduğu gözlenmiştir. Delfani *et al.* (2014), bezelyede yaptıkları çalışmada 500 mg L⁻¹ Fe-NPs'lerin yapraktan uygulamasının, bitki başına bakla sayısını (%47 oranında), 1000 tohum ağırlığında (%7 oranında), Fe içeriğini yaprakları(%34 oranında) ve klorofil içeriğini (%10 oranında) kontrole göre arttırdığını tespit etmişlerdir. Fe-NP'lerin uygulanması ile elde edilen ürün performansı, Fe tuzu ile elde edilen ürün performansından daha fazla olmuştur. Fe-NP muamelesi altında olan bitkilerde sırasıyla % 28, % 4, % 45 ve % 12 artmıştır.

2.3.2. Nanopartiküler Manganez (Mn) İçeren Gübreler

Pradhan *et al.* (2013), metalik Mn-NPs'lerin piyasada bulunan MnSO₄ tuzundan daha iyi bir mikrobeselementi olduğunu bildirmiştir. Pradhan ve arkadaşları tarafından, Mn-NP'lerin fasulye büyümesini ve fotosentez oranını arttırdığını gözlemlemişlerdir. Diğer bir çalışmada fasulye fideleri, büyütme odaları içinde Hoagland çözeltisiyle birlikte atıl bir ortamda (perlit) 15 gün inkübe edilmiştir. Litrede 0.05 mg Mn-NP'lerin uygulanması, kontrole kıyasla kök uzunluğu (%52), sürgün uzunluğu (%38), köklenme sayısı (%71) ile maksimum büyüme artışı sağlanmıştır. Taze biyokütle ve kuru biyokütle de MnSO₄ tuzu ile muamele edilen fideler ile karşılaştırıldığında, bu parametreler sırasıyla % 2, % 10, % 28, % 8 ve % 100 Mn-NPs kullanımı ile artırılmıştır. İlginç bir şekilde MnSO₄ uygulaması, 1 mg L⁻¹ konsantrasyonunda bitki büyümesi üzerinde inhibe edici bir etki sergilerken, Mn-NPs uygulanmasıyla bu seviyede hala pozitif bir etki seyrettiğini bildirmiştir. Bitkiler, sağlıklı büyüme için toprak çözeltisinde genellikle 0.5 mg L⁻¹ Mn gerektirir.

2.3.3. Nanopartiküller Çinko (Zn) İçeren Gübreler

ZnO-NP'ler yıllardır endüstride en çok kullanılan metal oksit nanopartiküllerinden biridir. Böylece, Zn-NP'lerin bitkiler ve diğer organizmalar üzerindeki etkileri yoğun olarak incelenmektedir. Mahajan *et al.* (2011) tarafından bitki agar yöntemini kullanarak, ZnO-NP'lerin düşük konsantrasyonlarda fasulye ve nohut fidelerinin büyümesini arttırdığını gözlemlemiştir. Fasulye fidelerinin kökleri için en iyi büyüme tepkisi (uzunluk % 42 veya % 41 artış, biyokütlede % 98, % 76), kontrol grubuna 20 mg L⁻¹ konsantrasyonunda gözlenmiştir. Nohut fideleri için, 1 mg L⁻¹ konsantrasyonunda, kökte (% 53) biyokütle (% 37) ve sürgünde uzunluk (% 6) oranında önemli artışlara neden olmuştur. Bununla birlikte, kök ve sürgünlerin büyüme hızlarındaki düşüş, bu optimal konsantrasyonların ötesinde gözlenmiştir.

Zhao *et al.* (2014) tarafından yapılan bir sera çalışmasında bir toprak karışımına 400 ve 800 mg kg⁻¹ ZnO-NP uygulanmasının ardından salatalık biyokütlesini arttırdığını bildirmişlerdir. Sonuçlar, meyvelerin kuru ağırlığının, kontrol grubuna kıyasla sadece % 6 ve % 8 oranında artmasına rağmen, bitki kökü kuru kütlelerinin kontrol grubuna göre 1,1 ve 1,5 kat daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Hasat edilmiş salatalık meyvelerinde, ZnO-NP'lerin uygulanması da, nişasta içeriğini (1.1-1.6 kat), glutelin (0.9-2 kat) ve Zn'yi (1.7-2.5 kat) arttırdığını bildirmiştir. Lin ve Xing (2007), 2 mg L⁻¹ ZnO-NP uygulanmasının çimlendirilmiş turp tohumlarının kök uzamasını kontrole göre arttırdığını bildirilmişlerdir. Optimum konsantrasyonlarda Zn-NP'lerin kullanılması bu fideler üzerinde önleyici veya toksik etkilere sahiptir. Bununla birlikte, bu raporların hepsinde ZnO-NP'lerin ciddi fitotoksitesitesi, 400 ila 2000 mg L⁻¹ arasındaki yüksek NP-Zn konsantrasyonlarında olduğu anlaşılmıştır (Lee *et al.* 2010; Lin and Xing 2007; Zhao *et al.* 2014).

2.3.4. Nanopartiküller Bakır (Cu) İçeren Gübreler

Bir tür su otunda (*Elodea densa*) kullanan 3 günlük inkübasyon çalışması sonucunda, NP-Cu'lerin düşük konsantrasyonlarının (Cu olarak 0.25 mg L⁻¹) bitki fotosentez hızını

kontrol grubuna kıyasla %35 oranında arttırdığını göstermiştir (Nekrasova *et al.* 2011). Shah and Belozeroval (2009), metalik NP-Cu (130 ve 600 mg kg⁻¹) ile değiştirilen toprağın, 15 günlük marul fide büyümesini, sırasıyla % 40 ve % 91 oranında önemli ölçüde arttırdığını bildirmiştir. Ancak, yüksek konsantrasyonlarda (200-1000 mg L⁻¹) metalik NP-Cu, fasulye, buğday (*Triticum aestivum*) ve sarı kabağın (*Cucurbita pepo subspecies*) fide gelişimi üzerine toksik etkileri gözlemlenmiştir (Lee *et al.* 2008; Musante and White 2012). Stampoulis *et al.* (2009), 1000 mg L⁻¹ metalik Cu-NP uygulamasının, kabakların biyolojik kütlesini (*Cucurbita pepo*) hoagland çözeltisinde 14 gün süreyle uyguladıktan sonra, kontrole göre % 90 düşürdüğünü bildirmiştir. Bununla birlikte, bitki büyümesi için optimal sulu Cu konsantrasyonu sadece 0.02 mg L⁻¹ olup, yüksek Cu seviyelerinde fitoksisite ortaya çıkabileceği bildirilmiştir.

2.3.5. Nanopartiküler Molibden (Mo) İçeren Gübreler

Batsmanova *et al.* (2013) tarafından nohutta molibden mikrobesein kaynağı olarak Mo-NPs çözeltisi kullanılmasını esas alan bir çalışma yapılmıştır. Tınlı topraklarda ekimden nohut tohumları ekiminden önce dört grup oluşturulmuştur (su, Mo-NPs, azot tespit bakterileriyle mikrobiyal inkübasyon ve mikropların bir kombinasyonu). Ortalama 1-2 saat olacak şekilde ayrı ayrı inkübasyonuna tabi tutmuştur. Nohut rizosferinin kapsamlı bir mikrobiyolojik testi yapılarak, dördüncü uygulamanın 'agronomik açıdan değerli' mikroorganizmalarla hemen hemen tüm gruplarının gelişmesini kontrole göre iki ila üç kat arttırdığını göstermiştir. Bu sonuçlar aynı zamanda bitki başına kök sayısı ve nodül kütlesinin kontrol grubu için 20 kat ve 8 kat fazla olduğu gözlenmiştir.

Nohutta yapılan bir çalışmada NP-Mo uygulanmasının nohutun gelişim parametreleri üzerine direkt faydaları gözlemlenmiştir. Örneğin, bu uygulamayla bitki başına nodüllerin sayısı ve kütlesi sırasıyla kontrollerden 10 ve 6 kat daha fazla olmuştur. Ayrıca, kontrol ile karşılaştırıldığında, 10 mg L⁻¹ gibi konsantrasyona sahip tüm Mo-NP uygulamaları, nohutta bir antioksidan enzimin aktivitesini 2-3 kez, bitki patojenlerine direncin arttığının bir göstergesi olmuştur. Bu nedenle, NP-Mo'lerin tek başına veya mikrobiyal tedavi ile birlikte uygulanması, baklagilin ve diğer ürün türlerinin

performansını, verimini ve hastalık direncini artırabilir. Normal metabolizma için bitkiler genellikle toprak çözeltisinde $0.01 \text{ mg L}^{-1} \text{ Mo}$ konsantrasyonunu gerektirir (Batsmanova *et al.* 2013).

2.4. Nanomalzemelerle Güçlendirilmiş Gübreler

NM ile güçlendirilmiş gübreler, bitki besin maddeleri ile zenginleştirildiğinde, besin maddelerinin bitki alım etkinliğini artırabilecek ve/veya geleneksel gübre uygulamasının olumsuz etkilerini azaltabilecek olan nanomalzemeler olarak tanımlanır. Bu NM' ler hedeflenen besin maddelerini içererek bitkiye ulaşmasını sağlar. Bu tipin en önemli örneği, besin artırıcı-zeolitlerdir (Ming and Allen 2001).

2.4.1. Nano Yapılı Zeolit Materyali

Zeolit parçacıkları genellikle nano ölçeklerde görülmez. Fakat zeolitlerin SiO_4 ve AlO_4 tetrahedranın 3 boyutlu çerçevesinde Al ve Si'nin düzenlenmesi, nanometre (0.3-10 nm çap) içindeki kanallar ve boşlukların oluşmasına neden olur (Ming and Allen 2001). Bu nedenle, zeolitler, nanoyapılı materyallerdir. Benzersiz nano gözenekli özelliklerinden dolayı, zeolitler genellikle çok yüksek spesifik yüzey alanı, yüksek katyon değişim kapasitesine sahiptirler ve bitki makro besin maddeleri (K^+ ve NH_4^+) yönünden oldukça seçicidirler. Bu temel elementler zeolit değişim yüzeyleri boyunca değiştirilebilir, böylelikle bitki yetiştirme için besin maddeleri yavaş yavaş serbest bırakılabilir, böylelikle bu besinlerin yer altı suyuna taşınması azaltılır ve çevre kirliliği riskleri azaltılır. Dahası, gaz halindeki N'nin (NH_3 , N_2 veya N_2O) buharlaşması da azaltılabilir çünkü adsorbe olan N, toprak mikropları ile amonifikasyon süreci için kullanılamaz. Zeolitlerin bitki besin maddeleri ile yüklenmesi yeni bir kavram değildir ve 1970'lerden beri yoğun bir şekilde incelenmiştir (Ming and Allen 2001).

Fakat nutrient-enhanced-zeolite gübreler birçok laboratuvar ve tarla örneği üzerinden test edilmiş ve kanıtlanmış nadir nanomalzemedir. Şimdiye kadar zeolitler, azot kullanım verimliliğini artırmak, besin kayıplarını azaltmak ve çevresel riskleri azaltmak

için halen ideal bir alt-tabaka halindedir. İlgilenen okuyucular için bazı besin artırımı zeolit gübrelerinin tarımda kullanılmasının yararlarını gösteren bazı saha çalışmaları Ming and Allen (2001) tarafından detaylı bir şekilde yapılmaktadır. Azot kullanımı verimliliği, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ile uygulanan toprakların % 30-76'sına kıyasla, 42 günlük bitki büyümesinden sonra NH_4 -zeolit ile değiştirilmiş topraklarda % 72-95 arasında değişmiştir. Mackown and Tucker (1985) tarafından yapılan çalışmada, 30 ton h^{-1} NH_4 ile değiştirilmiş zeolit açısından zengin tuf kullanıldığında, nitrifikasyon oranlarının bir tınlı kumda % 11, siltli kil tınında % 4 oranında azaldığını bildirmiştir. Azaltılmış nitrifikasyon oranları, zeolitin NH_4 'ün tutulması ve dolayısıyla NH_4^+ 'ün nitrifikasyona uğramış bakteriler tarafından dönüştürülmesinden kaynaklanmaktadır. Malekian *et al.* (2011) $\text{NO}_3\text{-N}$ sızıntı suyu ve mısır gelişimine zeolit değişikliğinin etkilerini incelemek için lizimetrik deneyler uygulayarak, 60 g kg^{-1} bir değişikliğin, kontrol için 18 kg^{-1} ha^{-1} 'den 13.8 kg^{-1} bir ha^{-1} 'e kadar %22 oranında azot sızıntısını azalttığını bildirmiştir. Buna ek olarak, hububat verimi (5907 kg ha^{-1}) ve kuru yük ($10,361 \text{ kg ha}^{-1}$), kontrole göre sırasıyla %4.9 ve %10.3 artmıştır (5631 ve 9393 kg ha^{-1}). Ayrıca, zeolit uygulaması ile ürünün beslenme etkinliği %77.4'ten %85.8'e yükselmiş olduğuna dikkat çekmişlerdir.

2.5. Doğal Olarak Bazı Besin Elementlerini Taşıyıcı Nanopartiküller

Bazı laboratuvar deneylerinde, NP'lerin (silis, Fe oksitler, C kaplı demir ve polimerler vb.) bitki dokularına/hücrelere girebileceği ve doku/hücrelerde DNA ve kimyasalların taşınmasına rol oynayabileceği belirtilmiştir (Ghafariyan *et al.* 2013; Liu *et al.* 2002). Bu tür çalışmalar, bu NP'lerin bitki besleme konusunda yeni bir teknik olarak kullanılabileceğini bitkilere besin maddeleri verebileceği hipotezini geliştirmiştir. Bununla birlikte, bu yaklaşımın, gübre kullanımının etkinliğini arttıran ya da çevresel bozulma risklerini azaltmak için kullanılan geleneksel yöntemlere göre avantajlarının kanıtlanması için kesin bir kanıt bulunmamaktadır. Örneğin, bitkiler doğal olarak kök sistemleri yoluyla toprak çözeltilerinden çözünür besin maddelerini (N, P ve K) emebildiğinden büyümelerini arttırmak için bitki dokularına besin yüklü NP'leri enjekte etmek gerekli olabilir. Bu asal NP'ler aracılığıyla ekinlere yeni besin madde aktarma

yaklaşımının araştırılmasını ve uygulanmasını desteklemek için daha kuvvetli ve spesifik mantıksal gereklilikler gerekmektedir (Ming and Allen 2001).

2.6. Bitki Gelişimini Teşvik Edici Diğer Nanopartiküller

Diğer bazı nanopartikül türlerinin bitki gelişimine olumlu etki yapan önemli besin elementlerini içermemesine rağmen, bitki büyümesini bir dereceye kadar geliştirebileceğini gösteren birkaç rapor bulunmaktadır. Bu çalışmaların bazıları TiO_2 nanopartiküller (Ti-NPs) ve karbon nanotüpler (CNTs) dir (Yang *et al.* 2007).

2.6.1. Nanopartiküler Titanyum Dioksit İçeren Gübreler

Bitkiler mutlak gerekli veya bazı bitkilere yararlı besin elementleri arasında Titanyum yoktur. Diğer bir ifade ile Titanyum bitki beslemede olmazsa olmaz bir girdi değildir. Çoğu toprakta genellikle %0,1-%0,9 arasında değişen yüksek Ti seviyeleri ve toprak çözeltisinde ortalama $0,03 \text{ mg L}^{-1}$ Ti bulunur (Kabata and Pendias, 1984). Ancak, NP-Ti uygulamasının (güneş ışığına maruz kalma üzerine) bitki-fotosentezinin etkinliğini artırabileceğini; bitki-enzim aktivitesini arttırabileceği ve havada N_2 'nin kimyasal olarak fiksasyonu ile bitkilere daha fazla N besin sağlayan bitki büyümesini dolaylı olarak arttırabileceğine ilişkin bulgular vardır (Yang *et al.* 2007; Gao *et al.* 2008; Su *et al.* 2009).

Örneğin, Yang *et al.* (2007) ıspanak (*Spinacia oleracea*) tohumlarını 2.5 g L^{-1} Ti-NP solüsyonunda 2 gün süreyle ıslatılmış ve bunları inert bir büyüme ortamında ekmıştır. Çözelti, daha sonra çimlendirilmiş fidanlar üzerinde 35 gün boyunca haftada bir kez bir serada yapraktan püskürtülmüştür. Sonuçlar, bitkilerin taze ve kuru ağırlıklarının, kontrollere oranla (TiO_2 olmadan veya toplu TiO_2 muamelesi ile) yaklaşık 2 kat fazla olduğunu göstermiştir. Yapraklardaki toplam N, klorofil ve proteinin içerikleri sırasıyla % 23, % 34 ve % 13 artış göstermiştir.

Gao *et al.* (2008) tarafından yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar gözlemlenmiştir. Uygulamalar on kat daha düşük 0.3 g L^{-1} konsantrasyonunda (Ti-NP) gerçekleştirilmiştir. Song *et al.* (2012), 7 günlük bir sürede 0.5 g L^{-1} Ti-NP'lerin fasulye (*Lemna minor*) 'nin uzamasını 2,5 kattan fazla ve taze ağırlığı da 2 kat arttırdığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde düşük konsantrasyonlarda bir SiO_2 ve TiO_2 NPs karışımı, soya fasulyesinin rizosferinde nitrat redüktaz aktivitesini arttırdığı ve dolayısıyla soya fasulyesinin çimlenmesi ve büyümesini hızlandırdığını bildirmişlerdir (Liu *et al.* 2002). TiO_2 -NP, morötesi ışın altında etkili bir foto-katalizör olup, organik bileşiklerin ayrışması ve güneş enerjisi kullanılarak bir yakıt olarak H_2 üretimi de dahil olmak üzere, fotokatalitik uygulamalar için kapsamlı olarak incelenmiştir (Gupta and Tripathi 2011). Uygun konsantrasyonlarda Ti-NP'lerin yapraklardan uygulanmasının, bitki fotosentezinin ve ilgili fizyolojik etkinliklerini artırarak bitki büyümesini teşvik edebileceği ortaya konmuştur. Bununla birlikte, bitki büyümesinin iyileştirilmesinde Ti-NP'lerin saf kimyasal reaksiyonlarının (foto-kataliz) bitkinin biyokimyasal süreçleri ile nasıl koordine olduğunu veya olmadığını gösteren ayrıntılı çalışmalar veya kanıtlara ihtiyaç vardır. Tohum çimlenmesi üzerine de Ti-NP negatif etkileri de bildirilmiştir (Castiglione *et al.* 2011).

2.6.2. Nanopartiküler Boyutta Kapsüllenmiş Karbon Materyalleri (CNT)

Yapılan bazı çalışmalarda düşük dozlarda CNT'lerin tohum çimlenmesi ve bitki büyümesini uyarabileceğini belirtmiştir. Lin and Xing (2007), 2 g L^{-1} olacak şekilde çok katmanlı CNT'lerin uygulamasının mısırın çimlendirilmiş tohumlarının 5 günlük inkübasyonu ile kök uzunluğunu kontrole kıyasla arttırıldığı bildirmiştir. Ancak, turp, marul veya salatalık tohumlarında hiçbir olumlu sonuç alınmazken benzer şekilde, çimlenmiş soğan (*Allium cepa*) ve hıyar (*Cucumis sativus*) tohumlarının kök büyümesi, 48 saatlik bir inkünasyon süresince 0.16 , 0.9 ve 5 g L^{-1} 'de tek duvarlı CNT'lere maruz bırakılması sonucu arttırdığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, aynı koşullar altında, CNT'ler lahana tohumları (*Brassica oleracea*) veya havuç (*Daucus sativus*) üzerinde önemsiz etkilere sahipken çimlendirilmiş domates tohumlarının kök gelişimini engellediği bildirilmiştir. Daha yakın zamanlarda, her iki tip CNT'nin de tohum

çimlenme yüzdesini arttırdığı domates, soya fasulyesi ve mısırın fide büyümesini arttırdığını bildirmişlerdir (Khodakovskaya *et al.* 2011; Lahiani *et al.* 2015). Örneğin, Khodakovskaya *et al.* (2011) tarafından yapılan çalışmada, suya ve aktif karbon uygulamasına karşılık gelen kontrollere tabi tutulanların her ikisine kıyasla, 50 mg L^{-1} CNT'lerin uygulanmasının domates verimini iki kat arttırdığını bildirmişlerdir. Yazarlar, domates bitkilerinde su kanal proteinlerinin ekspresyonunu ve büyümesini hızlandırmak, dolayısıyla bitki su alımını ve kullanım verimliliğini arttırmak için, CNT kullanılmasını önermişlerdir. CNT'lerin bitkiler üzerindeki büyüme uyarıcı işlev görmesi konusunda önemli ve umut verici bir yaklaşım olduğu bildirilmiştir. Bu CNTs'lerin soya fasulyesi ve mısır gibi önemli bazı tarla bitkilerinin verimleri üzerindeki etkilerini incelemek için daha fazla alan araştırması yapılması gerekmektedir (Khodakovskaya *et al.* 2013).

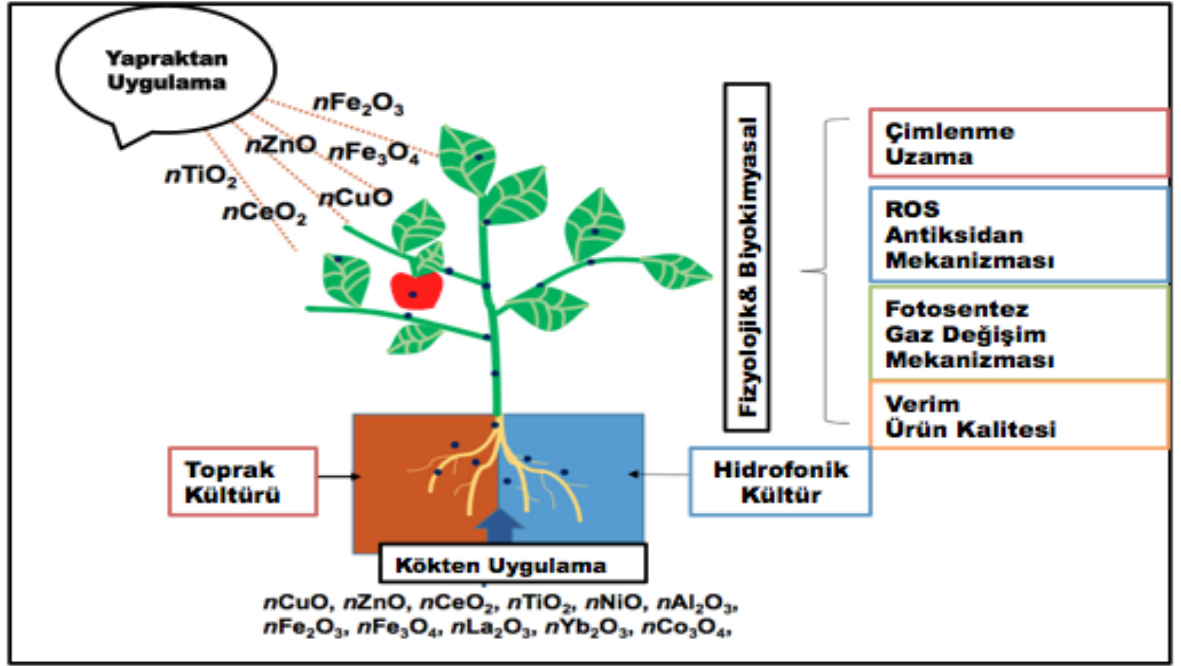
Genel olarak bakacak olursak, bitkilerde tek duvarlı karbon nanotüpler (SWCNTs), ve çok duvarlı karbon nanotüpler (MWCNT'ler) bitkinin çeşitli fizyoloji ve biyokimyasını etkiler. Tek duvarlı karbon nanotüpleri(SWCNTs), kök gelişimini bitkinin türüne bağımlı olacak bir şekilde etkiler Khodakovskaya *et al.* (2011) tarafından yapılan çalışmada, karbon bazlı tüm nanopartiküllerin, bitki genlerinin ekspresyon düzeyini potansiyel olarak değiştirebileceğine işaret etmiştir. Örneğin, SWCNTs domateslerde stres tepkilerine katılan genlerin ekspresyonunu etkiler, bu da bitki gelişimini kontrol etmek için kontrol edilebilir bir özelliktir (Lahiani *et al.* 2015). Karbon tabanlı NM'ler tarafından indüklenen mısır (*Zea mays*) hücre duvar matrisinde katyonik değişim biyokimyasal değişiklikler gibi bazı iyonlarda redoks modifikasyonlarını etkiler (Tiwari *et al.* 2014).

2.7. Nanopartiküller Besin Elementlerinin Bitki Bünyesine Alımı ve Kullanım Alanları

Bitki sistemlerinde nanopartiküler olmayan besin elementleri gibi, NP'lerin alınması ve taşınması için de iki doğrulanmış yol vardır: kökten yaprak-meyvelere veya yapraktan-köklere doğru taşınmadır (Ma *et al.* 2015a). Şekil 2.1'de gösterildiği gibi bir taraftan,

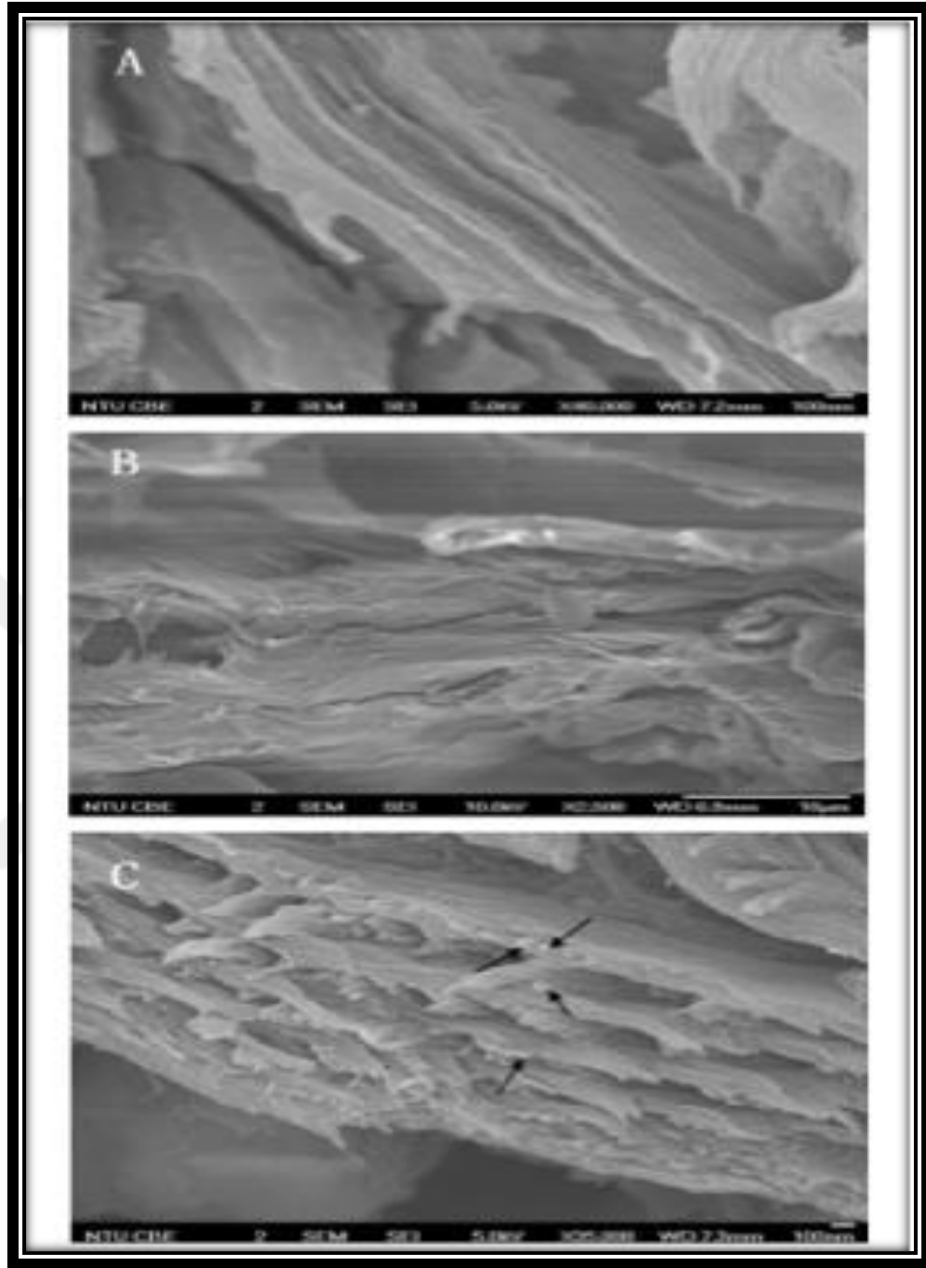
kökten yaprak-meyve yoluna yapılan çalışmalar, hidrofonik (Hernandez-Viezcas *et al.* 2016) ya da toprak kültürü (Rico *et al.* 2015a) yöntemleri yoluyla gerçekleştirilir ve bildirilen NP'lerin translokasyonu fideler (Servin vd 2012) veya olgun yumrulardan başlar (Ghodake *et al.* 2011). Yapılan bazı çalışmalarda, NP'lerin apoplastik yollar yoluyla kökün endodermisi tarafından absorbe edilebileceğini ve daha sonra simplastik yollar vasıtasıyla vasküler silindire transfer edilebileceğini göstermektedir (Zhao *et al.* 2012b).

NP'lerin bitki kökünden, yaprağa veya meyveye yer değiştirmesi, ksilem veya filum yoluyla oluşabilir (Hernandez-Viezcas *et al.* 2013; Servin *et al.* 2013; Zhao *et al.* 2014). Öte yandan, yapraktan köke doğru olan yollar, NP'lerin stoma yoluyla nüfuz etmesini veya NP'lerin sıkışmasını kapsar ve saplara yeniden dağılır (Hong *et al.* 2014; Larue *et al.* 2014). NP'lerin bitkiye alımında, her iki yolda araştırmacılar tarafından fizyolojik parametreler (çimlenme oranı, uzama ve su içeriği gibi), antioksidan aktiviteleri (enzimler, H₂O₂ seviyesi ve lipid peroksidasyonu gibi), tarımsal parametreleri mikro-makro element değerleri, gıda kalitesi ve fotosentetik parametreler (klorofil içeriği, kloroplast sayısı ve fotosentetik oran gibi) olarak değerlendirilmiş ve farklılıklar gözlemlenmiştir.



Şekil 2.1. Farklı ortam ve uygulamaların nanopartiküllerin taşınımı konusunda bitkinin fiziksel ve biyokimyasal içerikleri üzerine etkisi (Zhao *et al.* 2012b).

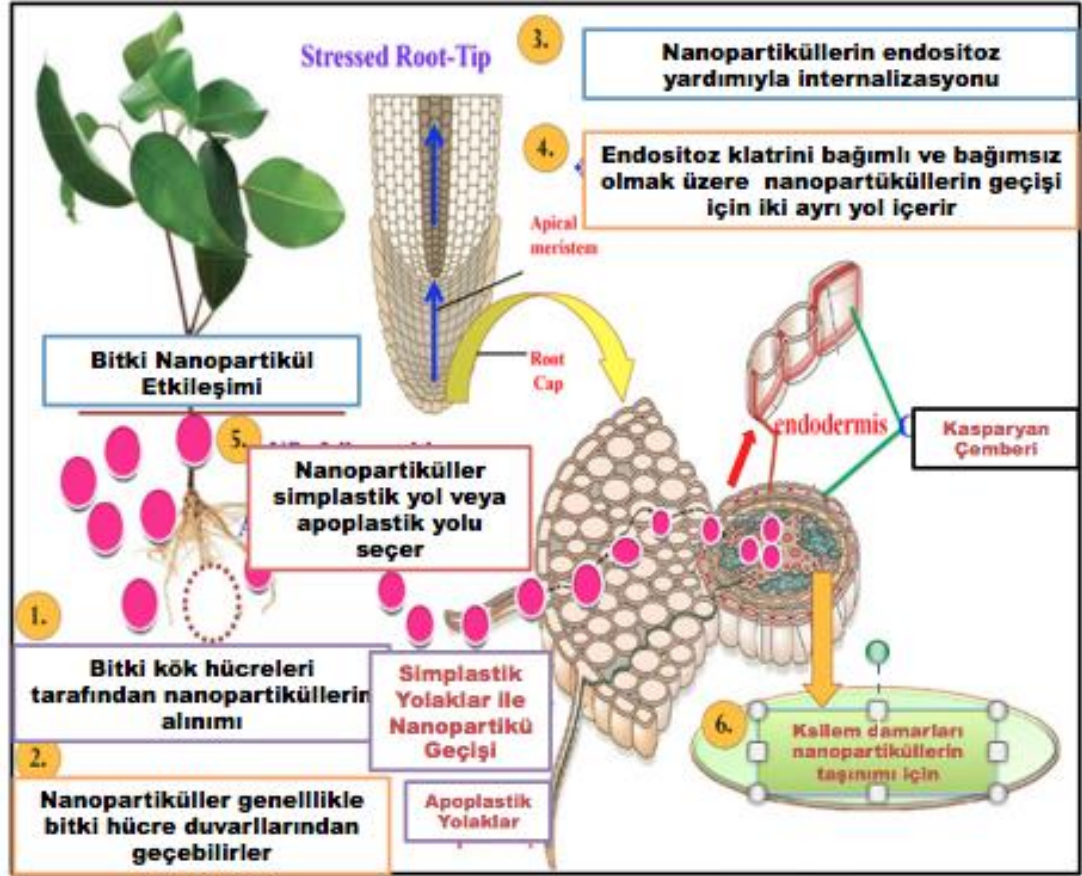
NP'lerin bitki dokularındaki birikimi hakkında, iletim elektron mikroskopisi (TEM) (Du *et al.* 2011), taramalı elektron mikroskopisi-SEM (Bandyopadhyay *et al.* 2015), konfokal mikroskopi (Xanes) yakınında X-ışını emilimi (Hernandez-Viezcas *et al.* 2012b), iki foton uyarım mikroskobu (Wild and Jones 2009), mX-ışını flüoresansı (Servin *et al.* 2013) ve uzatılmış X-ışını emme ince yapısı (Lv *et al.* 2015) ve diğer teknikler kullanılarak bilgiler vermişlerdir.



Şekil 2.2. *S. tabernaemontani* kök yüzeyindeki ZnO NPs, Zn^{2+} iyon birikiminin SEM görüntüleri (A) kontrol; (B) 1000 mg L⁻¹ Zn^{2+} iyon ve (C) 1000 mg L⁻¹ ZnO NPs (Bandyopadhyay *et al.* 2015)

Şekil 2.2 de görüldüğü gibi sonuçlar, ZnO-NPs topraktaki inkübasyondan bir saatlik periyodu boyunca nano-formda tespit edilmemiştir. Nano-ZnO ve nano-CuO nano-partiküllerinin formunu muhafaza etmek yerine çözünür tuzlara biyotransformasyon yaptığını göstermiştir. Börülce (*Vigna unguiculata*) (Wang *et al.* 2013),

buğday(*Triticum aestivum*) soya fasulyesi, (*Glisin max*) (Hernandez-Viezcas *et al.* 2013) ve mısır (*Zea mays*) dokuları ile (Lv *et al.* 2015) benzer bir etki gözlemlenmiştir.



Şekil 2.3. Kökleri vasıtasıyla nanopartiküllerin bitki bünyesine alım sürecince oluşan akış şeması (Ma *et al.* 2010a)

Bitkilerle temas halinde olan nanopartiküller Şekil 2.3 deki gibi kök epidermisinin hücre duvarına ve hücre zarına nüfuz eder. Bitki vasküler demetine (ksilem) girmek için karmaşık bir olaylar dizisiyle stelize yapraklara translokasyon yapmak üzere simplastiğe geçer. Bununla birlikte, bozulmamış hücre zarını geçmek için NP, hücre zarındaki gözeneklerle hareket eder ve bu da, nanomateriyalin alımının boyuta spesifik olduğunu gösterir (Ma *et al.* 2010a ; Rico *et al.* 2011). NP'ler stele ulaşmadan önce endodermis apoplastı yoluyla pasif olarak entegre edilir.

Ksilem, nanopartiküllerin dağılımı ve translokasyonunda en önemli araçtır. NPs alımı mekanizması, genel olarak, sinyal verme, geri dönüşüm ve plazma membranının regülasyonu gibi birkaç hücresel işlemi içeren bir aktif aktarım mekanizması olarak düşünülür. Birçok çalışmada, bitki hücre duvarının yalnızca seçilen nano parçacıkların gözeneklerden geçmesini kolaylaştıran yarı geçirgen bir bariyer gibi davrandığı gözlenmiştir (Chen 1991, Chen *et al.* 2010). Nanopartikülün hücre içine girişi, hücre süspansiyonu ortamında farklılaşır. Burada, vakuoldaki endositoz, plazma membranından oluşan veziküller yoluyla apoplasttan yoluyla olur (Chen *et al.* 2010). Örneğin, *Medicago sativa* hücrelerinde, nanopartiküllerin (CdSe / ZnS) biyoakümüülasyonu, özellikle sitoplazmada ve çekirdekte meydana gelir (Santos *et al.* 2010). Tohumda, nanopartiküller sıvı solüsyonun kotiledona difüzyonuna yardımcı olan parenkimal hücreler arası boşluklardan geçebilir (Lee *et al.* 2010; Ma *et al.* 2015a). Lee *et al.* (2010) tarafından yapılan çalışmada, SiO₂NP'lerin ve Al₂O₃NP'lerin *Arabidopsis thaliana*'nın çimlenmesini ve büyümesini etkilemediğini, ZnONP'lerin germinasyonu engellediğini öne sürmüşlerdir. Çekirdekte, nanoparçacıkların girişini düzenleyen başka yapı akuaporin varlığı gözlemlenmiştir. Son zamanlarda, molekül/iyon toplama ve translokasyon kinetiğinin anlaşılmasında çok ilerleme kaydedilmiş ve üretilen NP'lerin bu toplama, translokasyon ve aglomerasyon kinetiğini izlemek için genişletilebilmiştir. NM'lerin alımının ve translokasyonunun şekil, boyut ve kompozisyona bağlı olduğu görülmektedir (Lee *et al.* 2010).

2.8. Mineral Gübre ile Biyolojik Canlıların Birlikte Kullanımının Önemi

Zn nanomateriyallerin çözünürlüğü, boyut, spesifik yüzey alanı, tepkimelerden etkilenmeyecek oluşu gübre olarak kullanılabileceğinin göstergesi olmuştur (Subramanian and Sharmila 2012; Mosanna and Khalilvand 2015). Örneğin sebzelerin tohumdan çimlenmesine çinko'nun olumsuz etkisi görülürken nano boyuttaki çinkooksit (ZnO) nanopartiküllerinin olumlu etkileri görülmüştür (Prasad *et al.* 2012). Fıstık tohum çimlenmesi, yaprak klorofil içeriği, kök ve gövde büyümesi, üzerine olumlu etkilerinin olduğu ortaya çıkmıştır (Singh *et al.* 2013). Tuza dayanıklılık yönünden değişik bitkiler arasında önemli farklılıklar görülebilir. Bitkiler stres koşullarının etkisini azaltmak için bünyelerinde poliaminlerin sentezini arttırırlar (Evans and Malmberg 1989; Bouchereau *et al.* 1999; Mo and Pua 2002; Kasinathan and Wingler 2004; Kasukabe *et al.* 2004; Iqbal and Ashraf 2006). Bitki dokularında K iyonu ile bitki polimerleri (Pas) arasında ilişki olduğu saptanmıştır (Smith 1985; Flores 1992; Iqbal *et al.* 2006c). Ayrıca tuz stresi koşullarında bitki bünyesinde poliaminlerin birikimi görülmektedir (Iqbal and Ashraf 2006). Tuz stesi koşullarında bitki dokularında iyon birikimi olduğu gibi poliaminlerin de biriktiği görülmüştür. Domates bitkisinin tuz stresi koşulları altında SOD ve GPX gen ekspresyonlarının değiştiği ortaya çıkmıştır (Gill and Tuteja 2010). Bitkiler tuz stresine karşı kendi metabolizmasını ayarlayarak bir savunma mekanizması oluşturmak için bünyelerinde bazı sinyal yollarını aktive ederek tuz stresine cevap verirler (Khan *et al.* 2013a, Khan *et al.* 2015). Bu stratejiler stomaların kapanması ozmotik iyon taşıyıcılar, sekonder metabolitlerin taşınmasını içerir. Fitohormonlar yani salisilik asit (SA), jasmonik asit (JA), and absisik asit (ABA) tuz stresine yanıt olarak hayati bir önem taşımaktadırlar (Kazan 2015).

Tuz stresi basta olmak üzere çevresel stres koşulları altında fitohormonlar ve diğer düzenleyiciler arasında çapraz etkileşimler sık sık analiz edilmiştir (Caarls *et al.* 2015). Biyogübreler spesifik bir şekilde bitkilere besin desteğini artırarak bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler olarak adlandırılırlar (Vessey 2003). *Rhizobiaceae* tohumuz büyümenin artırılmasını ve kökle ilişkili spesifik olmayan interaksiyonları geliştirebilir. Bu durumun bitki büyümesini teşvik eden mikroorganizmalarla (Plant Growth

Promoting Bacteria, PGPB) ilgili olduğu düşünülmektedir (Sessitsch *et al.* 2002). Ancak PGPB basit mekanizmalara dayandırılmayan kompleks bir olgudur ve tipik bir şekilde mekanizmalar kompozisyonu olarak gösterilebilir (Kuklinsky *et al.* 2004). Rhizobakteriler çeşitli mantar ve bakterilerin bitkide meydana getirdiği hastalıkları kontrol edebilmektedir. Biyokontrol mekanizması, besin elementleri için rekabet, uyarılmış sistemik dayanım ve antimikrobiyal metabolitlerin üretimini içermektedir. *Pseudomonas* ve *Bacillus* türleri patojen mikroorganizmaları baskılamada önemli role sahiptirler. Shen (1997), yaptığı çalışmada, mikroorganizmalar arasında ve mikroorganizma-bitki arasındaki dengenin bitki hastalıklarına dayanımı ve bitki büyümesini teşvik etmeyi belirlediğini ifade etmiştir. Yararlı ve zararlı mikroorganizmalar arasındaki denge sorunu hastalıkların oluşmasına yol açmaktadır. Birkaç yabancı tip bakterilerin bir karışımı (başlıca *Bacillus spp.*) olan verim arttıran bakterilerin kullanımının bitki büyümesini arttırdığını ve bazı hastalıkları baskıladığını belirtmiştir. Yapılan ikinci uygulama organik atıklardan elde edilen anaerobik bir karışımın bitki büyümesini, stres şartlarına dayanımı arttırdığı ve bazı hastalık ve zararlıları (afid ve akar) baskıladığı belirtilmiştir.

2.9. Tuz Stresi Koşulları ve Bitkiler Üzerine Etkileri

Tuz stresi koşullarında, toprakta NaCl gibi birçok çözülebilir tuzların miktarının artmasına paralel bir şekilde bitkinin büyüme ve gelişimi üzerinde olumsuz birçok etkiye neden olmaktadır. Toprak çözeltisi içerisindeki tuz konsantrasyonunun artmasıyla birlikte potansiyelinin azalması, bitki hücrelerinin ozmotik potansiyelini düşürerek bitkilerde bir dizi tepkinin oluşmasına neden olmaktadır (Gleen *et al.* 1997).

Tuz stresi altındaki pekçok bitki, beslenme dengesizliklerinin bir sonucu olarak, oksidatif ve mekanik veya sekonder streslerden de etkilenir. ZnO-NP'ler, bitkilerde abiotik strese karşı tanınma ve yanıtta yer alan çeşitli mekanizmaların düzenlenmesinde güçlü bir rol oynamaktadır (Prasad *et al.* 2012). Yüksek bitkilerdeki tuzluluk ile ZnO arasındaki etkileşime ilişkin raporlar giderek artmaktadır, ancak halihazırda tuz stresinden kaynaklanan zararları azaltmak için ZnO-NP uygulamalarının olası yararlı

etkileri hakkında çok az sayıda bilgi mevcuttur. Tuz stresi altında, Reaktif Oksijen Türlerinin (ROS) hücre içi düzeylerindeki artışların, hücre yapılarında ciddi hasarlara neden olduğu ve SOD ve GPX gibi bir dizi genin ekspresyonunu etkilediği görülmüştür (Gill and Tuteja 2010). Reaktif oksijen türleri (ROS), bir dizi genin ekspresyonunu etkilediği bilinmekte ve tuzluluk tarafından indüklenen abiyotik stres tepkilerinde birçok işleme katkıda bulunmaktadır.

Alharby *et al.* 2016 yılında yapmış oldukları çalışmada NaCl stres altındaki her iki düzeyde (15 ve 30 mg L⁻¹) ZnO-NPs ile işlenmiş domates bitkilerinin, SOD ve GPX genleri mRNA ekspresyon seviyesinde arttığı gözlemlenmiştir. Görünüşe göre, ZnO-NP'lerin varlığı domates bitkilerinde mRNA'nın aktivitesini değiştirebilir ve bu tuzluluk stresi karşısında iyileştirici etki gösterebilir. Bunun için muhtemel bir açıklama, ZnO-NP'lerin düşük ve/veya uygun dozunun, bitki metabolizması üzerinde pozitif bir tepkiye sahip olduğunu belirten, daha sonra etkilenen azot gibi temel besin maddelerinin emilimi, iyon homeostazı, osmotik biyosentez, protein içeriği ve toksik radikal türetmenin arttırıldığı ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte, SOD ve GPX genlerinin mRNA düzeylerindeki artışları, transkripsiyonlu mRNA'ların artmış kararlılığının bir sonucu olabilir (Soydam *et al.* 2013).

2.10. Farklı Dozlarda Uygulanan Nanomateriyallerin Bitkiler Üzerinde Kritik Toksik Etkileri

Raliya *et al.* 2015 yılında yapmış oldukları çalışmada ZnO (<50 nm) nanopartiküllerini domates bitkisine 10, 100, 250, 500, 750, 1000 mg/l olacak şekilde topraktan uygulama yapmış 66 gün süren deneme sonucunda 750 mg/l 'ye kadar olan dozlarda çimlenme, kök gelişimi ve toprak üstü aksamalarının gelişimi kontrole göre arttığını gözlemlemişlerdir. Fakat 1000 mg/l 'de kök gelişimi, çimlenme ve toprak üstü aksamaların gelişiminin kontrole göre olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir.

Mukherjee *et al.* 2015 yılında yapmış oldukları başka bir çalışmada ise ZnO (<10 nm) nanopartiküllerini 125, 250, 500 mg/L olacak şekilde yeşil bezelye'ye topraktan

uygulayarak 25 günlük süre sonucunda 500 mg/l uygulamasının klorofil içeriğinin %77 oranında azalttığını gözlemlemişlerdir.

Lee *et al.* 2013b yılında yapmış oldukları çalışmada ise ZnO (<50 nm) ve CuO nanopartikülleri karışımını 50, 500, 2000, 4000 mg/L olacak şekilde karabuğday köklerine uygulamış 7 günlük süre sonucunda 2000 ve 4000 mg/l uygulamasının kök uzunluğunu ve biyokütlesini azalttığını gözlemlemiştir.

Servin *et al.* 2013 yılında yapmış oldukları çalışmada ise TiO₂ (< 27 nm) nanopartikülleri 250, 500, 750 mg/L olacak şekilde biber'e topraktan uygulamış 90 günlük süre CAT aktivitesinin arttığını 500 mg/l uygulamasının APX aktivitesini azalttığını gözlemlemiştir.

Subramanian *et al.* 2015 yılında yapmış oldukları çalışmada ise Fe₂O₃ (< 60 nm) ve CuO nanopartikülleri karışımını 100, 150, 200 mg/L olacak şekilde ıspanağın köklerine uygulamış 45 günlük sürede yaş ve kuru biyokütlenin 200 mg /l dozda önemli derecede azalttığını gözlemlemiştir.

2.11. Doğal Nanopartikül Kaynakları

Doğal karbon nanopartiküllerin önemli kaynaklarından biri, Fennoscandian Yarımadası'ndaki Karelyan bölgesinde mayınlanmış bir Prekambriyen kaya oluşumu olan şistlerdir (Buseck *et al.* 1997). Shungite'nin ana bileşenleri, onu doğal bir hibrit kompozit malzeme yapan shungite karbon (ShC) ve silikalardır (Buseck *et al.* 1997).

3. MATERİYAL ve METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Kullanılan malzemeler

Araştırmada mineral gübre kaynağı olarak çinkooksit nanopartikülleri (cas number 1314-13-2, <100 nm particle size (TEM), ≤ 40 nm avg. part. size (APS), 20 wt. % in H₂O) sigmadan hazır olarak satın alınmış, kullanılan mikroorganizmalar Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümünden temin edilmiş, denek bitki olarak domates bitkisinin Linda çeşidi (*Lycopersicon esculentum*) fide olarak temin edilmiş olup sera denemesinde tuzluluk stresine indikatör bitki olarak kullanılmıştır. Bitkinin yetiştirilme ortamı olarak kum ve turba yosun karışımı (w/w, 3/1) oranında kullanılmıştır. Biyo canlılığın sürdürülebilirliğini sağlamak için ortam olarak şilempe kullanılmıştır. Kullanılan şilempenin içeriği Çizelge 3.1’de verilmiştir.

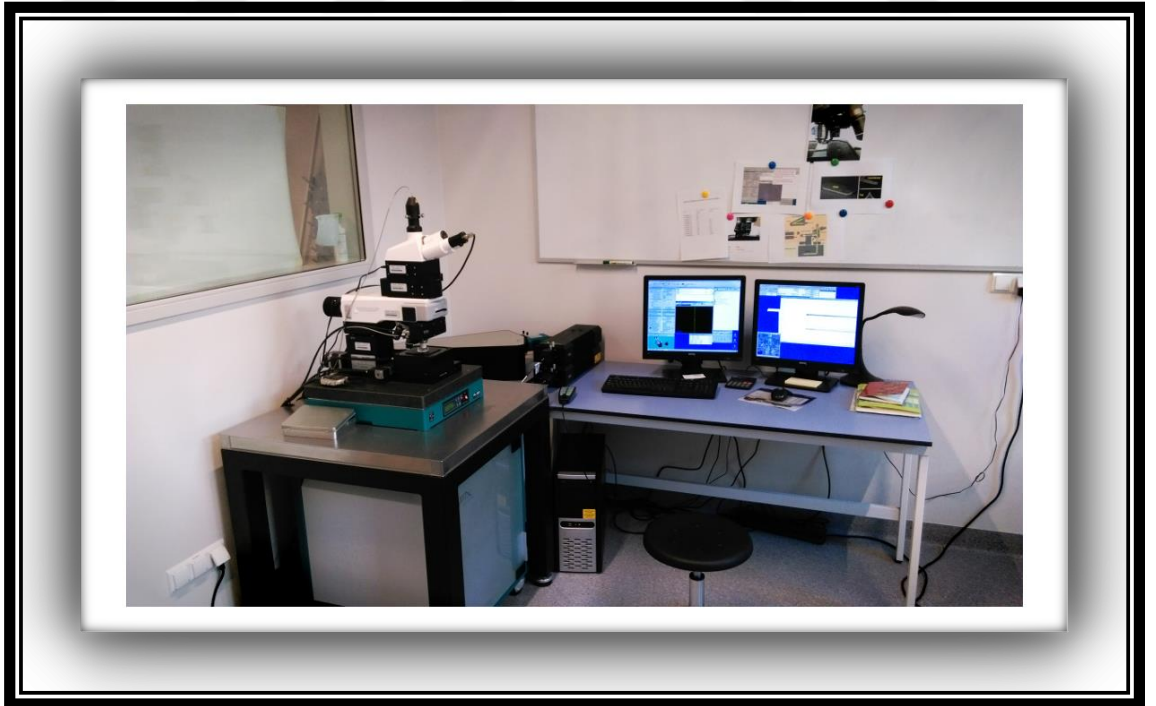
Çizelge 3.1. Nano-Biyo gübre formülasyonunda sıvı taşıyıcı olarak kullanılan şilempenin bileşimi

Şilempe içerik (w/w-1/100 seyreltik)	Miktar
Organik Azot (N) (%)	0,03
Suda Çözünür Potasyumoksit (K ₂ O) (%)	0,05
pH	6,00
Fosfor (P) (%)	0,04
Potasyum (K) (%)	0,09
Kalsiyum (Ca)(%)	0,07
Magneyzum (Mg)(%)	0,02
Sodyum (Na) (mg/kg)	33,0
Çinko (Zn)(mg/kg)	48,79
Demir (Fe)(mg/kg)	155,45
Mangan (Mn)(mg/kg)	61,73
Bakır (Cu)(mg/kg)	69,73
Bor (B)(mg/kg)	17,13

3.1.2. Araştırma denemesi sürecinde kullanılan cihazlar

3.1.2.a. Raman spektroskopisi analizleri

Atatürk Üniversitesi Doğu Anadolu Yüksek Teknoloji Uygulama ve Araştırma merkezinde bulunan WıTec ALPHA300 Series mikro-RAMAN cihazı Biyo-Nano inko gübresinin görüntülenmesi için kullanılmıştır (şekil 3.1). Genel olarak raman spektroskopisi inorganik maddelerin analizleri konusunda kullanılan iyi bir yöntemdir. Bu teknik sayesinde, moleküller ve elementler pozitif olarak belirlenebilir ve karakterizasyonu yapılabilir. Raman spektroskopisi kükürt, germanyum ve çinko silisyum, karbon elementi, gibi çeşitli maddelerin hem saflığını ve fiziksel şeklini belirleyebilmektedir. Bu teknik inorganik bileşiklerin suda çözünebilir formlarının da analizlerine imkn vermektedir. Ancak, inorganik maddelerin yapılarında kovalent bağları içermesi gerekir (Gündüz 2010).



şekil 3.1. Atatürk Üniversitesi Doğu Anadolu Yüksek Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde (DAYTAM) bulunan WıTec ALPHA300 Series mikro-RAMAN cihazı

3.1.2.b. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) analizi

Atatürk Üniversitesi Doğu Anadolu Yüksek Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde bulunan Zeiss Sigma Family Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Nano-Biyo gübrenin görüntülenmesi için kullanılmıştır (Şekil 3.3).

Taramalı elektron mikroskobunda (SEM) örneklerin görüntülenmesinin yapılması için yüksek enerjiye sahip elektronların numune yüzeyine gönderilerek odaklanması sağlanır. Elektron demeti numune yüzeyinde dağıtılarak taratılır. Bu esnada numune atomları ve elektron arasında oluşan çeşitli girişimler uygun algılayıcı malzemelerde toplanarak sinyal güçlendiriciden geçirilir. Katot ışınları ekrana aktararak görüntü elde edilir. Dijital sinyaller modern sistemler sayesinde veri ekranlarına yansıtılır.



Şekil 3.2. Atatürk Üniversitesi Doğu Anadolu Yüksek Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde bulunan Zeiss Sigma Family Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

3.1.2.c. İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma- Otomatik Emisyon Spektroskopisi (ICP-OES)

Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümünde bulunan İndüktif Eşleşmiş Plazma- Otomatik Emüsyon Spektroskopisi (ICP-OES) bitkilerin elementel tayinleri için kullanılmıştır. Örnekler sıvı formda, aerosol tanecikleri benzer yüksek sıcaklıktaki plazmanın olduğu kısma gönderilir. ICP-OES cihazında, aerosol tanecikleri plazmada sırasıyla, kurur, atomlaşır, parçalanır iyonlaşır ve oluşan atom ve iyonlar uyarılmış olur. Analitler uygun detektörlerden geçerek işlemciye aktarılıp, uygun bir monitör yardımıyla değerlendirilir.

3.2. Metot

3.2.1. Saf bakteri kültürlerinin besiyeri ortamında geliştirilmesi ve sterilizasyonu

Nutrient agar ve M17 besiyerleri hazırlanarak 121°C de 15 dk steril edildikten sonra 45°C ye kadar soğutularak steril petrilere dökülerek katılaşmaya bırakılmıştır.



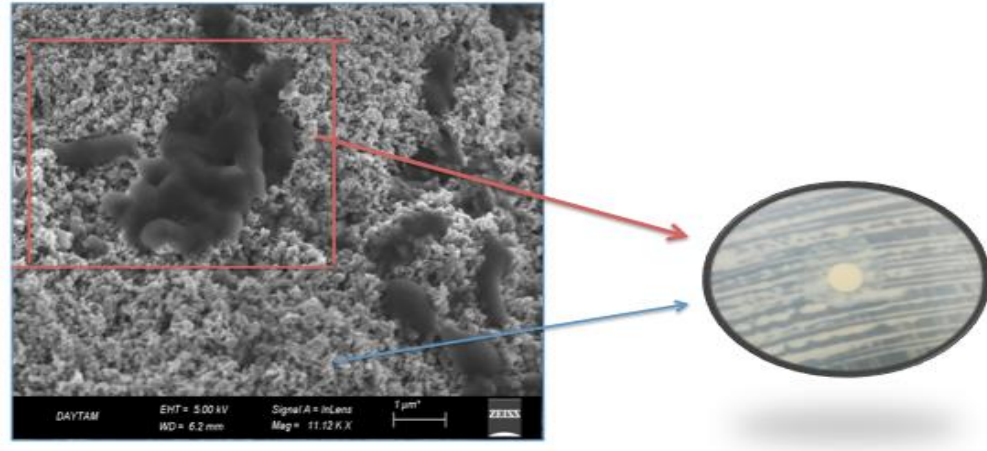
Şekil 3.3. (devam)



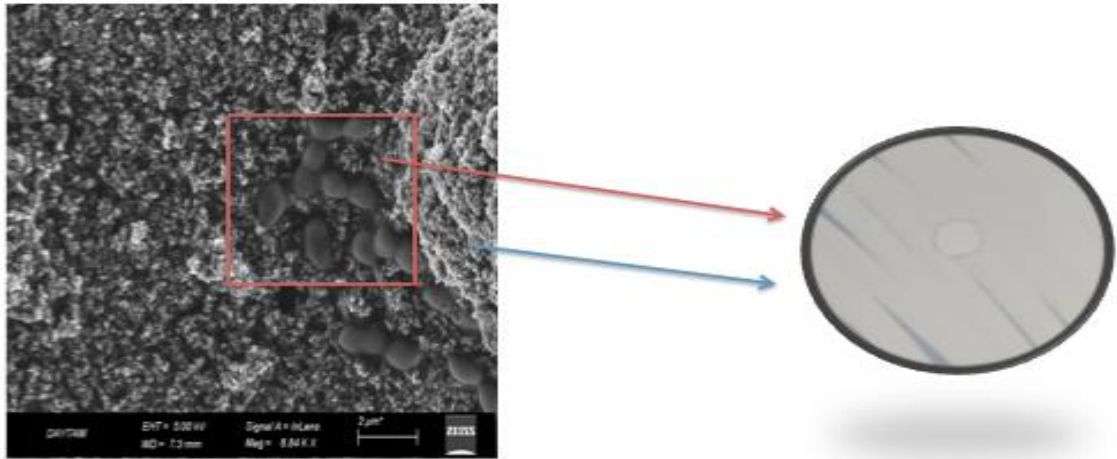
Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan bakterilerin gelişimi için kullanılan besiyerleri

3.2.2. Disk difüzyon yöntemi ile nanopartiküllerle birlikte tuzlu koşullarda gelişimini sürdüren bakterilerin seçimi

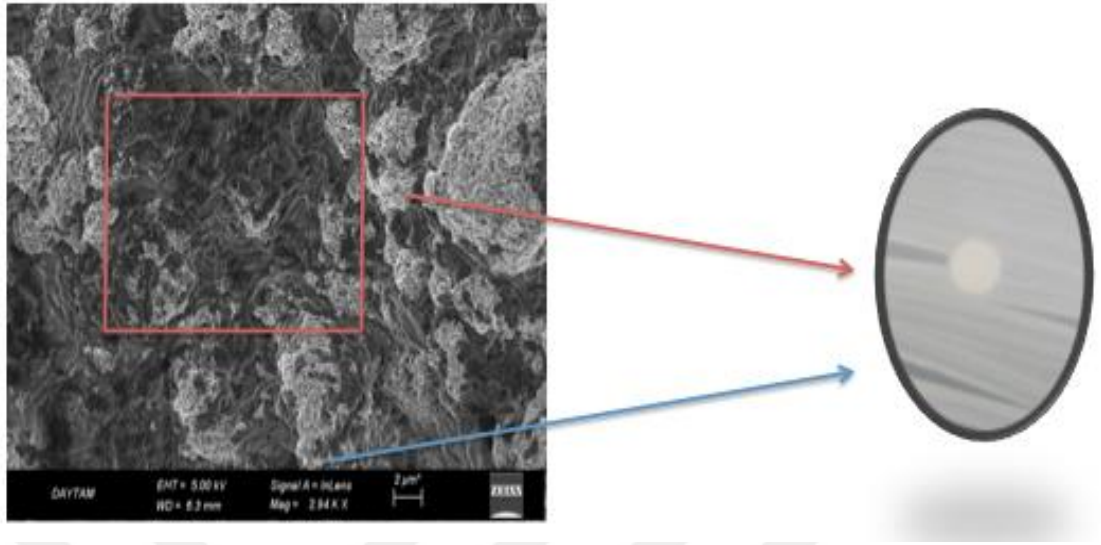
50 mMolar NaCl ve 100 mg L-1 çinkooksit nanopartikülleri birlikte tampon karışımı hazırlanmıştır. Yirmi mikroorganizma üzerinde MuellerHintonagar besiyeri standart disk difüzyon yöntemi kullanılarak petrilere yerleştirilen disklere 30 µl karışım tampon emdirilmiştir (Lelliot and Stead 1987). 3 gün süre ile 37 de etüvde bekletildikten sonra üç mikroorganizmanın (*Bacillus subtilis* (N28), *Bacillus pumilis* (N1) ve peynir kökenli *Lactobacillus casei* (Nm24) petrillerinde disk çevresinde üremenin görüldüğü tespit edilmiştir.



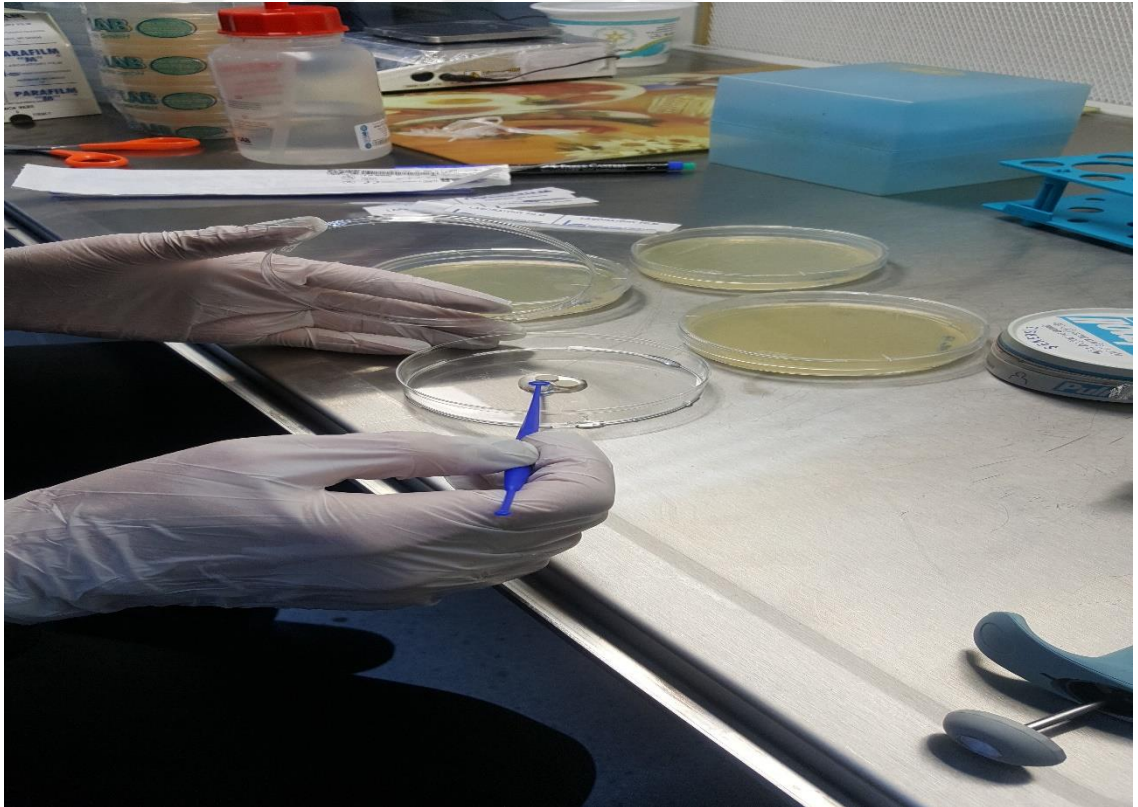
Şekil 3.5. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile *Lactobacillus casei* (Nm24) için disk difüzyon yöntemi kullanılarak nanopartiküllerle olan sinerjik etkisi



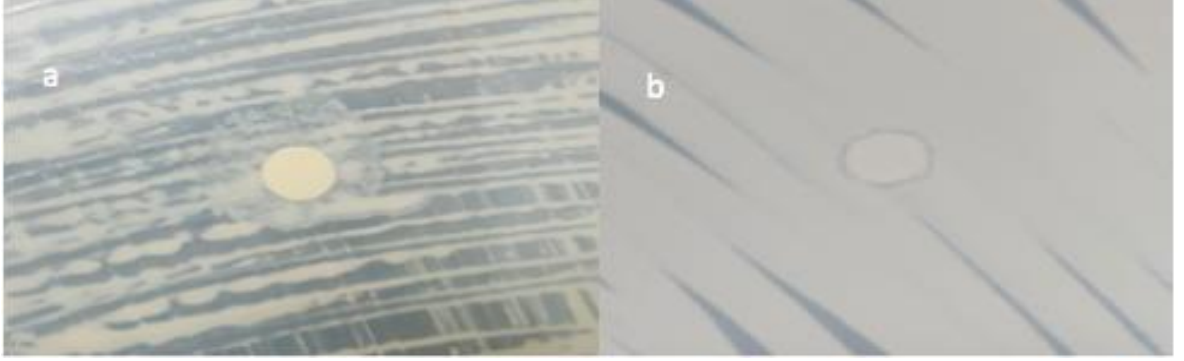
Şekil 3.6. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile *Bacillus pumilis* (N1) için disk difüzyon yöntemi kullanılarak nanopartiküllerle olan sinerjik etkisi



Şekil 3.7. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile *Bacillus subtilis* (N28) için disk difüzyon yöntemi kullanılarak nanopartiküllerle olan sinerjik etkisi



Şekil 3.8. Dayanıklı mikroorganizmaların seçimi için karışım tamponunun disklerle emdirilik petrilere yerleştirilmesi



Şekil 3.9. Disklere emdirilen karışım tamponunun 20 mikroorganizma da denenmesi a) Mikroorganizmaların seçiminde nanopartikül ve tuz karışımına karşı canlılıklarını devam ettirebildiği b) Mikroorganizmaların nanopartikül ve tuz karışımına karşı canlılıklarını devam ettiremediğinin göstergesidir.

3.2.3. Nano-biyo gübrenin taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri

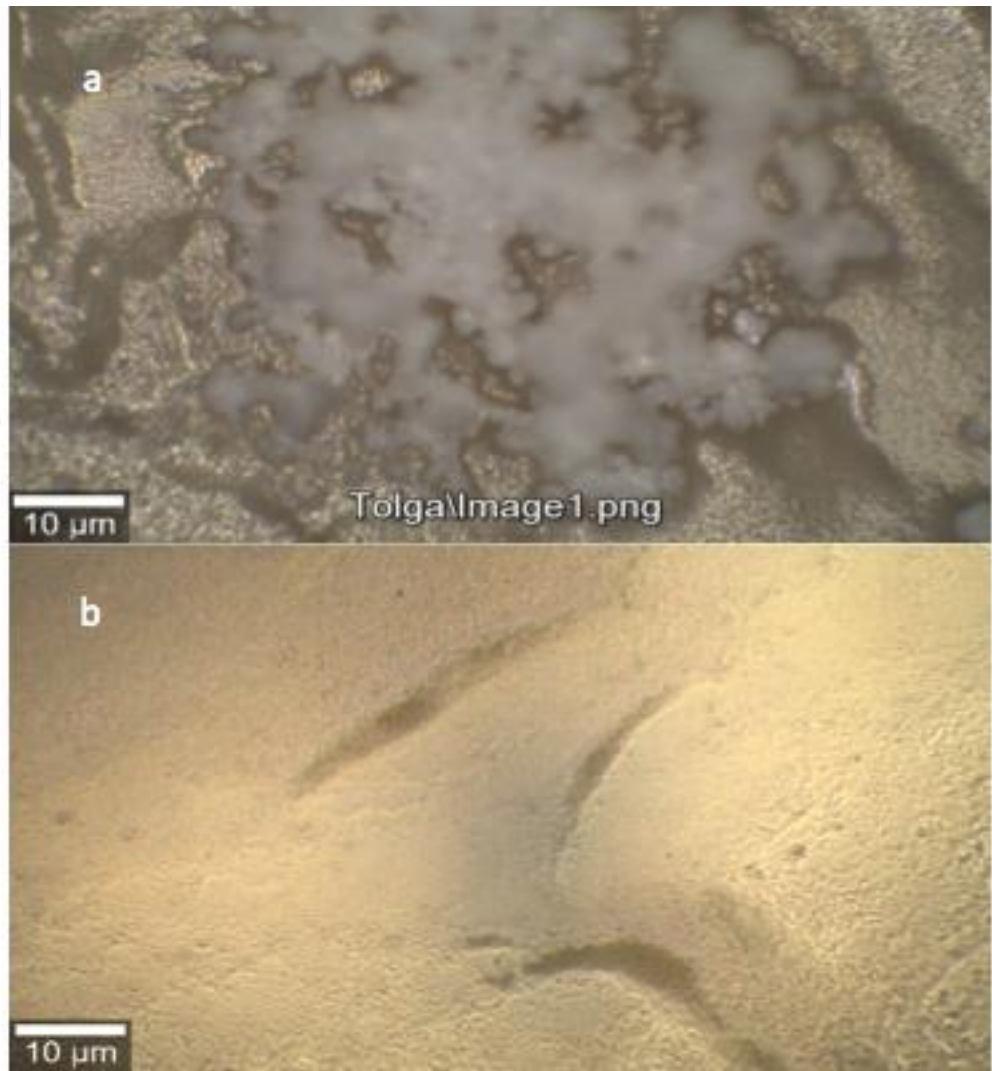
Nanopartikülün hazırlanan formülasyon içerisindeki morfolojik analizleri için Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) kullanılmıştır. SEM analizinde iletkenliğini sağlamak için örnekler altınla kaplanmıştır. Bu kaplamadaki amaç altının yüksek iletkenlik ve oksitlenmeme özelliğinin olmasıdır. 20.000x, 30.000x ve 50.000x olarak üç farklı büyütme oranlarıyla nanopartiküllerin SEM görüntüleri alınmıştır (Şekil 4.30)

3.2.4. Nano-biyo gübrenin RAMAN spektroskopisi ile görüntüleri

Oluşturduğumuz formülasyonun nanopartikül içeriğinin iyice doğrulanması adına kullanılan nanopartiküllerin molekülleri içerisindeki bağlar ve bu bağların üzerine düşürülen ışığı esnek olmayan şekilde saçması yöntemine göre çalışan RAMAN spektroskopisi ile doğrulamak amacıyla 785 nm lik lazer kaynağı ile çinkooksit nanopartikülleri analiz edilmiştir (Şekil 4.4). Genel olarak oluşturulan formülasyonda 10 mikrometrelik mikroorganizmalar üzerindeki ZnO nanopartiküllerin genel olarak yüzde 22 si nanopartikül geri kalan kısmı ise mikroorganizmalardan oluşmaktadır.

Nano-biyo gübrenin analizinde raman cihaz parametreleri, Excitation Wavelength [nm]:784.851, Grating:, G2: 600 g/mm BLZ=750nm Center Wavelength [nm]:844.504,

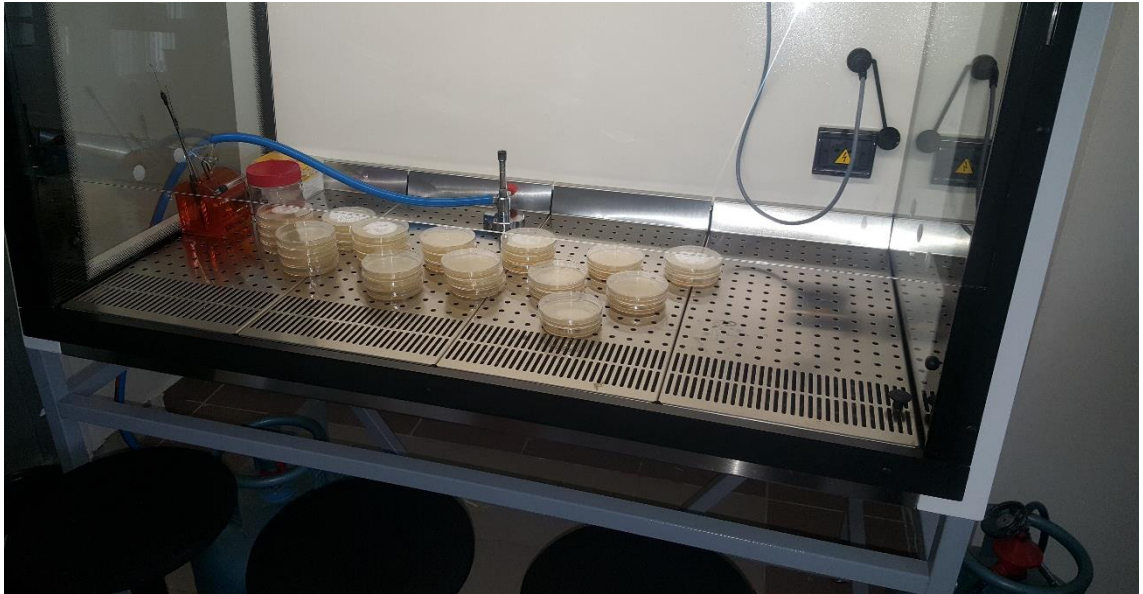
Spectral Center [rel. 1/cm]: 900.000, Width [Pixels]: 1024, Height [Pixels]:128, Temperature [$^{\circ}$ C]:-59, Integration Time [s]:25.09660, Camera Serial Nr: 18688, AD Converters: AD1 (16Bit), Vertical Shift Speed [μ s]:16.25, Horizontal Shift Speed [MHz]:0.033, Preamplifier Gain:1, ReadMode:Single Track (Row 7 -> 13), Number Of Accumulations:2, Integration Time [s]: 25.09660, Sample Location (global position), Position X [μ m]:715.100, Position Y [μ m]: -6377.700, Position Z [μ m]:0.000 (Zielinski 2015).



Şekil 3.10. Raman cihazıyla nano-biyo gübrenin a) ZnO nanopartikülü görüntülenmesi b) Bakteri yüzey görüntülenmesi

3.2.5. Dökme plaka yöntemi ile bakterilerin (*Bacillus Subtilis* (N28), *Bacillus Pumilis* (N1) *Lactobacillus Casei* (Nm24) sayımlarının yapılması

Bakteri stok suşlarından 100 mikrolitre alınarak son hacim 1 ml olacak şekilde fizyolojik tuzlu su içerisinde çözündürülerek 10^{-1} 'lik ilk dilüsyon hazırlanmıştır. Her bir dilüsyondan iki steril petri kutusuna birer ml aktarılmış ve üzerine 45°C 'ye soğutulmuştur. 37°C 'de 48 saat inkübasyona bırakılmıştır (48 saatte üreme olmazsa petri 24 saat daha inkübasyona tabi tutulur). Oluşan koloniler sayılarak (kob/ml olarak) hesaplama yapılmıştır. Hesaplama yapılırken, ard arda iki seyreltmeden yapılan ekim sonuçlarının aritmetik ortalaması alınmış numune içindeki mikroorganizma sayısı hesaplanmıştır. Hesaplama kullanılan formül; $N = C / [V \times (n1 + 0,1 \times n2) \times d]$ şeklindedir. 12 Burada; N = örneğin Bir gram veya 1 ml'sinde mikroorganizma sayısı C = Sayımı yapılan tüm petri kutularında bulunan koloni sayısı toplamı V = Sayımı yapılmış petri kutularına aktarılan hacim miktarı (ml) n1= ilk seyreltmeden yapılan sayımlarda sayım yapılan petri kutusu adedi n2= ikinci seyreltmeden yapılan sayımlarda sayım yapılan petri kutusu adedi d= Sayımın yapıldığı ardışık iki seyreltmeden daha konsantre olanın seyreltme oranıdır (Cutting 1991).



Şekil 3.6. Sayımları yapılacak olan bakterilerin steril kabinlere yerleştirilmesi ve sayım için hazırlanması

3.2.6. Bakterilerin canlılık testi ve sıvı taşıyıcı ortamın seçilmesi

Bakterilerin formülasyonlarımız içerisinde yaşamlarını devam ettirebilmeleri için taşıyıcı ortam olarak şeker şurubu şilempe kullanılmıştır. Şilempe saf su ile (w/w, 1/10, 1/20, 1/50, 1/100) oranında seyreltilerek üç farklı bakteri türüne uygulanmıştır. Uygulamada 1/100 seyreltmede bakterilerin ürediği görülmüş elde edilecek ürünün maliyetinin daha düşürmek adına bu seyreltik oran formülasyonlar için kullanılmıştır.

3.2.7. Deneme deseni ve deneme konuları

Ülkemizde yaygın olarak kullanılan Linda domates (*lycopersicon esculentum mill*) çeşidi tuz stresine maruz bırakılmıştır. Tam şansa bağlı deneme modeline (3x3x4) göre çalışma üç doz (0, 20, 40 mg L⁻¹ Zno-Nps (sigma cas number 1314-13-2, <100 nm particle size (TEM), ≤40 nm avg. part. size (APS), 20 wt. %in H₂O) × 3 bakteri [*Bacillus pumilis* (5,7x10⁷ cfu/ml) N1, *Bacillus subtilis* (1x10⁸ cfu/ml) N28, *Lactobacillus casei* (2,9x10⁸ cfu/ml) Nm24] × 4 (tekerrür) olacak şekilde deneme kurulmuştur. Oluşturulan bir litrelik formülasyon 1 dekarlık alana 100 litre saf suya karıştırılıp uygulanacak şekilde ayarlanmıştır. Bitki fideleri 10 cm lik derinlikte saksılara yerleştirilecek yetiştirme ortamı olarak kuartz kum ve turba yosunu (1:3) oranında karıştırılarak 1,1 litrelik (30 cm) saksılara uygulanmıştır. Oluşturulan formülasyonda bakteriler için sıvı taşıyıcı ortam olarak şilempe kullanıldığı için v/v 1/100 olarak şekilde uygulanmıştır. Bitkinin besin ihtiyacını karşılamak Arnon (1938) besin çözeltisi uygulamaları haftada bir kez yapılmıştır. Bitkilere yapay tuz stresi yaratmak için sodyum klorür ile (Bayraklı 1998; Kanber vd 1992) muameleler, 3–4 yapraklı fideler saksılara aktarıldıktan hemen sonra uygulanmaya başlanmıştır. NaCl 50 mM saksılara haftada üç kez uygulanmıştır. Uygulama Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi seralarında sürdürülmüştür.

3.2.8. Fide temini

Linda çeşidi domates fideleri Akdeniz bölgesi Antalya ilinden temin edilmiştir. Denemeler Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak bilimi ve bitki besleme bölümü seralarında saksılarda kurulmuş ve doğal ışık altında yürütülmüştür. Biyolojik gübre ile nanopartikül karışım süspansiyonları tuz stresi altında yetiştirilen bitkilerin kök bölgesine enjekte edilmiştir.

3.2.9. Bakım, hasat işlemleri ve örnekleme işlemlerinin yapılışı

Deneme periyodu boyunca bitkilere kimyasal ilaç uygulanması yapılmamış, yabancı ot elle kontrol edilmiştir. Tuz stresi koşullarına bağlı olarak iki ay çalışma sürdürülmüş, kontrol grubunun durumu ve çiçeklenme dönemi dikkate alınarak hasat işlemi gerçekleştirilmiştir. Saksı içeriğinin tamamı örneklenmiştir. Örnekler yıkanmış, 65°C'ye ayarlı kurutma dolabında son tartım sabit kalıncaya kadar kurutulmuş ve bitki öğütme değirmeninde öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir (Kacar ve İnal 2008).

3.2.10. Elementel analiz (sodyum, potasyum, kalsiyum, demir, bakır, çinko, mangan, fosfor, magnezyum, bor)

Domates örneklerinin P, K, Mg, Ca, Fe, Na, Mn, Zn, Cu, ve B içerikleri nitrik asit-hidrojen peroksit (2:3) asit ile üç aşama (1. aşama; 145°C de %75 mikrodalga gücün de 5 dakika, 2. aşama; 180°C'de % 90 mikrodalga gücün de 10 dakika ve 3. aşama 100°C'de %40 mikrodalga gücün de 10 dakika) 40 bar basınca dayanıklı olan mikrowave yaş yakma ünitesinde (speedwave MWS-2 Berghof productts + Instruments Harresstr.1. 72800 Enien Gernmany) yakılmış (Mertens 2005a) sonra ICP-OES spektrofotometresinde okunmak suretiyle belirlenmiştir (Mertens 2005b).

3.2.11. Toplam azot tayini

Bitki örneklerinin toplam azot içeriğini belirlemek açısından azot içeriği salisilik + sülfürik asit + tuz karışımı ile yaş yakmaya tabi tutulduktan sonra mikrokjeldahl yakma ünitesinde destilasyon sonucu titrasyon ile tam otomatik azot analizöründe belirlenmiştir (Bremner 1996).

3.2.12. İstatistiksel Değerlendirmeler

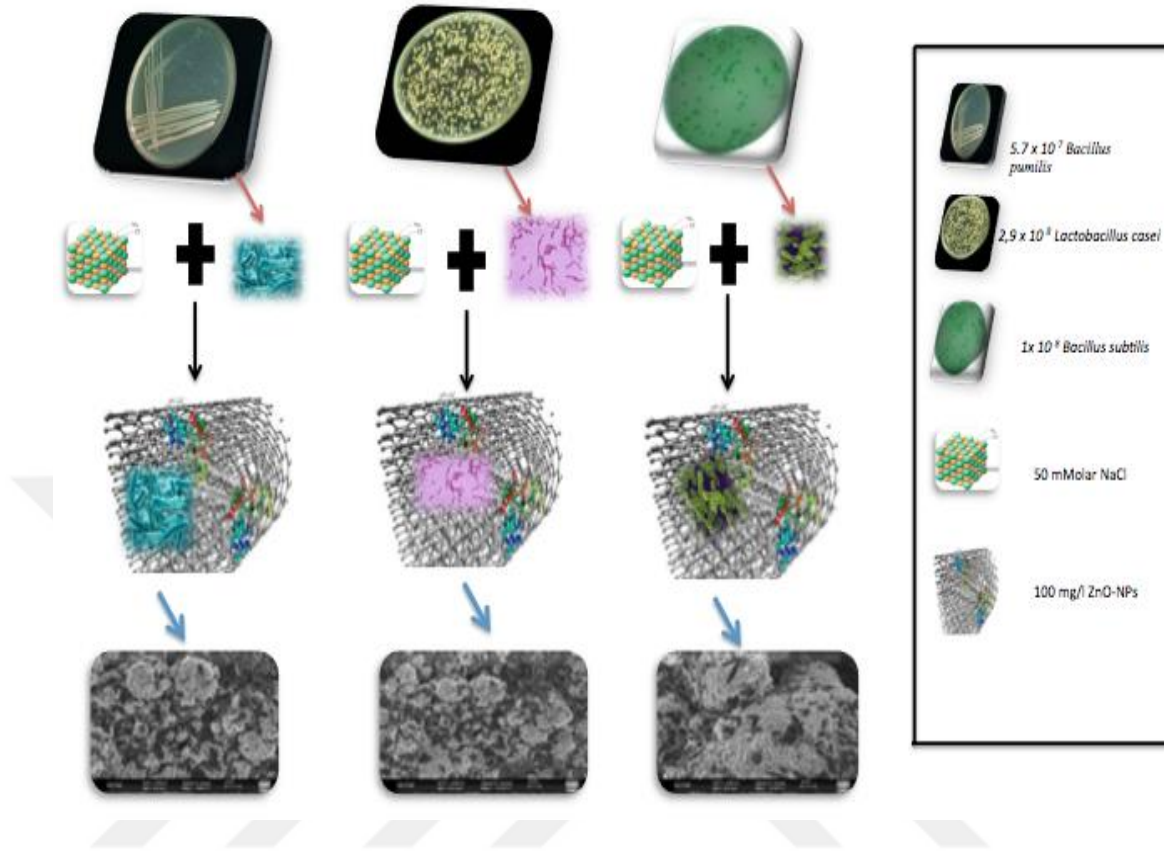
Tam şansa bağlı faktoriyel deneme desenine göre, varyans analizleri, ortalamaların karşılaştırılması ve Duncan çoklu karşılaştırma testleri yapılmıştır (Yıldız ve Bircan 1993). Elde edilen veri setleri SPSS-22 software kullanılarak değerlendirilecektir.

3.2.13. Biyo-Nanoçinkooksit (NP-ZnO) gübre formülasyonlarının oluşturulması

Formülasyon için kullanılacak bakteriler üretilerek nanopartiküllerle canlılık tesleri yapılmıştır. Her bakteri türü ayrı ayrı seçilmiş farklı konsantrasyonlardaki nanopartiküllerle sıvı bir formülasyon oluşturulacak şekilde taşıyıcı ortam (silempe) eklenerek oluşturulmuştur.

3.2.14. İş Akış şeması, bakteriyel canlılık testi ve sıvı taşıyıcı ortamın kullanılması

Çalışma Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi Bitki Besleme Bölümü ve Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Formülasyonun iş akış şeması aşağıda gösterilmektedir (Şekil 4.1)



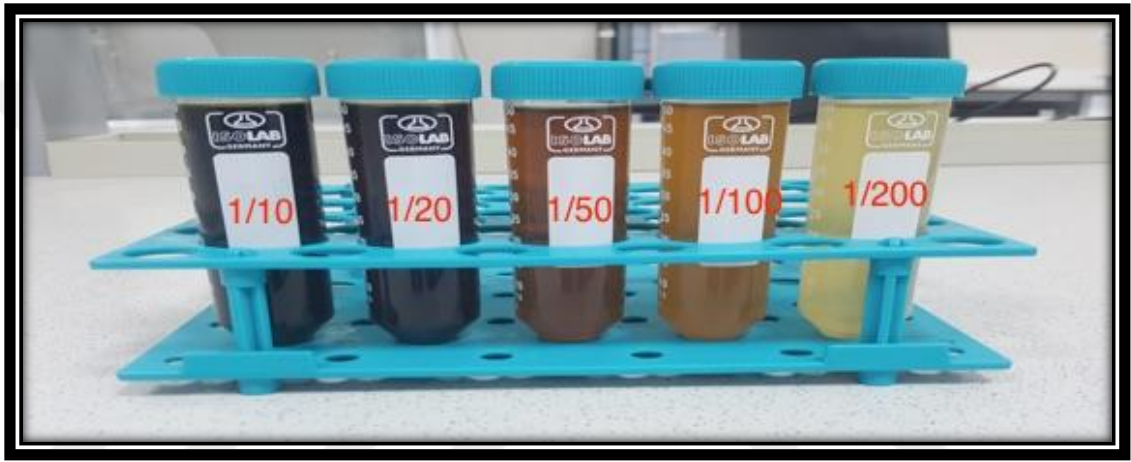
Şekil 3.7. Laboratuvar koşullarında oluşturulan nano-biyo gübre formülasyonunun oluşum şeması

3.2.15. Bakteriyel canlılık testi ve sıvı taşıyıcı ortamın kullanılması

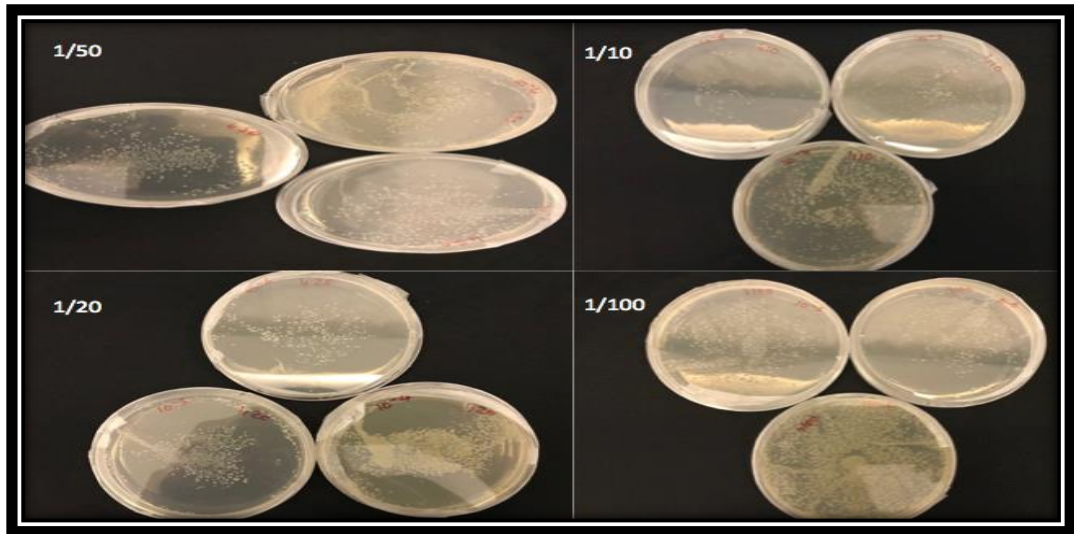
Yapılan bu deneyler sonucunda 10^9 oranında seçilen bu üç bakterinin ortamda bulunan çinkooksit nanopartikülleri ve tuzluluk koşullarından etkilenmedikleri tespit edilmiştir. Kullanılan şilempe sayesinde ortamda bakteriyel canlılıklar devam ettirilmiştir. Sıvı taşıyıcı olarak şilempe (w/w, 1/100 deiyne su) ve 40 mg ZnO nanopartikülü (Raliya *et al.* 2015 yılında yaptıkları çalışmaya göre bitkiye toksik etki oluşturmayacak konsantrasyon değerleri dikkate alınarak bu doz seçilmiştir) ayrı ayrı eklenerek birer litrelik üç farklı formülasyon için karıştırılarak üç adet biyo-nano gübre formülasyonu elde edilmiştir.

Çizelge 3.2. Üç Farklı Nano-Biyo Gübre formülasyonlarının bir mililitresinde bulunan Bakteri Sayısı

Bakteri	Kod	kob/ml
<i>Bacillus subtilis</i>	N28	1×10^8
<i>Bacillus pumilis</i>	N1	$5,7 \times 10^7$
<i>Lactobacillus casei</i>	Nm24	$2,9 \times 10^8$



Şekil 3.8. Bakteriler için sıvı taşıyıcı olarak kullanılan şilempede yapılan seyreltmeler



Şekil 3.9. Sıvı nano-biyo formülasyonlarında bakterilere besin sağlamak için kullanılan şilempenin üç haftalık inkübasyonu sonucunda (w/w, 1/10, 1/20, 1/50, 1/100) seyreltik oranlarına üç bakteride gelişim durumları

Yapılan bu deneyler sonucunda seçilen bu üç bakterinin (*Bacillus pumilis* (N1), *Bacillus subtilis* (N28), *Lactobacillus casei* (Nm24) ortamda bulunan çinkooksit nanopartikülleri ve tuzluluk koşullarından etkilenmedikleri tespit edilmiştir. Kullanılan şilempe sayesinde ortamda bakteriyel canlılıklar devam ettirilmiştir. Sıvı taşıyıcı olarak şilempe (w/w, 1/100 deynize su) ve 40 mg ZnO nanopartikülü (Raliya vd, 2015 yılında yaptıkları çalışmaya göre bitkiye toksik etki yaratmayacak şekilde bu doz seçilmiştir) ayrı ayrı eklenerek birer litrelik üç farklı formülasyon için karıştırılarak üç adet biyo-nano gübre formülasyonu elde edilmiştir.

3.2.16. Sera denemesi

Yapılan sera deneme sürecinde merkezi otomasyon sistem tarafından ortam şartları kontrollü bir şekilde takip edilmiştir. Deneme, domateslerin çiçeklenme başlangıcına kadar 8 hafta uygulanmış ve sonlandırılmıştır.



Şekil 3.10. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi seralarında yürütülen çalışmaya ait görüntüler-I



Şekil 3.11. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi seralarında yürütülen çalışmaya ait görüntüler-II



Şekil 3.12. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi seralarında yürütülen çalışmaya ait görüntüler-III



Şekil 3.13. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi seralarında yürütülen çalışmaya ait görüntüler-IV



Şekil 3.14. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi seralarında yürütülen çalışmaya ait görüntüler-V



Şekil 3.15. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi seralarında yürütülen çalışmaya ait görüntüler-VI

4. ARAŞTIRMA SONUCU ve BULGULAR

Bu çalışmada üç farklı mikroorganizma (*Bacillus subtilis* 1×10^8 , *Bacillus pumilis* $5,7 \times 10^7$, *Lactobacillus casei* $2,9 \times 10^8$) ile birlikte çinkooksit nanopartikül içerikli formülasyonu (0, 20, 40 mg /l) olacak şekilde sera koşullarında uygulanarak bitkinin 90 günlük periyotta gelişme sürecine etkileri araştırılmıştır.

4.1. Bitkilerin Elementel İçerik Analiz Sonuçları

90 günlük yetiştirme periyodu sonucunda alınan üst aksam ve kök kısımları analiz yapılarak değerlendirilmiştir.

4.1.1. Saksı Bitkilerin Üst Aksam Analiz Sonuçları

Domates bitkisine ait sera denemesi sonucu hasat edilen bitki yapraklarının analizi sonucunda ortaya çıkan değerler Çizelge 4.3 de verilmiştir.

4.1.1.a. Domates Bitkisine Uygulanan Nano-Biyo Gübrenin Toplam Azot (N), Fosfor (P), Potasyum (K), Magnezyum (Mg) ve Kalsiyum (Ca) Üzerine Etkileri

Domates bitkisinin toplam azot içeriğine tüm uygulama grupları etki etmiş ve istatistiki açıdan kontrole göre oluşan fark önemli ($p \leq 0,05$) olmuştur. En yüksek azot miktarı *L. casei*(Nm24)+40 ZnNanops uygulaması (%6,12), *L. casei* (Nm24)+20 ZnNanops (%5,56), *L. Casei* (Nm24) (%5,23) şeklinde sıralanmıştır. ZnNanops, *B. Pumilis* (N1), *B. subtilis* (N28)+40 ZnNanops aynı grupta, *B. Subtilis* (N28), kontrol ile aynı grupta yer almıştır. *L. casei* (Nm24), *L. Casei* (Nm24)+40 ZnNanops da aynı grupta yer almıştır.

Çizelge 4.1. Bakteri uygulamaları, nanopartikül ve nano-bakteri uygulamalarının domates bitkisinin yaprak makro element (Toplam Azot, Fosfor, Kalsiyum, Potasyum, Magnezyum) üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları

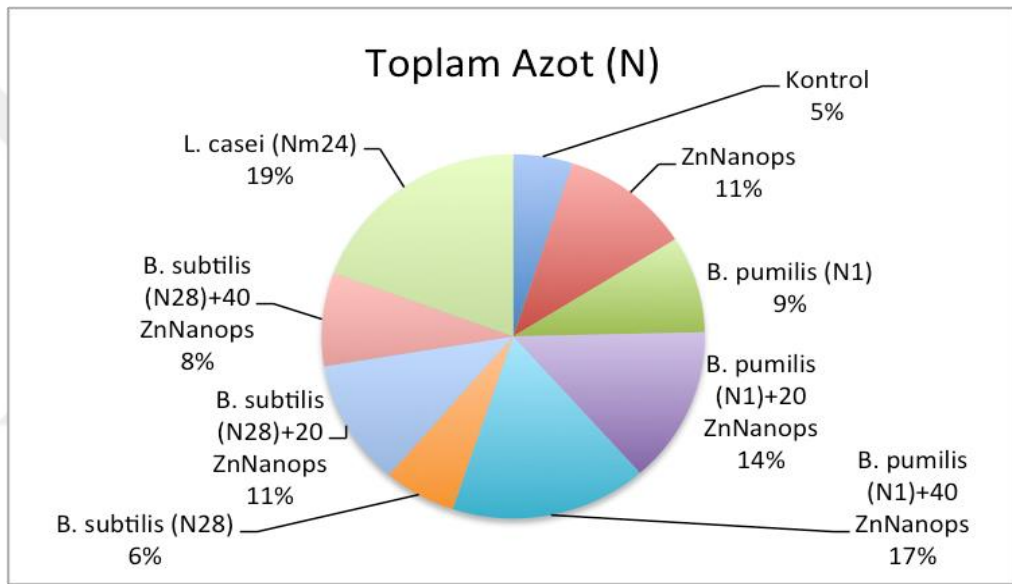
Varyasyon kaynakları	Toplam Azot (N)		Fosfor (P)		Potasyum (K)		Magnezyum (Mg)		Kalsiyum (Ca)	
	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Uygulamalar	239582,952	91,120*	0,248182	1965,496*	0,21	5098,715*	0,00	55,944	0,04	85,164*
Hata	2632		0,0540		0,03		0,0027		0,06	

*:p<0,05, KO: Kareler ortalaması, F: F değeri

Çizelge 4.2. Bakteri uygulamaları, nanopartikül ve nano-bakteri uygulamalarının domates bitkisinin makro element (Toplam Azot, Fosfor, Kalsiyum, Potasyum, Magnezyum) üzerine etkilerine ait analiz sonuçları

Uygulamalar	Tuz Ds/m	Toplam Azot (N) %	Magnezyum (Mg) mg/kg	Fosfor (P) (%)	Potasyum (K) (%)	Kalsiyum (Ca) (%)
Kontrol	50	1,96± 0,20c	0,159±0,001bc	0,3678± 0,038b	2,5232±0,0005d	0,81±0,005b
ZnNanops	50	2,98 ±0,12d	0,161*±0,0005bcd	0,3653*±0,0012a	2,6257±0,0001h	0,79*±0,004b
<i>B. pumilis</i> (N1)	50	2,32± 0,44d	0,156*±0,0015b	0,3866*±0,009c	2,5709±0,009f	0,8*±0,005b
<i>B. pumilis</i> (N1)+20 ZnNanops	50	3,75±0,22cd	0,152*±0,0005ab	0,3952*±0,0011d	2,776±0,0005ı	0,81*±0,003b
<i>B. pumilis</i> (N1)+40 ZnNanops	50	4,50±0,34	0,17±0,0025e	0,3856*±0,0013c	2,4635±0,0010c	0,84±0,004c
<i>B. subtilis</i> (N28)	50	1,65± 0,90c	0,192±0,0025f	0,4017±0,0013e	2,4332±0,0011a	0,87±0,003de
<i>B. subtilis</i> (N28)+20 ZnNanops	50	3,01±0,22cd	0,141±0,0040a	0,4291± 0,0011f	2,4457±0,0016b	0,882±0,005e
<i>B. subtilis</i> (N28)+40 ZnNanops	50	3,29 ± 0,56 ef	0,17±0,0005de	0,436±0,0023g	2,5943±0,0026g	0,881±0,003e
<i>L. casei</i> (Nm24)	50	5,23±0,12ab	0,172±0,0005e	0,4296±0,0012f	2,4394±0,0020a	0,86±0,005cd
<i>L. casei</i> (Nm24)+20 ZnNanops	50	5,56± 0,18ab	0,17±0,0005de	0,3712*±0,0013b	2,5215*±0,0017d	0,783±0,005a
<i>L. casei</i> (Nm24)+40 ZnNanops	50	6,12±0,76a	0,167*±0,0005cde	0,3857*±0,0011c	2,5608±0,0014e	0,866±0,005cde
Ortalama		2,55 ±0,21	0,1658±0,0007	0,39577±0,0012	2,5418±0,00157	0,8341±0,005

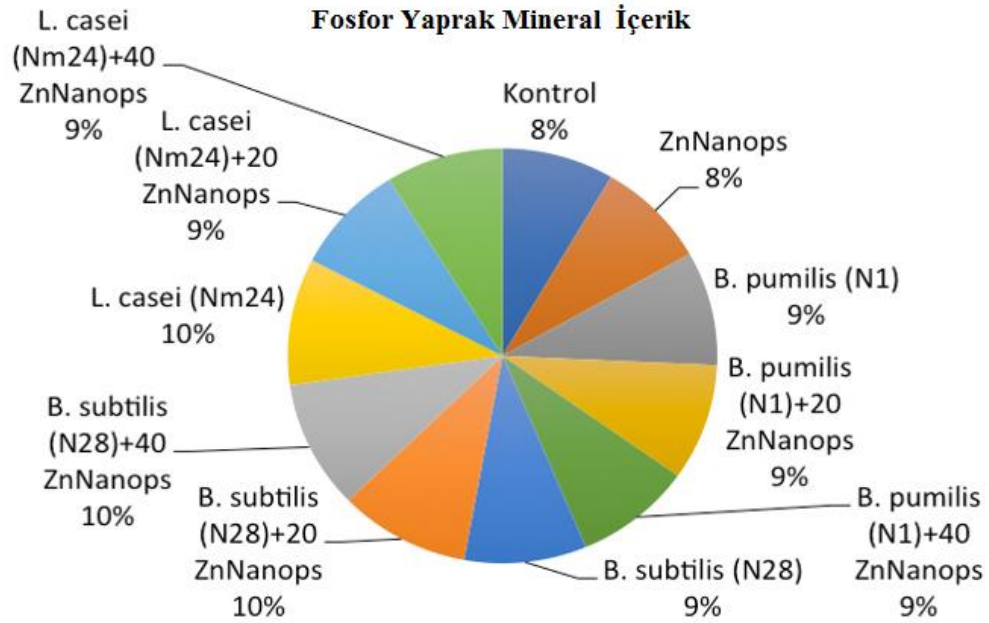
Domates bitkisinin toplam azot içeriğine tüm uygulama grupları etki etmiş ve istatistiki açıdan kontrole göre oluşan fark önemli ($p \leq 0,05$) olmuştur. En yüksek azot miktarı *L. casei*(Nm24)+40 ZnNanops uygulaması (%6,12), *L. casei* (Nm24)+20 ZnNanops (%5,56), *L. Casei* (Nm24) (%5,23) şeklinde sıralanmıştır. ZnNanops, *B. Pumilis* (N1), *B. subtilis* (N28)+40 ZnNanops aynı grupta, *B. Subtilis* (N28), kontrol ile aynı grupta yer almıştır. *L. casei* (Nm24), *L. Casei* (Nm24)+40 ZnNanops da aynı grupta yer almıştır.



Şekil 4.1. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin yaprak toplam azot (N) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği

Fosfor içeriği bakımından değerlendirildiğinde, *B. subtilis*(N28) +40 ZnNanops, *B. subtilis*(N28) +20 ZnNanops *B. Subtilis* (N28), *L. casei* (Nm24) uygulamaları istatistiki açıdan kontrole göre önemli($p \leq 0,05$) bulunurken diğer uygulamalar domates bitkisinin fosfor içeriğine etkisinin önemli($p \leq 0,05$) olmadığı tespit edilmiştir. Uygulamalar arasında en yüksek fosfor içeriğine sahip olan *B. Subtilis* (N28)+40 ZnNanops (%0,436) uygulaması olurken bu uygulamayı *L. casei* (Nm24) (%0,4296), *B. subtilis* (N28) +20 ZnNanops (%0,4291) uygulamaları takip etmiştir. *B. Pumilis* (N1), *B. Pumilis* (N1) + 40 ZnNanops uygulaması, *B. Subtilis* (N28)+20 ZnNanops, *L. casei* (Nm24) aynı grupta

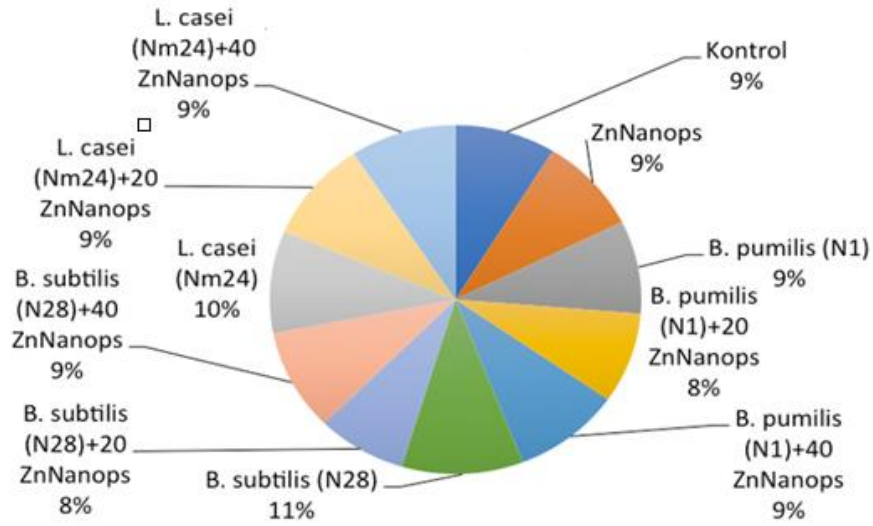
yer almıştır. *L. casei* (Nm24)+20 ZnNanops uygulaması ise kontrolle aynı grupta yer almıştır.



Şekil 4.2. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin yaprak Fosfor (P) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği

Magnezyum içeriği açısından ZnNanops, *L. casei* (Nm24)+40 ZnNanops, *B. Pumilis* (N1), *B. Pumilis* (N1)+20 ZnNanops uygulamaları hariç diğer tüm uygulamalar kontrole göre istatistiki açıdan önemli ($p \leq 0,05$) bulunmuştur. Uygulamalar arasında en yüksek magnezyum içeriği *B. Subtilis* (N28) uygulamasında (%0,192) olurken *L. casei* (Nm24) (%0,172) uygulaması takip etmiştir *B. Pumilis* (N1), *B. Pumilis* (N1) +20 ZnNanops, *B. Subtilis* (N28) +20 ZnNanops uygulaması kontrole kıyasla magnezyum içeriğini düşürmüştür. *B. subtilis* (N28)+40 ZnNanops, *L. casei* (Nm24)+20 ZnNanops, *L. casei* (Nm24)+40 ZnNanops uygulamaları aynı grupta yer almıştır.

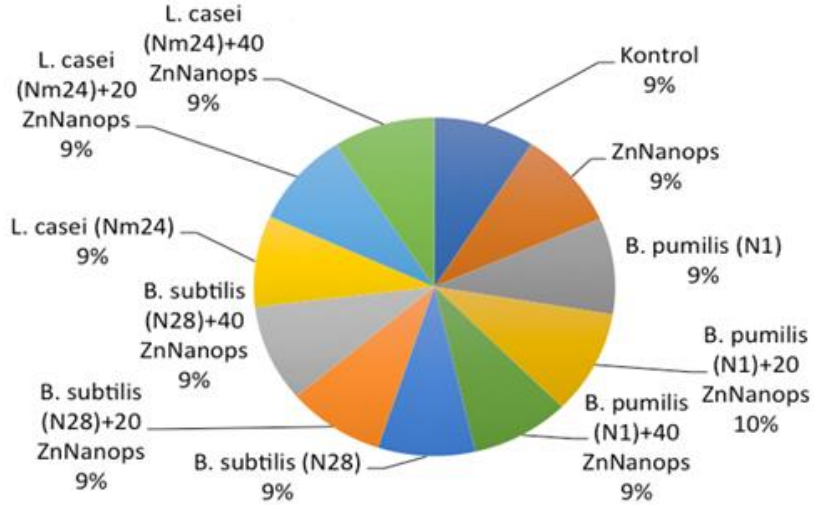
Bitki Yaprığında Magnezyum İçeriği



Şekil 4.3. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin yaprak Magnezyum (Mg) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği

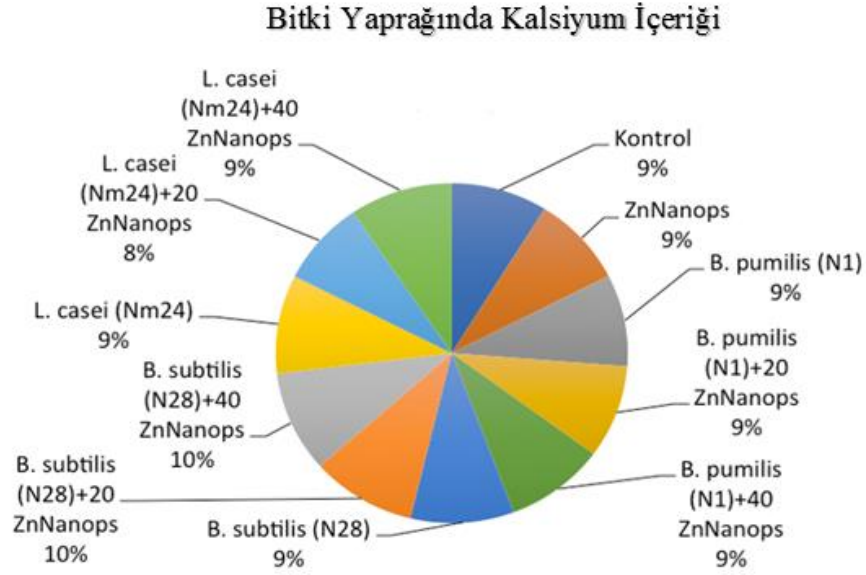
Potasyum içeriği açısından, kontrol grubunda potasyum yeterli iken *B. pumilis* (N1) +20 ZnNanops uygulamasıyla kontrole kıyasla oluşan artış istatistikî açıdan önemli ($p \leq 0,05$) bulunmuştur. En yüksek potasyum içeriği, *B. pumilis*(N1) +20 ZnNanops uygulaması ile (%2,776) ile elde edilirken ZnNanops (%2,6257), uygulaması takip etmiştir. *B. Subtilis* (N28) ile *L. casei* (Nm24), *L. casei* (Nm24)+20 ZnNanops uygulaması ile kontrol aynı grupta yer almıştır.

Bitki Yaprığında Potasyum İçeriği



Şekil 4.4. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin gövde yaprak Potasyum (K) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği

Kalsiyum içeriği açısından Kontrol, ZnNanops, *B. Pumilis* (N1), *B. Pumilis* (N1)+20 ZnNanops uygulamaları hariç diğer tüm uygulamalar istatistiki açıdan kontrole göre açıdan önemli ($p \leq 0,05$) bulunmuştur. Fakat uygulamaların etkisi bitkide kalsiyum yeterliliği açısından önemli olmamıştır. En yüksek kalsiyum içeriği *B. subtilis* (N28) +20 ZnNanops uygulaması (%0,882) bu uygulamanın akabinde *B. Subtilis* (N28)+40 ZnNanops uygulaması (%0,881) olarak takip etmiştir. *L. casei* (Nm24)+20 ZnNanops uygulaması kontrole kıyasla kalsiyum içeriğini azaltmıştır. Kontrol, ZnNanops, *B. Pumilis* (N1), *B. Pumilis* (N1)+20 ZnNanops uygulamaları ile *B. Subtilis* (N28)+20 ZnNanops, *B. Subtilis* (N28)+40 ZnNanops uygulamaları aynı grupta yer almıştır.



Şekil 4.5. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin yaprak Kalsiyum (Ca) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği

Çizelge 4.3. Bakteri uygulamaları, nanopartikül ve nano-bakteri uygulamalarının domates bitkisinin Kuru madde miktarı ve yaprak mineral içerik (Sodyum, Çinko, Demir) üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	Kuru Madde Miktarı (g)		Sodyum (Na)		Çinko (Zn)		Demir (Fe)	
	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Uygulamalar	2,76	540,15	15687527,500	313075,55*	20540,132	155,197*	108186,100	1086,005*
Hata	0,008		0,707		0,66		7,18	

*:p<0,05 KO: Kareler ortalaması, F: F değeri

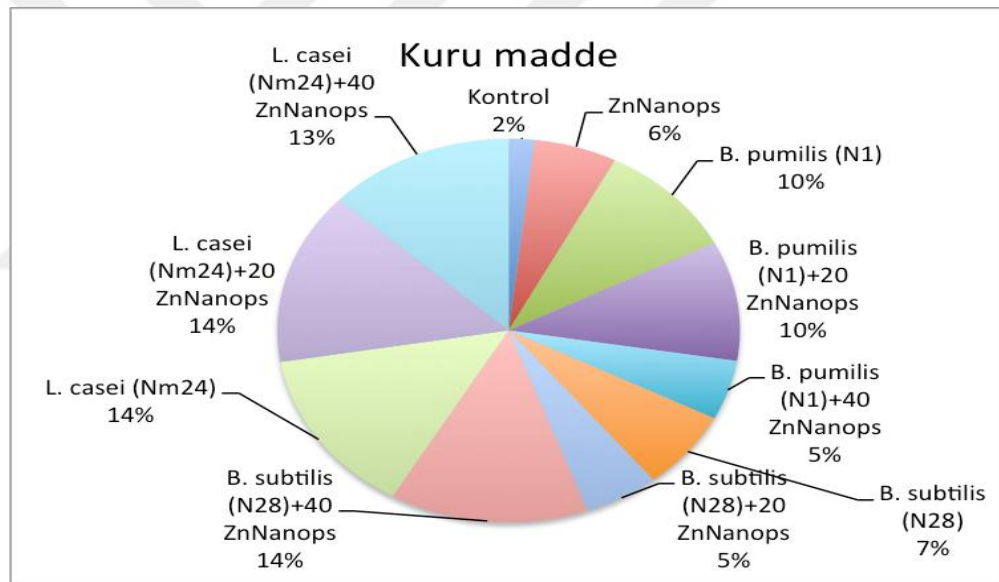
Çizelge 4.4. Bakteri uygulamaları, nanopartikül ve nano-bakteri uygulamalarının domates bitkisinin yaprak kuru madde miktarı ve mineral içerik (Sodyum, Çinko, Demir) üzerine etkilerine ait analiz sonuçları

Uygulamalar	Tuz dS/m	Kuru madde miktarı (g)	Sodyum (Na) mg/kg	Çinko (Zn) mg/kg	Demir (Fe) mg/kg
Kontrol	50	1,85 ± 0,10abc	778± 0,71e	38,77±0,1a	141,27±0,145b
ZnNanops	50	1,97 ± 1,14abc	742±0,73d	39,61*±0,1ab	143,69± 0,035c
<i>B. pumilis</i> (N1)	50	2,33 ± 0,20bcd	683±0,69a	43,89±0,05cd	144,26±0,350cd
<i>B. pumilis</i> (N1)+20 ZnNanops	50	2,39± 0,16 e	605±0,75c	40,85±0,15b	155,71±0,1f
<i>B. pumilis</i> (N1)+40 ZnNanops	50	2,19 ± 0,06bcd	805±0,72b	43,52±0,045cd	144,79±0,250cd
<i>B. subtilis</i> (N28)	50	1,19 ± 0,08a	921±0,76f	44,32±0,2de	131,1±0,40a
<i>B. subtilis</i> (N28)+20 ZnNanops	50	1,5733±0,288d	612±0,69l	45,53±0,1e	148,28±0,185e
<i>B. subtilis</i> (N28)+40 ZnNanops	50	1,24 ± 0,36 cd	694±0,71k	47,87±0,1f	143,39± 0,130c
<i>L. casei</i> (Nm24)	50	2,50 ± 0,56 ef	757±0,59ı	47,42±0,05f	145,75±0,1d
<i>L. casei</i> (Nm24)+20 ZnNanops	50	2,57 ±0,54ef	720±0,62h	42,8±0,1c	149,15±0,15e
<i>L. casei</i> (Nm24)+40 ZnNanops	50	2,65 ± 0,12ef	726±0,64g	38,22*±0,78a	149,17± 0,29g
Ortalama		1,86 ± 0,28e	731,68 ±0,65	430,95±0,18	146,1818±0,19

*Uygulama grupları arasında kontrole göre oluşan fark önemli ($p \leq 0,05$) değildir.

4.1.1.b. Domates Bitkisine Uygulanan Nano-Biyo Gübrenin Yaprak Kuru Madde, Sodyum (Na) Çinko (Zn) Ve Demir (Fe) Üzerine Etkileri

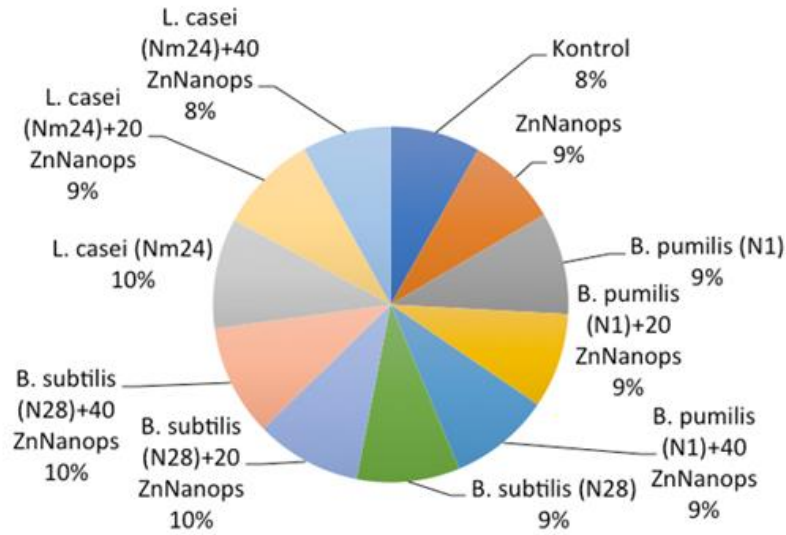
Yapılan uygulamalar sonucunda domates bitkisine ait kuru madde miktarı tüm uygulama gruplarında istatistiki olarak kontrole göre önemli bulunmuştur ($p \leq 0,05$). En yüksek kuru madde miktarı *Lactobasillus casei* (Nm24) +20 ZnNanops uygulamasında (2,65 g/bitki) tespit edilmiştir. Bu uygulamayı *Basillus subtilis* (N28) + 40 ZnNanops uygulaması (2,57 g/bitki) olarak takip etmiştir. *Basillus subtilis* (N28) + 40 ZnNanops, *L. casei* (Nm24), *L. casei* (Nm24)+20 ZnNanops uygulamaları aynı grupta yer almıştır.



Şekil 4.6. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin yaprak kuru madde miktarı üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği

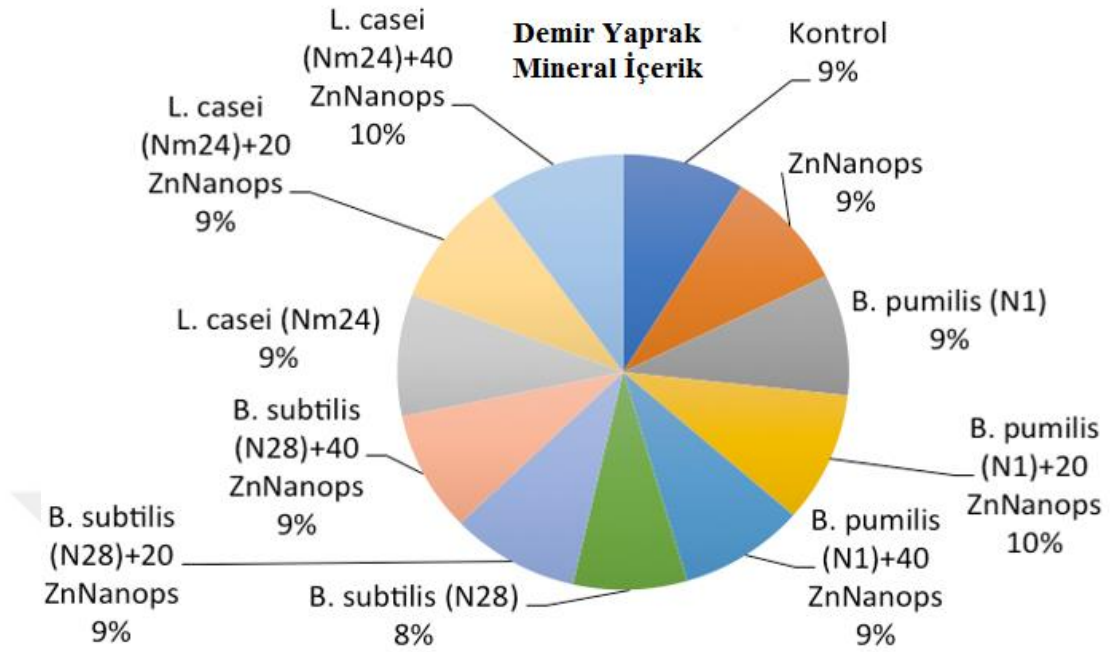
Çinko içeriği açısından ZnNanops, *L. casei* (Nm24)+40 ZnNanops uygulamaları dışındaki tüm uygulamalar istatistiki açıdan önemlidir ($p \leq 0,05$). En yüksek çinko içeriği *B. Subtilis* (N28) +40 ZnNanops (47,87 mg/kg-bitki) uygulamasında görülürken, bu uygulamayı *L. casei* (Nm24) (47,42 mg/kg-bitki), *B. subtilis* (N28) +20 ZnNanops (45,43 mg/kg-bitki) olacak şekilde sıralanmıştır. *B. pumilis* (N1), *B. pumilis* (N1) + 40 ZnNanops ile aynı, *B. subtilis* (N28)+40 ZnNanops, *L. casei*(Nm24) uygulamaları aynı grupta yer almıştır.

Bitki Yaprakında Çinko İçeriği



Şekil 4.7. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin yaprak Çinko(Zn) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği

Demir içeriği istatistiki açıdan kontrole göre tüm uygulama gruplarında önemli ($p \leq 0,05$) bulunmuştur. En yüksek demir içeriği *B. pumilis* (N1) + 20 ZnNanops (155,71 mg/kg), de görülürken *L. casei* (Nm24)+20 ZnNanops (149,17 mg/kg-bitki), olacak şekilde sıralanmıştır. Diğer uygulamaların *B. subtilis* (N28) demir içeriğini kontrole göre azalttığı görülmüş fakat bu azalış istatistiki açıdan önemsizdir. *B. subtilis* (N28)+40 ZnNanops, ZnNanops ile, *B. pumilis* (N1)+40 ZnNanops, *B. pumilis* (N1) ile *B. subtilis* (N28)+20 ZnNanops, *L. casei* (Nm24)+20 ZnNanops ile aynı grupta yer almıştır.



Şekil 4.8. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin yaprak Demir (Fe) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği

Çizelge 4.5. Bakteri uygulamaları, nanopartikül ve nano-bakteri uygulamalarının domates bitkisinin yaprakta mikro element (Mangan, Bakır, Bor) üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	Mangan (Mn)		Bakır (Cu)		Bor (B)	
	KO	F	KO	F	KO	F
Uygulamalar	27062,069	394,551*	32686,072	452,59*	9225,055	167,422*
Hata	3,59		3,95		2,10	

*:p<0,05, KO: Kareler ortalaması, F: F değeri

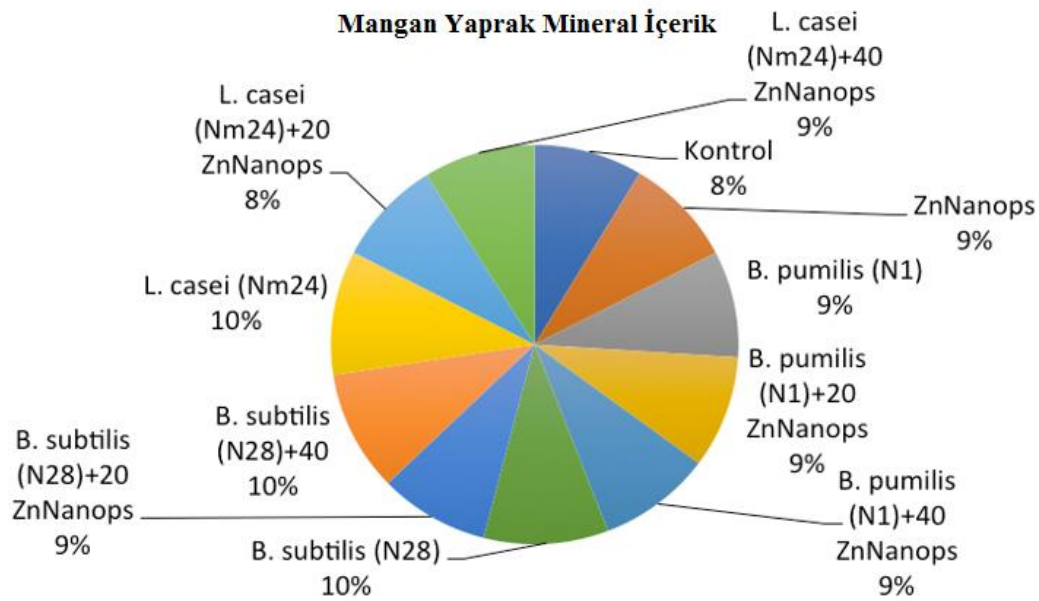
Çizelge 4.6. Bakteri uygulamaları, nanopartikül ve nano-bakteri uygulamalarının domates bitkisinin yaprakta mikro element(Mangan, Bakır, Bor) üzerine etkilerine ait analiz sonuçları

Uygulamalar	Tuz dS/m	Mangan (Mn) mg/kg	Bakır (Cu) mg/kg	Bor (B) mg/kg
Kontrol	50	55,8±0,106ab	63,76±0,148d	15,07±0,141b
ZnNanops	50	57,02±0,127c	60,99±0,304a	16,02±0,127cd
<i>B. pumilis</i> (N1)	50	55,8*±0,707ab	61,57±0,007ab	17,08±0,509ef
<i>B. pumilis</i> (N1)+20 ZnNanops	50	59,02±0,127d	67,62±0,127e	17,84±0,254f
<i>B. pumilis</i> (N1)+40 ZnNanops	50	58,38±0,282d	61,78±0,141bc	19,52±0,190e
<i>B. subtilis</i> (N28)	50	64,15±0,424ef	62,92*±0,113cd	19,71±0,381f
<i>B. subtilis</i> (N28)+20 ZnNanops	50	56,74*±0,141bc	73,12±0,466g	13,17±0,707a
<i>B. subtilis</i> (N28)+40 ZnNanops	50	63,22±0,424e	68,4±0,142e	20,59±0,042f
<i>L. casei</i> (Nm24)	50	65,27±0,212f	61,09±0,572ab	17,67±0,0636e
<i>L. casei</i> (Nm24)+20 ZnNanops	50	55,05*± 0,424a	68,88±0,145f	15,46* ±0,127bc
<i>L. casei</i> (Nm24)+40 ZnNanops	50	57,55±0,141c	63,56*±,212d	16,85±0,190de
Ortalama	50	59,0505±0,191	64,880±0,1548	17,184 ± 1,87

*Uygulama grupları arasında kontrole göre oluşan fark önemli ($p \leq 0,05$) değildir.

4.1.1.c. Domates Bitkisine Uygulanan Nano - Biyo Gübrenin Yaprakta Mangan (Mn), Bakır (Cu), Bor (B) Üzerine Etkileri

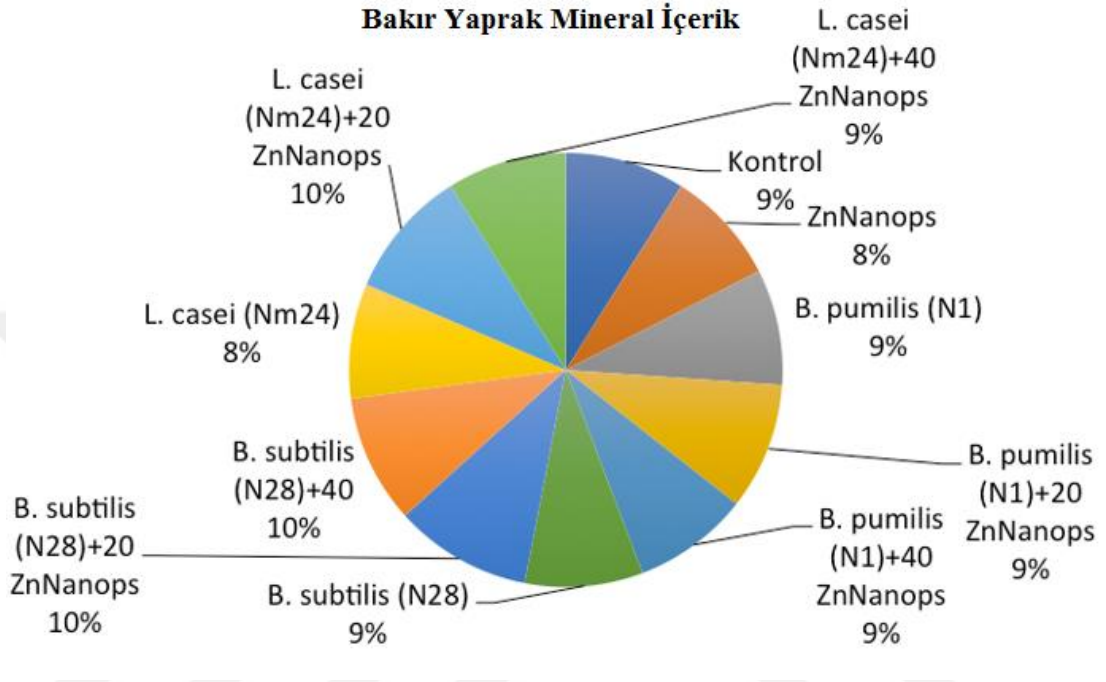
Mangan içeriği açısından *B. pumilis* (N1), *B. subtilis* (N28)+20 ZnNanops, *L. casei*(Nm24)+20 ZnNanops uygulamaları hariç diğer uygulamalar istatistiki açıdan önemlidir ($p \leq 0,05$). En yüksek mangan içeriği, *L. casei* (Nm24) (65,27 mg/kg-bitki), *B. subtilis*(N28) (64,15 mg/kg-bitki) olmuştur. Bu uygulamaları *B. pumilis*(N1)+40 ZnNanops (241,44 mg/kg-bitki) takip etmiştir. *B. pumilis* (N1) kontrol ile *B. pumilis* (N1)+20 ZnNanops *B. pumilis* (N1)+40 ZnNanops ile *L. casei* (Nm24)+40 ZnNanops, ZnNanops uygulaması ile aynı grupta yer almıştır.



Şekil 4.9. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin yaprak Mangan (Mn) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği

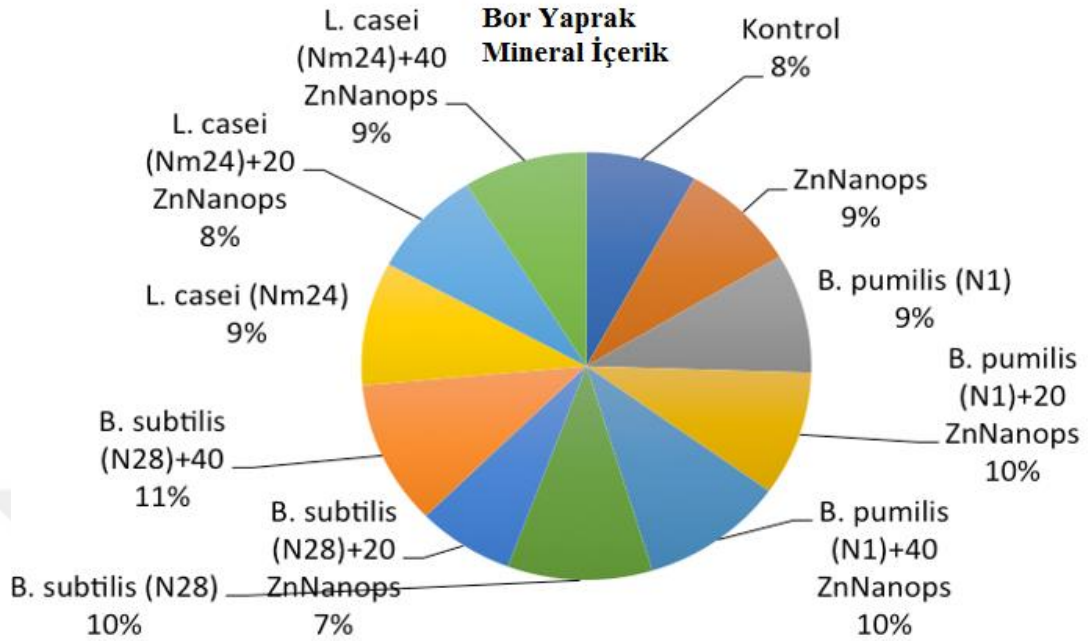
Bakır içeriği açısından yapılan uygulamalar sonucunda *B. subtilis* (N28), *L. casei* (Nm24)+40 ZnNanops uygulaması dışındaki tüm uygulamalar istatistiki açıdan önemlidir ($p \leq 0,05$). En yüksek bakır içeriği *B. subtilis* (N28)+20 ZnNanops(73,12 mg/kg-bitki) uygulamasında olurken bu uygulamayı *L. casei* (Nm24)+20 ZnNanops (68,88 mg/kg-bitki) uygulaması takip etmiştir. *L. casei* (Nm24)+40 ZnNanops, kontrol

ile, *B. pumilis* (N1)+20 ZnNanops, *B. subtilis* (N28)+40 ZnNanops ile, *B. pumilis* (N1), *L. casei* (Nm24) ile aynı grupta yer almıştır.



Şekil 4.10. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin yaprak bakır (Cu) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği

Bor içeriği açısından *L. casei* (Nm24)+20 ZnNanops uygulaması hariç tüm uygulamalar kontrole kıyasla istatistiki açıdan önemli ($p \leq 0,05$) bulunmuştur. En yüksek bor içeriği *B. subtilis* (N28) + 40 ZnNanops uygulaması (20,59 mg/kg-bitki) elde edilirken bunu, *B. subtilis* (N28), uygulaması (19,71 mg/kg-bitki) ve *B. pumilis* (N1)+40 ZnNanops (19,52 mg/kg-bitki) uygulaması izlemiştir. *B. pumilis* (N1)+20 ZnNanops, *B. subtilis* (N28)+20 ZnNanops, *B. subtilis* (N28)+20 ZnNanops ile aynı gruba girmiştir.



Şekil 4.11. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin yaprak Bor(B) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği

4.1.2. Domates bitkisi kök aksamı analiz sonuçları

Domates bitkisine uygulanan nano-biyo gübrenin kök aksamında makro element (fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum) içerikleri üzerine etkilerini gösteren sonuçlar gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. Bakteri uygulamaları, nanopartikül ve nano-bakteri uygulamalarının domates bitkisinin kök aksamında makro element (Fosfor, Kalsiyum, Potasyum, Magnezyum) üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	Fosfor (P)		Potasyum (K)		Kalsiyum (Ca)		Magnezyum (Mg)	
	KO	F	KO	KO	F	F	KO	F
Uygulamalar	0,01	1459,334*	0,79	0,04	83,398*	132,036	0,01	1051,400
Hata	0,05		0,04	0,046	0,056		0,02	

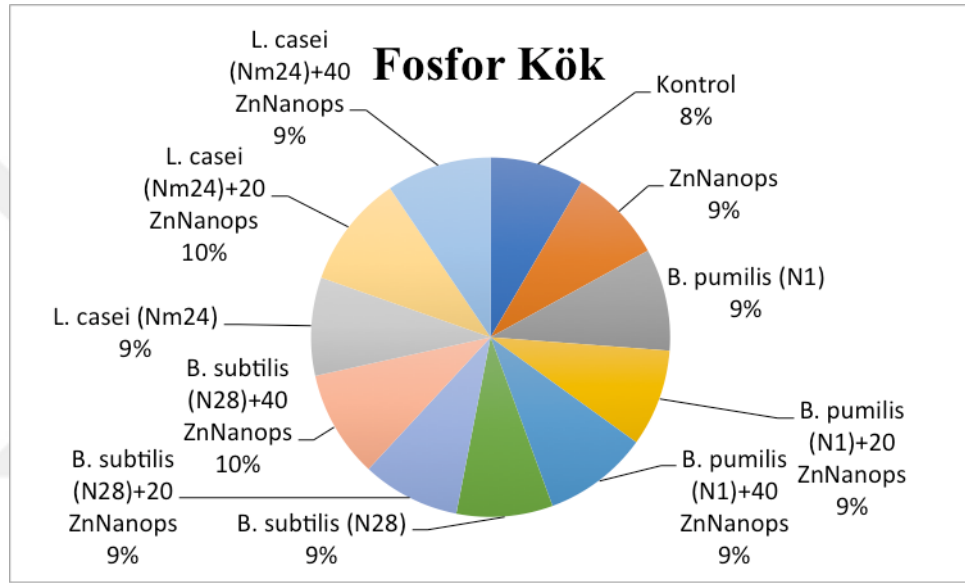
*:p<0,05,, KO: Kareler ortalaması, F: F değeri

Çizelge 4.8. Bakteri uygulamaları, nanopartikül ve nano-bakteri uygulamalarının domates bitkisinin kök aksamında makro element (Magnezyum, Fosfor, Kalsiyum, Potasyum) üzerine etkilerine ait analiz sonuçları

Uygulamalar	Tuz dS/m	Fosfor (P) %	Potasyum (K) %	Kalsiyum (Ca) %	Magnezyum (Mg) %
Kontrol	50	0,3892±0,01a	2,620±0,007d	0,828±0,07b	0,147±0,003bc
ZnNanops	50	0,3945±0,01b	2,810±0,003e	0,864±0,08d	0,151±0,003d
<i>B. pumilis</i> (N1)	50	0,4238±0,01d	2,880±0,003e	0,778±0,07a	0,165±0,003de
<i>B. pumilis</i> (N1)+20 ZnNanops	50	0,4029±0,002c	2,4758±0,007bc	0,876±0,075c	0,188±0,011f
<i>B. pumilis</i> (N1)+40 ZnNanops	50	0,4358±0,01e	2,590*±0,035d	0,870±0,07d	0,168±0,012e
<i>B. subtilis</i> (N28)	50	0,4000±0,01c	2,650*±0,008d	0,869±0,06c	0,144*±0,014b
<i>B. subtilis</i> (N28)+20 ZnNanops	50	0,4070±0,01c	2,210±0,07a	0,883±0,07c	0,147*±0,002cd
<i>B. subtilis</i> (N28)+40 ZnNanops	50	0,4451±0,01g	2,336±0,06b	0,923±0,09d	0,207±0,001g
<i>L. casei</i> (Nm24)	50	0,4072±0,01d	2,512*±0,07d	0,828*±0,07b	0,161±0,001e
<i>L. casei</i> (Nm24)+20 ZnNanops	50	0,4683±0,01h	2,595*±0,004d	0,911±0,08d	0,151±0,003d
<i>L. casei</i> (Nm24)+40 ZnNanops	50	0,4359±0,01f	2,442±0,003c	0,942±0,07d	0,135±0,020a
Ortalama		0,4188±0,01	2,534±0,06	0,8671±0,06	0,160±0,001

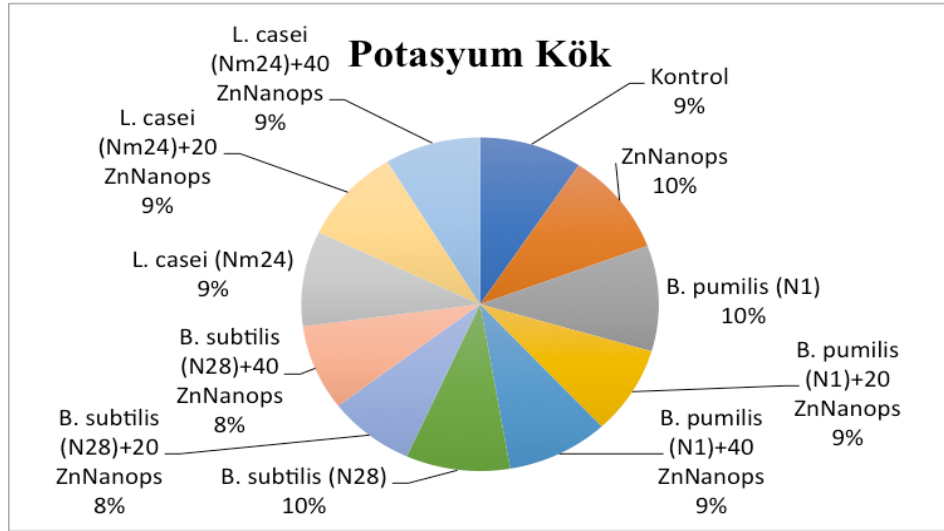
*Uygulama grupları arasında kontrole göre oluşan fark önemli ($p \leq 0,05$) değildir.

Domates bitkisinin kök aksamında yapılan tüm uygulamaların oluşturduğu fark fosfor içeriği açısından önemlidir ($p \leq 0,05$). En düşük fosfor içeriği kontrol (0,3892 % bitki), en yüksek fosfor içeriği *L. casei* (Nm24)+20 ZnNanops (0,4683 % bitki) uygulamasında olmuştur. Bu durumu *L. casei* (Nm24)+40 ZnNanops (0,4359 % bitki) izlemiştir. *B. subtilis* (N28), *B. subtilis* (N28)+20 ZnNanops, *B. pumilis* (N1)+20 ZnNanops ile aynı *B. pumilis* (N1), *L. casei* (Nm24) ile aynı grupta yer almıştır.



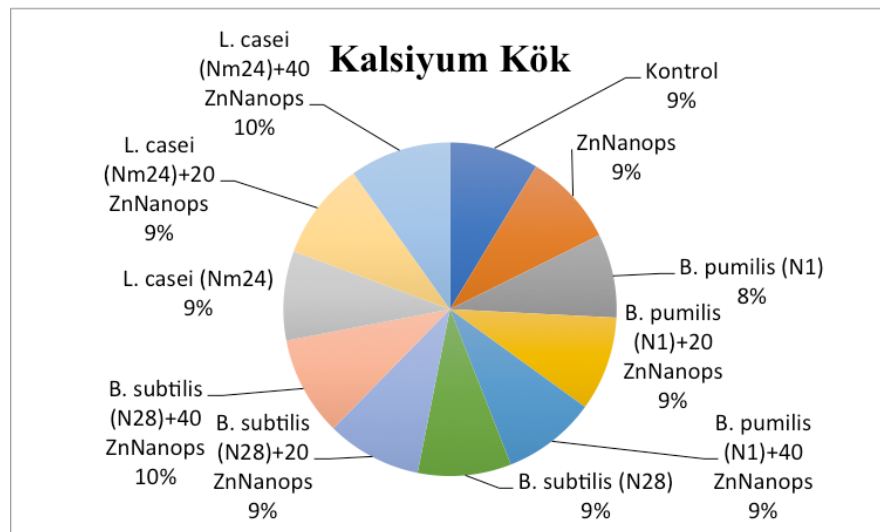
Şekil 4.12. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin kök aksamının fosfor (P) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği

Potasyum içeriği açısından *B. Pumilis* (N1)+40 ZnNanops, *B. Subtilis* (N28), *L. casei* (Nm24), *L. casei* (Nm24)+20 ZnNanops uygulamaları hariç tüm uygulamalar istatistiki açıdan önemli ($p \leq 0,05$) bulunmuştur. En yüksek potasyum içeriği (2,880 % bitki) de görülürken bunu ZnNanops grubu (2,810 %-bitki) olacak şekilde izlemiştir. En düşük potasyum içeriği *B. Subtilis* (N28)+20 ZnNanops (2,210 % bitki) uygulaması olmuştur. ZnNanops, *B. pumilis* (N1) ile kontrol, *B. pumilis* (N1)+40 ZnNanops, *B. subtilis* (N28), *L. Casei* (Nm24), *L. casei* (Nm24)+20 ZnNanops ile aynı grupta yer almıştır.



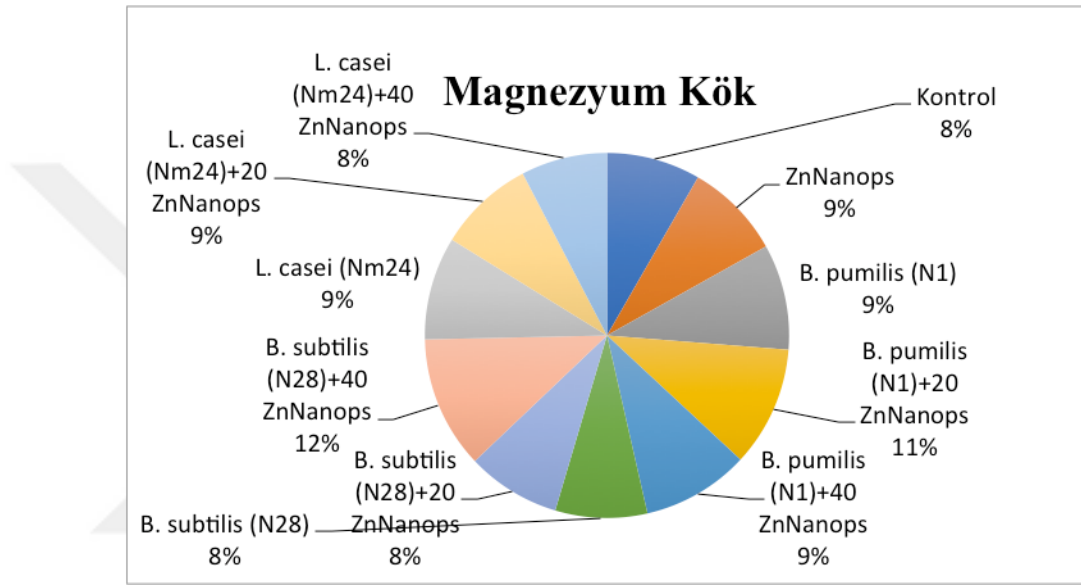
Şekil 4.13. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin kök aksamının Potasyum (K) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği

Kalsiyum miktarı bakımından domates bitkisinin kök aksamının incelendiğinde diğer tüm uygulamalar istatistiki açıdan önemlidir ($p \leq 0,05$). En yüksek kalsiyum içeriği *L. casei* (Nm24)+40 ZnNanops grubunda (0,942 % bitki) olarak hesaplanmıştır. En düşük kalsiyum içeriği *B. pumilis* (N1) (0,778 % bitki) görülmüştür. ZnNanops, *B. pumilis* (N1)+40 ZnNanops, *L. casei* (Nm24)+20 ZnNanops, *L. casei* (Nm24)+40 ZnNanops uygulamaları aynı grupta *L. casei* (Nm24), kontrol aynı grupta yer almıştır.



Şekil 4.14. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin kök aksamının kalsiyum (Ca) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği

Magnezyum miktarı bakımından domates bitkisinin kök aksamının incelendiğinde *B. subtilis* (N28) *B. subtilis* (N28)+20 ZnNanops uygulamaları hariç diğer tüm uygulamalar istatistiki açıdan önemlidir ($p \leq 0,05$). En yüksek magnezyum *B. subtilis* (N28)+40 ZnNanops grubunda (0,207 % bitki) olarak hesaplanmıştır. En düşük magnezyum içeriği *L. casei* (Nm24)+40 ZnNanops (0,135 % bitki) görülmüştür.



Şekil 4.15. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin kök aksamının magnezyum (Mg) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği

ZnNanops, *B. pumilis* (N1)+40 ZnNanops, *L. casei* (Nm24)+20 ZnNanops, *L. casei* (Nm24)+40 ZnNanops uygulamaları aynı grupta *L. casei* (Nm24), kontrol aynı grupta yer almıştır. *L. casei* (Nm24)+20 ZnNanops ile ZnNanops aynı grupta yer almıştır.

Çizelge 4.9. Bakteri uygulamaları, nanopartikül ve nano-bakteri uygulamalarının domates bitkisinin kök aksamında mineral içerik (Sodyum, Çinko, Demir) üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	Demir (Fe)		Sodyum (Na)		Çinko (Zn)	
	KO	F	KO	F	KO	F
Uygulamalar	275613,180	1533,701*	3386450956,182	602,766*	10133,029	346,469*
Hata	0,353		18,78		0,17	

*:p<0,05, KO: Kareler ortalaması, F: F değeri

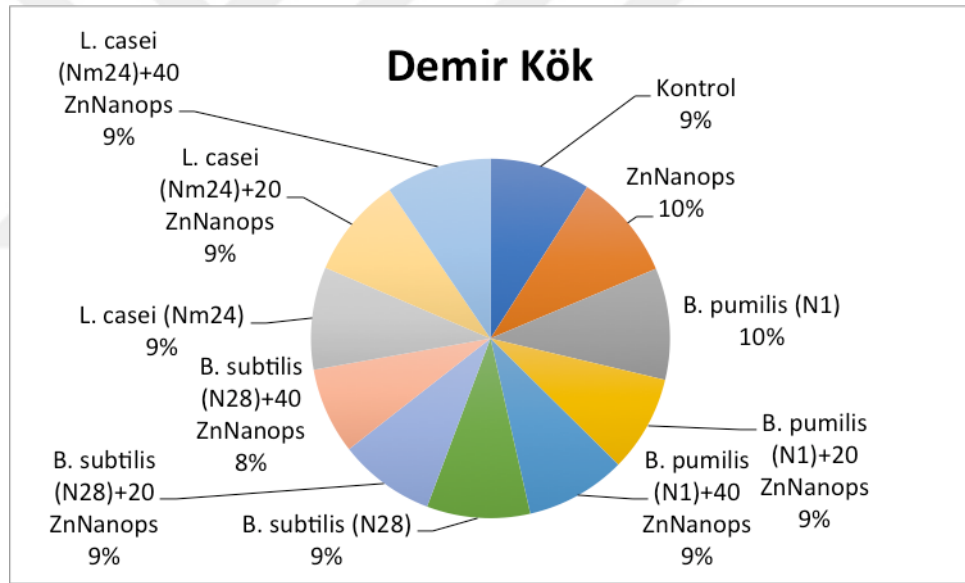
Çizelge 4.10. Bakteri uygulamaları, nanopartikül ve nano-bakteri uygulamalarının domates bitkisinin kök aksamında mineral içerik (Sodyum, Çinko, Demir) üzerine etkilerine ait analiz sonuçları

Uygulamalar	Tuz dS/m	Sodyum (Na) mg/kg	Çinko (Zn) mg/kg	Demir (Fe) mg/kg
Kontrol	50	629±4,24c	44,68±0,20c	154,25±0,63c
ZnNanops	50	580±3,53b	43,96*±0,09bc	163,63±0,21e
<i>B. pumilis</i> (N1)	50	535±7,07a	45,40±0,35d	171,19±0,33f
<i>B. pumilis</i> (N1)+20 ZnNanops	50	945±21,21g	43,69±0,07b	147,85±0,35b
<i>B. pumilis</i> (N1)+40 ZnNanops	50	591±2,82b	46,55±0,07e	154,12*±0,56c
<i>B. subtilis</i> (N28)	50	629*±1,41c	46,16±0,282e	158,62±0,37d
<i>B. subtilis</i> (N28)+20 ZnNanops	50	700±7,07d	48,04±0,141g	148,08±0,07b
<i>B. subtilis</i> (N28)+40 ZnNanops	50	825±3,53f	41,54±0,142a	132,39±0,28a
<i>L. casei</i> (Nm24)	50	787±1,41e	41,58±0,098a	157,30±0,07d
<i>L. casei</i> (Nm24)+20 ZnNanops	50	677±0,707d	45,32±0,007d	154,16*±0,06c
<i>L. casei</i> (Nm24)+40 ZnNanops	50	585±3,53f	50,05±0,008a	161,96±0,085a
Ortalama	50	705,36±3,46	44,44±0,12	152,29±0,45

*Uygulama grupları arasında kontrole göre oluşan fark önemli ($p \leq 0,05$) değildir.

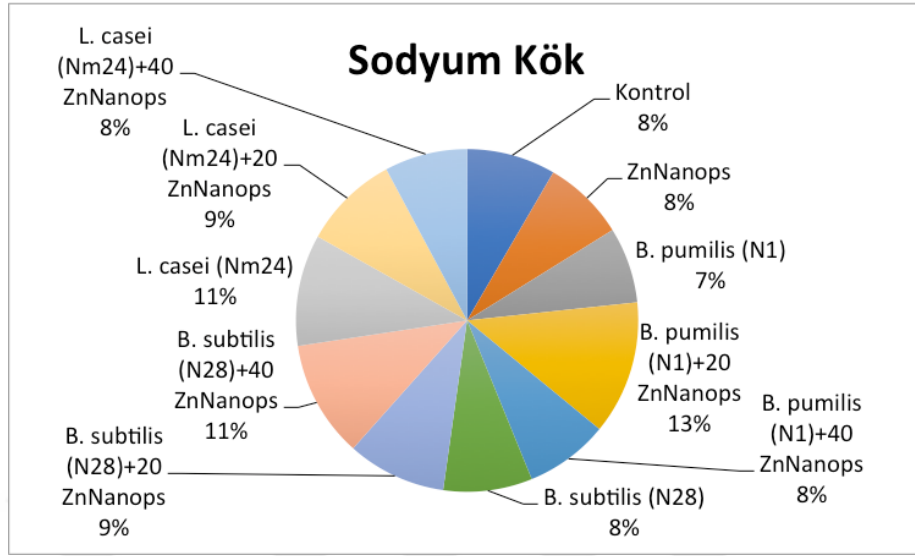
4.1.2.a. Domates Bitkisine Uygulanan Nano-Biyo Gübrenin Kök Aksamında Mineral İçerik (Sodyum, Çinko, Demir) İçerikleri Üzerine Etkileri

Demir içeriği açısından ZnNanops ve *L. casei* (Nm24)+20 ZnNanops uygulaması dışındaki uygulamaların istatistiki açıdan oluşturduğu fark önemlidir ($p \leq 0,05$). En yüksek demir içeriği ZnNanops (163,63 mg/kg-bitki) olmuştur. En düşük demir içeriği *B. subtilis* (N28)+40 ZnNanops (132,39 mg/kg-bitki) ve *B. pumilis* (N1)+20 ZnNanops (147,83 mg/kg-bitki) olarak hesaplanmıştır. *B. pumilis*(N1)+40 ZnNanops, *L. casei* (Nm24)+20 ZnNanops, kontrol ile *B. pumilis* (N1)+20 ZnNanops, *B. subtilis* (N28)+20 ZnNanops ile aynı grupta yer almıştır.



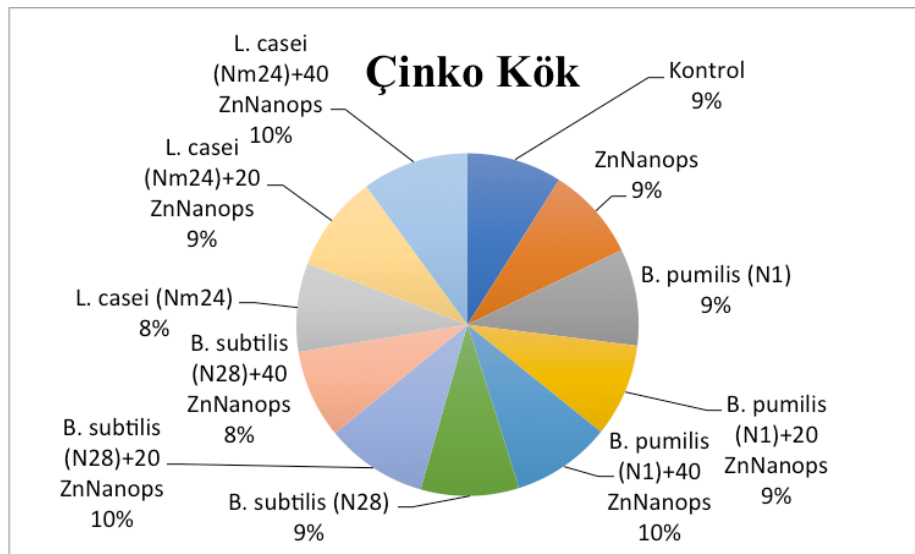
Şekil 4.17. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin kök aksamının demir (Fe) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği

Sodyum içerikleri açısından *B. subtilis* (N28) uygulaması hariç tüm grupların kontrole göre oluşturduğu fark istatistiki olarak önemlidir ($p \leq 0,05$). En yüksek sodyum içeriği *B. pumilis* (N1)+20 ZnNanops (945 mg/kg- bitki) ve *B. subtilis* (N28)+40 ZnNanops(825 mg/kg- bitki) görülmüştür. En düşük sodyum içeriği *B. pumilis* (N1) (535 mg/kg- bitki), uygulaması ile tespit edilmiştir. *B. subtilis* (N28), Kontrol ile *B. subtilis* (N28)+20 ZnNanops, *L. casei*(Nm24)+20 ZnNanops aynı grupta yer almıştır.



Şekil 4.18. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin kök aksamının sodyum (Na) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği

Çinko içerikleri açısından ZnNanops uygulaması hariç tüm grupların kontrole göre oluşturduğu fark istatistiki olarak önemlidir ($p \leq 0,05$). En yüksek çinko içeriği, *L. casei* (Nm24)+40 ZnNanops (50,05 mg/kg- bitki) görülmüştür. *B. subtilis* (N28)+40 ZnNanops, *L. casei* (Nm24), *L. casei* (Nm24)+40 ZnNanops ile aynı, *B. pumilis* (N1)+40 ZnNanops *B. subtilis* (N28) grupta yer almıştır.



Şekil 4.11. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin kök aksamının Çinko (Zn) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği

Çizelge 4.12. Bakteri uygulamaları, nanopartikül ve nano-bakteri uygulamalarının domates bitkisinin kök aksamında mikro element (Mangan, Bakır, Bor) üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	Mangan (Mn)		Bakır (Cu)		Bor (B)	
	KO	F	KO	F	KO	F
Uygulamalar	46173,033	1416,363*	141670	3899,18*	16547,027	602,420*
Hata	0,35		0,18		0,26	

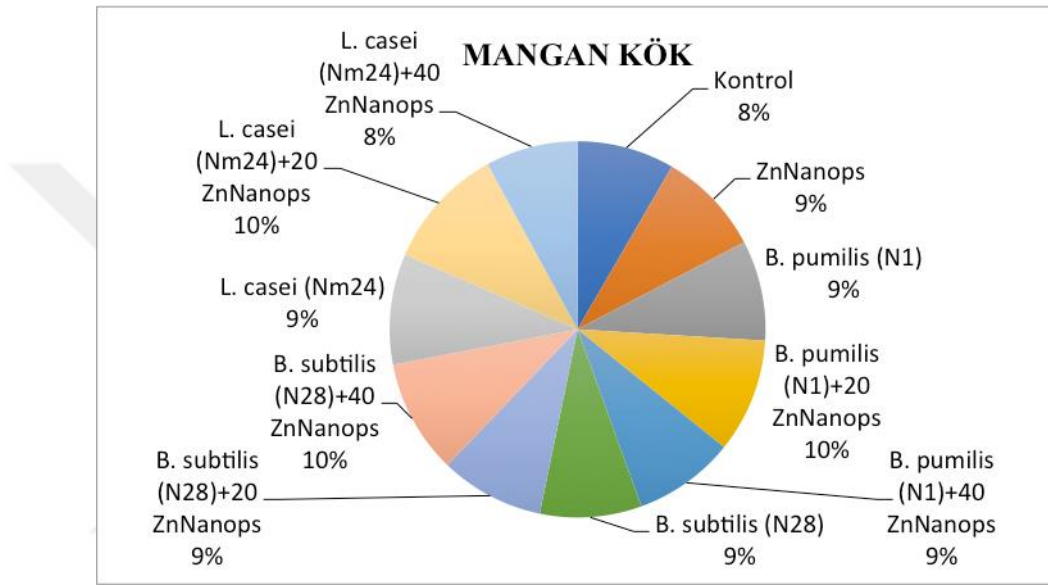
*:p<0,05, KO: Kareler ortalaması, F: F değeri

Çizelge 4.13. Bakteri uygulamaları, nanopartikül ve nano-bakteri uygulamalarının domates bitkisinin kök aksamında mikro element (Mangan, Bakır, Bor) üzerine etkilerine ait analiz sonuçları

Uygulamalar	Tuz dS/m	Mangan (Mn) mg/kg	Bakır (Cu) mg/kg	Bor (B) mg/kg
Kontrol	50	53,34±0,07b	69,69±0,01e	15,69±0,07b
ZnNanops	50	57,15±0,07e	72,64±0,05g	18,06±0,05e
<i>B. pumilis</i> (N1)	50	54,95±1,41c	75,47±0,1h	20,10±0,02f
<i>B. pumilis</i> (N1)+20 ZnNanops	50	62,50± 0,03g	62,10±0,125c	14,33±0,05a
<i>B. pumilis</i> (N1)+40 ZnNanops	50	55,60± 0,17d	87,58±0,15ı	21,97±0,15g
<i>B. subtilis</i> (N28)	50	55,74± 0,02cd	68,36±0,1d	18,42±0,1e
<i>B. subtilis</i> (N28)+20 ZnNanops	50	57,02± 0,05e	71,87±0,05f	16,24±0,21c
<i>B. subtilis</i> (N28)+40 ZnNanops	50	65,23±0,22g	57,24±0,05a	16,27±0,19d
<i>L. casei</i> (Nm24)	50	60,59±0,21f	60,39±0,08b	19,13±0,03f
<i>L. casei</i> (Nm24)+20 ZnNanops	50	67,25±0,05h	74,28±3,5h	24,48±0,15ı
<i>L. casei</i> (Nm24)+40 ZnNanops	50	50,68±0,22a	75,26±0,06h	18,52±0,04e
Ortalama		57,9091 ± 0,23	70,44 ±0,067	18,66±0,09

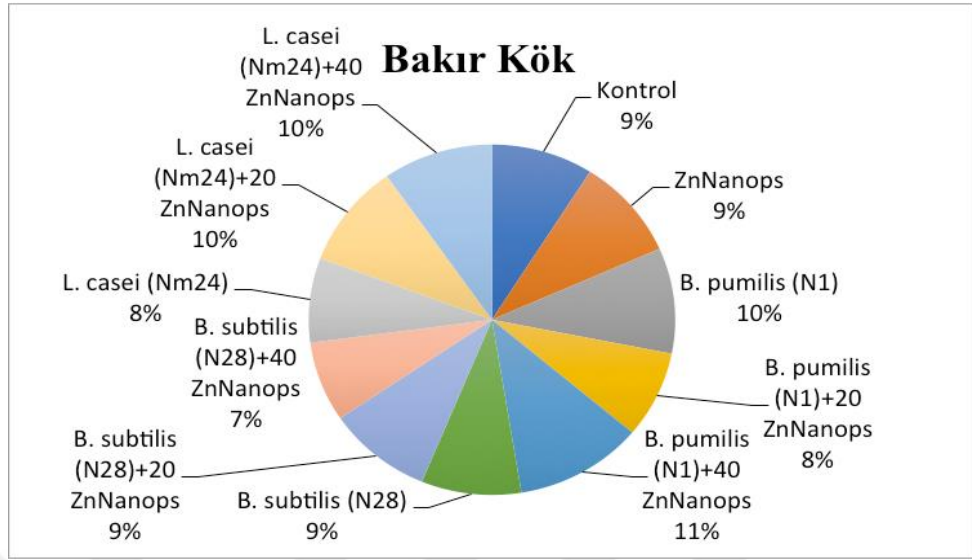
*Uygulama grupları arasında kontrole göre oluşan fark önemli (p≤0,05) değildir.

Mangan içerikleri açısından tüm grupların kontrole göre oluşturduğu fark istatistiki açıdan önemlidir ($p \leq 0,05$). En yüksek mangan içeriği *L. casei* (Nm24)+20 ZnNanops (67,25 mg/kg-bitki) olurken, en düşük mangan içeriği de *L. casei* (Nm24)+40 ZnNanops (50,68 mg/kg- bitki), kontrol (53,34 mg/kg- bitki) olarak görülmüştür. Tüm uygulamalar farklı gruplarda yer almıştır.



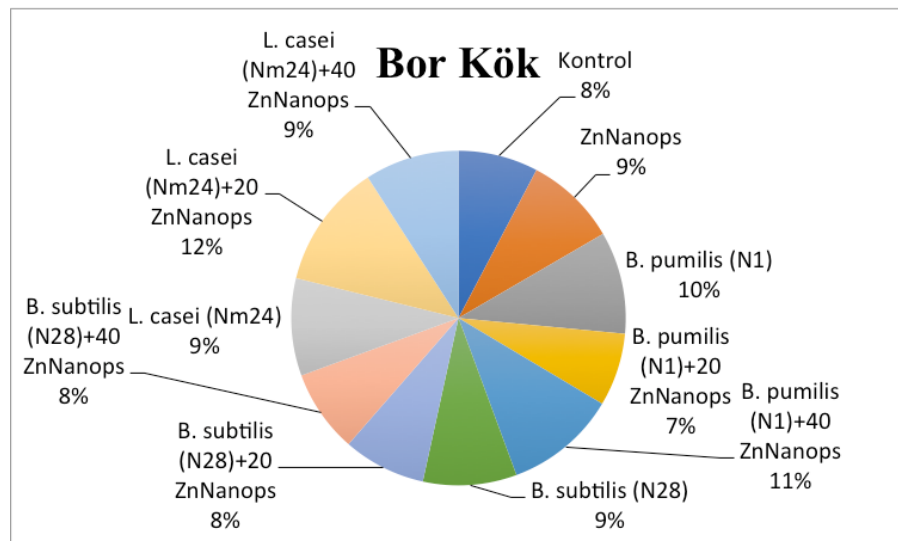
Şekil 4.21. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin kök aksamının Mangan (Mn) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği

Bakır içerikleri açısından tüm grupların kontrole göre oluşturduğu fark istatistiki olarak önemlidir ($p \leq 0,05$). En yüksek bakır içeriği *B. pumilis* (N1)+40 ZnNanops (87,58 mg/kg- bitki) uygulamasında olurken, en düşük bakır içeriği *B. subtilis* (N28)+40 ZnNanops uygulamasında (57,24 mg/kg- bitki) görülmüştür. *L. casei* (Nm24)+20 ZnNanops, *L. casei* (Nm24)+40 ZnNanops, *B. pumilis* (N1) aynı grupta yer almıştır.



Şekil 4.22. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin kök aksamının bakır (Cu) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği

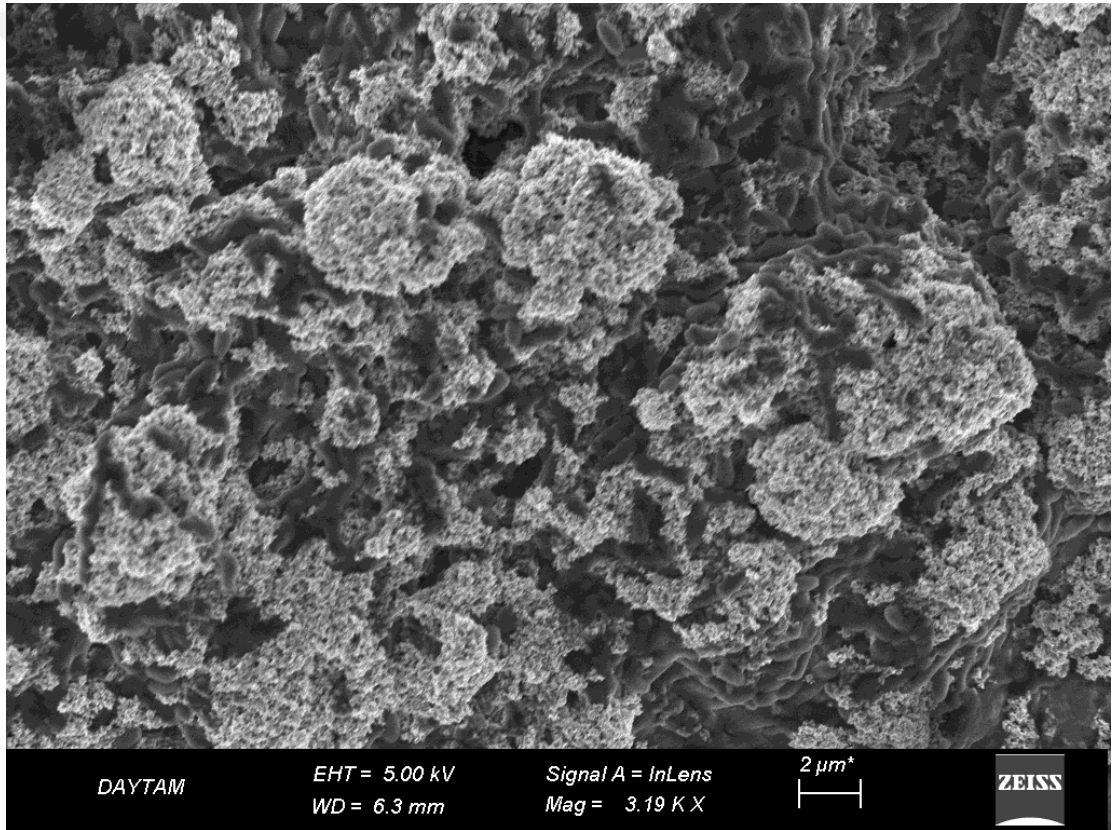
Bor içerikleri açısından tüm grupların kontrole göre oluşturduğu fark istatistiki olarak önemlidir ($p \leq 0,05$). En yüksek bor içeriği *L. casei* (Nm24)+20 ZnNanops (24,48 mg/kg-bitki), en az bor içeriğine sahip uygulama ise *B. pumilis* (N1)+20 ZnNanops (14,33 mg/kg-bitki) olarak görülmüştür. ZnNanops, *B. subtilis* (N28), *L. casei* (Nm24)+40 ZnNanops ile *B. pumilis* (N1), *L. casei* (Nm24) aynı gruba girmiştir.



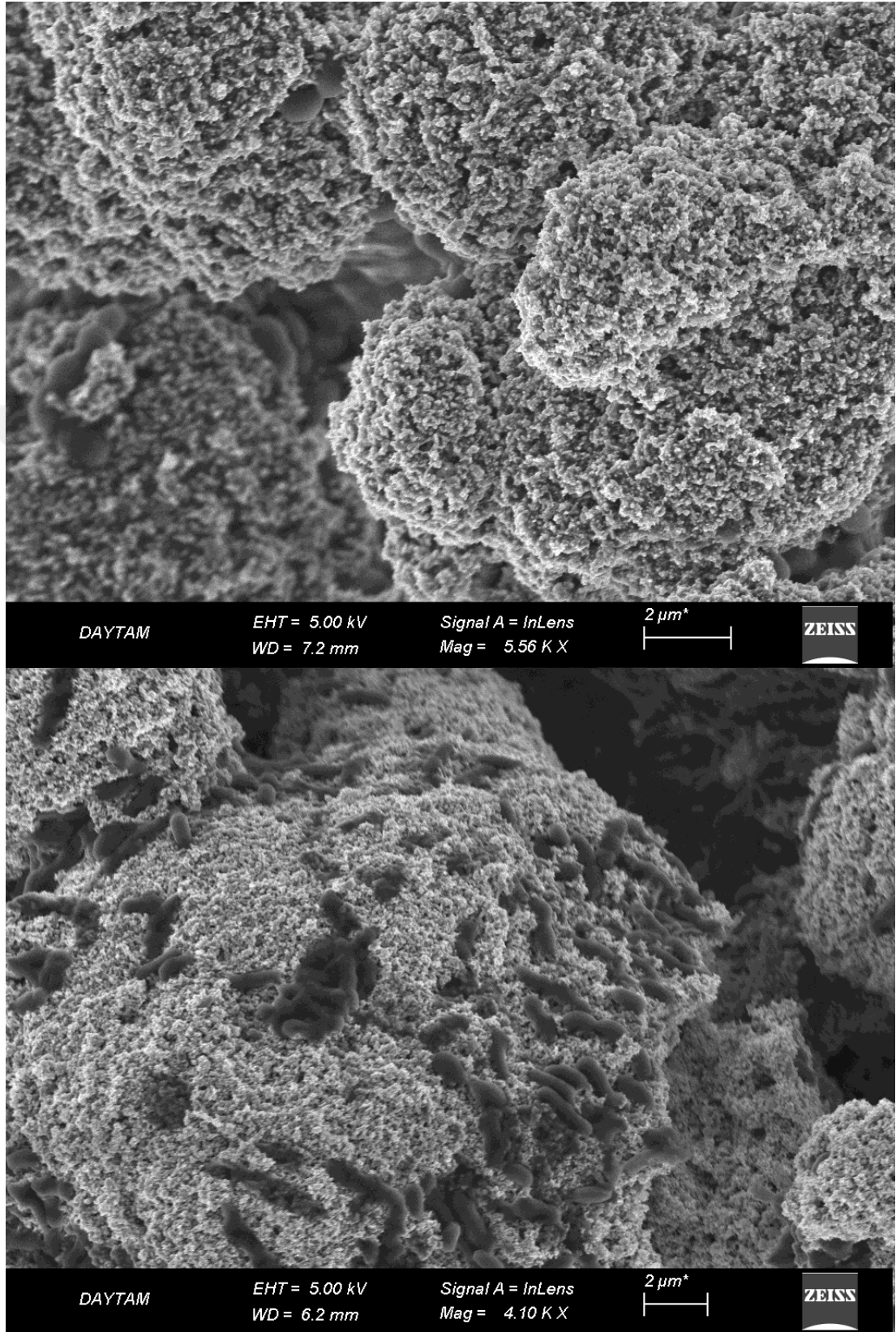
Şekil 4.23. Nanopartikül ve bakteri uygulamalarının domates bitkisinin kök aksamının Bor (B) üzerine etkilerini gösteren dağılım grafiği

4.1.3. Nano-biyo gübrenin taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile görüntülenmesi

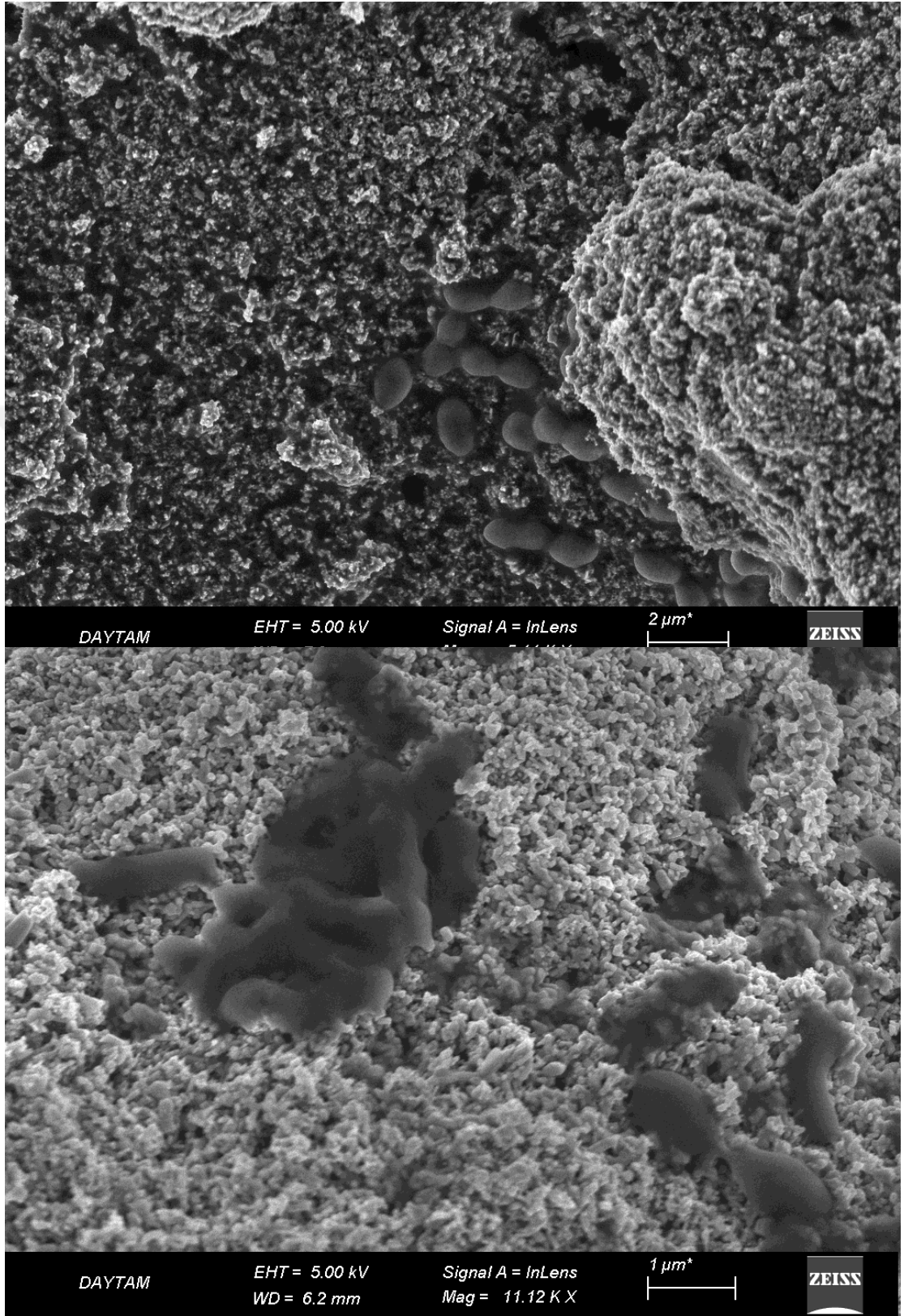
Taramalı elektron mikroskop analizleriyle numunelerin görüntüleri alınmıştır. Burada 2 mikrometrelik bakteri boyutlarıyla birlikte çinkooksit nanopartiküllerinin boyutları 35 nm ve hegzagonal yapıya olduğu, ZnO nanopartikülleri ile birlikte bakteri gruplarının birlikte yaşadığı Nano-Biyo gübre formülasyonları görülmektedir.



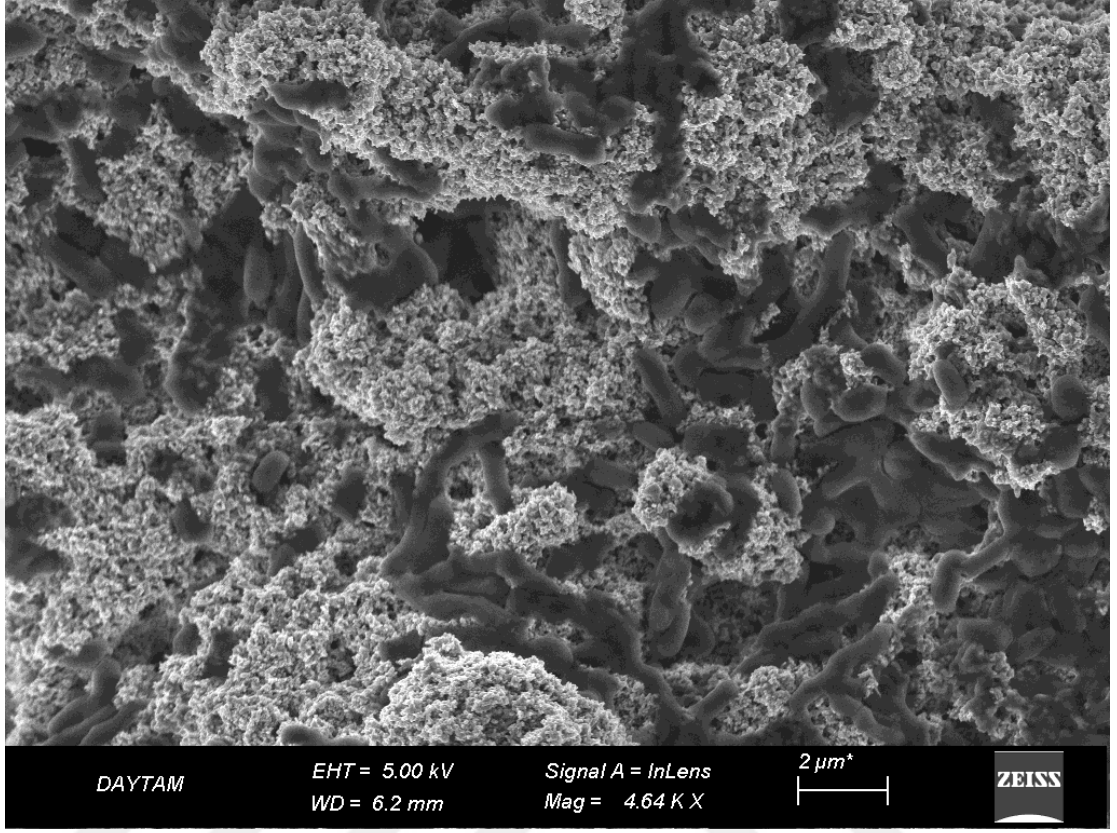
Şekil 4.24. (devam)



Şekil 4.25. (devam)



Şekil 4.26. (devam)



Şekil 4.27. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile Oluşturulan Nano-biyo gübrenin görüntülenmesi

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu araştırma çalışmasının amacı; tuz stresinden kaynaklanan bitkisel ürün kaybının nanopartiküler çinko ve mikrobiyal sentez formülasyonu kullanılarak biyoteknolojik yöntemleri kullanarak azaltılması yönünde gübre formülasyonlarının oluşturulmasıdır.

Bu çalışmada kullanılan ZnO nanopartikül tabanlı biyolojik gübreninde mineral içerik açısından kontrole göre *B. subtilis* (N28)+40 ZnNanops uygulama grubu fosfor içeriğini %15,64, potasyum içeriğini % 2,75, *B. subtilis* (N28)+40 ZnNanops uygulama grubu kalsiyum içeriğini % 8,2, *B. subtilis* uygulama grubu magnezyum içeriğini % 17,19, *B. subtilis* (N28) +40 ZnNanops uygulama grubu çinko içeriğini % 19,01, *B. subtilis* uygulama grubu demir içeriğini % 7,75, *L. casei* uygulama grubu mangan içeriğini % 14,6, *B. subtilis* (N28)+20 ZnNanops uygulama grubu bakır içeriğini % 12,71, *B. pumilis* (N28)+40 ZnNanops bor içeriğini % 23,8, *L. casei* (Nm24) + 40ZnNanops uygulama grubu toplam azot içeriğini yaklaşık üç kat arttırdığı gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda nanopartikül ve bakteri uygulamalarının bitkinin tuz stresine karşı bir direnç oluşturabileceği gözlemlenmiştir.

Toplanan yaprak örneklerinin analiz sonuçları ile ilişkilendirilmek üzere minimum, maksimum ve ortalama değerler Çizelge 5.1 de verilmiştir. Verilerden elde edilmiş analiz sonuçları Campbell (2000) yeterlilik sınır değerleri ile karşılaştırılarak Çizelge 1.3 de hazırlanmıştır.

Uygulama gruplarının yaprak analizleri sonucunda fosfor içerikleri açısından incelendiğinde kontrol (0,3678 % bitki) grubunun fosfor içeriğinin yapılan değerlendirmede Campbell (2000), Kacar ve Katkat (2015) yeterlilik sınır değerlerine göre yeterli olduğu görülmektedir. ZnONanops (0,3653 % bitki) grubunun fosfor içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *B.pumilis* (N1) (0,3866 % bitki), grubunun fosfor içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *B. pumilis* (N1)+20 ZnNanops (0,3952 % bitki) grubunun fosfor

içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *B. pumilis* (N1) + 40 ZnNanops (0,3856 % bitki) grubunun fosfor içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. Nanopartikül uygulama grubu olan ZnONanops (0,3653 % bitki) tek başına uygulanması tuz stresine maruz bırakılan domates bitkisinin kontrole göre fosfor içeriğini azaltmasına rağmen yeterlilik sınır değerlerine kıyasla yeterlidir görülmüştür. *B.pumilis* (N1) (0,3866 % bitki), uygulaması ile yaprakta fosfor içeriği kontrole %4,84 oranında arttırmış, bakteri ile birlikte artan dozlarda uygulanan çinko oksit nanopartikül uygulama grupları *B. pumilis* (N1)+20 ZnNanops (0,3952 %bitki) %6,93, *B. pumilis* (N1) + 40 ZnNanops (0,3856 % bitki) uygulaması ise %4,62 oranında arttırmıştır. Yaprak analizleri sonucunda fosfor içerikleri açısından incelendiğinde *B. subtilis* (N28) (0,4017 % bitki) grubunun fosfor içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *B. subtilis* (N28)+20 ZnNanops (0,4291 % bitki) grubunun fosfor içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *B. subtilis*(N28)+40 ZnNanops (0,4360 % bitki) grubunun fosfor içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *Bacillus subtilis* grubunun domates bitkisine fosfor içeriği kapsamında değerlendirecek olursak, kontrol (0,3678 % bitki) grubuna göre sadece *B. subtilis* (N28) bakteri uygulaması (0,4017 % bitki) %8,44 arttırmış, bakteri ile birlikte artan dozlarda uygulanan çinko oksit nanopartikül uygulama grupları *B. subtilis* (N28)+20 ZnNanops (0,4291 % bitki) %14,39, *B. subtilis* (N28)+40 ZnNanops (0,436 % bitki) %15,64 oranında arttırmıştır. *L. casei* (Nm24) (0,4296 % bitki) grubunun fosfor içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *L. casei* (Nm24)+20 ZnNanops (0,3712 % bitki) grubunun fosfor içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *L. casei* (Nm24)+40 ZnNanops (0,3852 % bitki) grubunun fosfor içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *Lactobacillus casei* grubunun domates bitkisine fosfor içeriği açısından değerlendirecek olursak, kontrol (0,3678 % bitki) grubuna göre sadece *L. casei* (Nm24) bakteri uygulaması (0,4296 % bitki) %14,39 arttırmış, bakteri ile birlikte artan dozlarda uygulanan çinko oksit nanopartikül uygulama grupları *L. casei* (Nm24)+20 ZnNanops (0,3712 % bitki) % 0,52, *L. casei* (Nm24)+40 ZnNanops (0,3857 % bitki) %4,64 oranında arttırmıştır. Bu oranlar dikkate alındığında tuz stresi koşullarında domates bitkisine fosfor içeriğinin en iyi olduğu uygulama bakteri grubuolarak uygulanan *L. casei* (Nm24) grubudur. *Bacillus* grubu

mikroorganizmalarının bitkiye yaprak fosfor içeriğini arttırmadaki yetenekleri, salgıladıkları rizosfer pH'sını düşüren organik asitlerin salgılanmasından kaynaklanmaktadır (Seshadri *et al.* 2004). Fosfor çözücü bakterilerin bitkilere uygulanması çözünürlüğü düşük olan fosforlu gübrelemenin yapılmasıyla fosforun yararlanılabilirliğinin arttırdığından bitkiye faydalı bir uygulama olarak belirlenmiştir (Reyes *et al.* 2002). Bu bilgiler doğrultusunda tuz stresine karşı uyguladığımız üç farklı *Bacillus* grubu bakteriler bitkide fosfor içeriğini arttırdığı belirlenmiştir. Çalışmamız sonucu elde ettiğimiz bulgularda bitkinin en yüksek fosfor içeriğine sahip olmasında *Bacillus* uygulama gruplarının etki ettiği görülmüş bu çalışmalarda alınan sonuçlarla benzer sonuçlar alınmıştır.

Uygulama gruplarının yaprak analizleri sonucunda potasyum içerikleri açısından incelendiğinde kontrol (2,5232 % bitki) grubunun potasyum içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. ZnONanops (2,6257 % bitki) grubunun potasyum içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *B. pumilis* (N1) (2,5709 % bitki), grubunun potasyum içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *B. pumilis* (N1)+20 ZnNanops (2,776 % bitki) grubunun potasyum içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *B. pumilis* (N1) + 40 ZnNanops (2,4635 % bitki) grubunun potasyum içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *B. pumilis* (N1) (2,5709 % bitki), uygulaması ile yaprakta potasyum içeriği kontrole (2,5232 % bitki) göre %1,11 oranında arttırmış, bakteri ile birlikte artan dozlarda uygulanan çinko oksit nanopartikül uygulama grupları *B. pumilis* (N1)+ 20 ZnNanops (2,776 % bitki) %9,2 arttırmış, *B. pumilis* (N1) + 40 ZnNanops (2,4635 % bitki) uygulaması ise %4,35 oranında azaltmıştır. Sadece ZnONanops uygulaması (2,6257 % bitki) 3,91 oranında arttırmıştır. *B. subtilis* (N28) (2,4332 % bitki) grubunun potasyum içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *B. subtilis* (N28)+20 ZnNanops (2,4457 % bitki) grubunun potasyum içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *B. subtilis* (N28)+40 ZnNanops (2,5943 % bitki) grubunun potasyum içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *B. subtilis* grubunun domates bitkisine potasyum içeriği kapsamında değerlendirecek olursak, kontrol

(2,5232 % bitki) grubuna göre sadece *B. subtilis* (N28) bakteri uygulaması (2,4332 % bitki) %3,69 azaltmış, sadece nanopartikül grubu olan ZnNanops (2,6257 % bitki) %3,91 oranında arttırmış, bakteri ile birlikte artan dozlarda uygulanan çinko oksit nanopartikül uygulama grupları *B. subtilis* (N28)+20 ZnNanops (2,4457 % bitki) %3,1 oranında azaltmış, *B. subtilis* (N28)+40 ZnNanops (2,5943 % bitki) %2,75 oranında arttırmıştır. *L. casei* (Nm24) (2,4394 % bitki) grubunun potasyum içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *L. casei* (Nm24)+20 ZnNanops (2,5215 % bitki) grubunun potasyum içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *L. casei* (Nm24)+40 ZnNanops (2,5608 % bitki) grubunun potasyum içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *Lactobacillus casei* grubunun domates bitkisine potasyum içeriği kapsamında değerlendirecek olursak, kontrol (2,5232 % bitki) grubuna göre sadece *L. casei* (Nm24) bakteri uygulaması (2,4394 % bitki) %3,43 oranında azaltmış, nanopartikül grubu olarak uygulanan ZnNanops (2,6257 % bitki) %3,91 oranında arttırmış, bakteri ile birlikte artan dozlarda uygulanan çinko oksit nanopartikül uygulama grupları *L. casei* (Nm24)+20 ZnNanops (2,5215 % bitki) %0,06 oranında azaltmış, *L. casei* (Nm24)+40 ZnNanops (2,5608 % bitki) %1,78 oranında arttırmıştır. Bu oranlar dikkate alındığında tuz stresi koşullarında domates bitkisinin potasyum içeriğinin artırılmasındaki en iyi olduğu uygulama nanopartikül grubu olarak uygulanan ZnNanops grubudur. Genel bir değerlendirme yapacak olursak uygulamaların yaprak potasyum mineral içeriğine etkisi çok minördür.

Uygulama gruplarının yaprak analizleri sonucunda kalsiyum içerikleri açısından incelendiğinde kontrol (0,81 % bitki) grubunun kalsiyum içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. ZnONanops (0,79 % bitki) grubunun kalsiyum içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *B.pumilis* (N1) (0,80 % bitki), grubunun kalsiyum içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *B. pumilis* (N1)+20 ZnNanops (0,81 % bitki) grubunun kalsiyum içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *B. pumilis* (N1) + 40 ZnNanops (0,84 % bitki) grubunun kalsiyum içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *B.pumilis* (N1) (0,80 % bitki), uygulaması ile yaprakta kalsiyum içeriği kontrole (0,81 % bitki) göre %1,25 oranında azalmış, başına nanopartikül grubu

olan ZnNanops (0,79 % bitki) %2,5 oranında azalmış, bakteri ile birlikte artan dozlarda uygulanan çinko oksit nanopartikül uygulama grupları *B. pumilis* (N1)+ 20 ZnNanops (% 0,81 bitki) kontrolle aynı, *B. pumilis*(N1) + 40 ZnNanops (% 0,84 bitki) uygulaması ise %3,6 oranında arttırmıştır. *B. subtilis* (N28) (% 0,87 bitki) grubunun kalsiyum içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *B. subtilis* (N28)+20 ZnNanops (% 0,88 bitki) grubunun kalsiyum içeriğinin yapılan değerlendirmede göre noksan olduğu görülmektedir. *B. subtilis* (N28)+40 ZnNanops (% 0,88 bitki) grubunun kalsiyum içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *B. subtilis* grubunun domates bitkisine kalsiyum içeriği kapsamında değerlendirecek olursak, kontrol (0,81 % bitki) grubuna göre sadece *B. subtilis* (N28) bakteri uygulaması (% 0,87 bitki) %6,90 oranında arttırmış, sadece nanopartikül grubu olan ZnNanops (% 0,79 bitki) %2,5 oranında azaltmış, bakteri ile birlikte artan dozlarda uygulanan çinko oksit nanopartikül uygulama grupları *B. subtilis* (N28)+20 ZnNanops (0,88 % bitki) %8,2 oranında arttırmış, *B. subtilis* (N28)+40 ZnNanops (0,88 % bitki) % 8,2 oranında arttırmıştır. *L. casei* (Nm24) (% 0,86 bitki) grubunun kalsiyum içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *L. casei* (Nm24)+20 ZnNanops (0,738 % bitki) grubunun kalsiyum içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *L. casei* (Nm24)+40 ZnNanops (0,866 % bitki) grubunun kalsiyum içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *Lactobacillus casei* grubunun domates bitkisine kalsiyum içeriği kapsamında etkisini değerlendirecek olursak, kontrol (0,81 % bitki) grubuna göre sadece *L. casei*(Nm24) bakteri uygulaması (0,86 % bitki) %5,9 oranında arttırmış, nanopartikül grubu olarak uygulanan ZnNanops (0,79 % bitki) %2,5 oranında azaltmış, bakteri ile birlikte artan dozlarda uygulanan çinko oksit nanopartikül uygulama grupları *L. casei* (Nm24)+20 ZnNanops (0,738 % bitki) %9,75 oranında azaltmış, *L. casei* (Nm24)+40 ZnNanops (0,866 % bitki) %5,9 oranında arttırmıştır. Bu oranlar dikkate alındığında tuz stresi koşullarında domates bitkisine kalsiyum içeriğinin en iyi olduğu uygulama nanopartikül grubu olarak uygulanan *L. casei* (Nm24) grubudur. Genel bir değerlendirme yapacak olursak uygulamaların yaprak kalsiyum mineral içeriğine etkisi çok az miktarda artış göstermiş olsada tüm uygulamalar kalsiyum içeriğini yeterli bir seviyeye getiremediğinden uygulamalar etki etmemiştir. Aktaş (2002) yaptığı çalışmaya göre ortamda tuzun artması ile bitkilerin almış oldukları kalsiyum miktarı azalmaktadır. Biber bitkisinde,

ortamdaki tuz miktarının artması bitkinin almış olduğu kalsiyum miktarında düşme, verime olumsuz yansıdığı bildirilmektedir. Çalışmamızda tuz stresine maruz bırakılan domatesin kalsiyum içeriğinin azaldığını ve yapılan uygulamalar ile kalsiyum içeriğinin arttığını gözlemlenmiştir. Yaptığımız çalışma bu sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Doğan vd (2009) yılında yapmış oldukları çalışmada genel olarak genotiplerin kök dokusunda Ca^{2+} 'un yüksek, yaprak dokusunda ise düşük olduğu görülmüştür. Bizim çalışmamızda bu çalışmayla benzer bulgular elde edilmiştir.

Uygulama gruplarının yaprak analizleri sonucunda magnezyum içerikleri açısından incelendiğinde kontrol (0,159 % bitki) grubunun magnezyum içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. ZnONanops (0,161 % bitki) grubunun magnezyum içeriğinin yapılan değerlendirmede Campbell (2000), Kacar ve Katkat (2015) yeterlilik sınır değerlerine göre noksan olduğu görülmektedir. *B.pumilis* (N1) (0,156 % bitki), grubunun magnezyum içeriğinin yapılan değerlendirmede Campbell (2000), noksan olduğu görülmektedir. *B. pumilis* (N1)+20 ZnNanops (0,152 % bitki) grubunun magnezyum içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *B. pumilis* (N1) + 40 ZnNanops (0,170 % bitki) grubunun magnezyum içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *B.pumilis* (N1) (0,156 % bitki), uygulaması ile yaprakta magnezyum içeriği kontrole (0,159 % bitki) göre %1,99 oranında azalmış, başına nanopartikül grubu olan ZnNanops (0,161 % bitki) % 4,85 oranında arttırmış, bakteri ile birlikte artan dozlarda uygulanan çinko oksit nanopartikül uygulama grupları *B. pumilis* (N1)+ 20 ZnNanops (0,152 % bitki) %2,63 oranında azalmış, *B. pumilis* (N1) + 40 ZnNanops (0,170 % bitki) uygulaması ise %8,24 oranında arttırmıştır. *B. subtilis* (N28) (0,192 % bitki) grubunun magnezyum içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *B. subtilis* (N28)+20 ZnNanops(0,141 % bitki) grubunun magnezyum içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *B. subtilis* (N28)+40 ZnNanops (0,170 % bitki) grubunun magnezyum içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *B. subtilis* grubunun domates bitkisine magnezyum içeriği kapsamında değerlendirecek olursak, kontrol (0,159 % bitki) grubuna göre sadece *B. subtilis* (N28) bakteri uygulaması (0,192 % bitki) %17,19 oranında arttırmış, sadece nanopartikül grubu olan

ZnNanops (0,161 % bitki) % 4,85 oranında arttırmış, bakteri ile birlikte artan dozlarda uygulanan çinko oksit nanopartikül uygulama grupları *B. subtilis* (N28)+20 ZnNanops (0,141 % bitki) %12,76 oranında azaltılmış, *B. subtilis* (N28)+40 ZnNanops (0,170 % bitki) %6,48 oranında arttırmıştır. *L. casei*(Nm24) (0,172% bitki) grubunun magnezyum içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *L. casei* (Nm24)+20 ZnNanops (0,170 % bitki) grubunun magnezyum içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *L. casei*(Nm24)+40 ZnNanops (0,167 % bitki) grubunun magnezyum içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. Kontrol (0,159 % bitki) grubuna göre sadece *L. casei* (Nm24) bakteri uygulaması (0,172 % bitki) %5,66 oranında arttırmış, nanopartikül grubu olarak uygulanan ZnNanops (0,161 % bitki) % 4,85 oranında arttırmış, bakteri ile birlikte artan dozlarda uygulanan çinko oksit nanopartikül uygulama grupları *L. casei* (Nm24)+20 ZnNanops (0,170 % bitki) %9,75 oranında azaltmış, *L. casei* (Nm24)+40 ZnNanops (0,866 % bitki) %7,5 oranında arttırmıştır. Genel bir değerlendirme yapacak olursak uygulamaların magnezyum içeriğine etki ettiği artışlar önemli olsada yeterlilik sınırının altında olduğu için etki etmemiştir.

Uygulama gruplarının yaprak analizleri sonucunda çinko içerikleri açısından incelendiğinde kontrol (38,77 mg/kg bitki) grubunun çinko içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. ZnONanops (39,61 mg/kg bitki) grubunun çinko içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *B.pumilis*(N1) (43,89 mg/kg bitki), grubunun çinko içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *B.pumilis* (N1) +20 ZnNanops(40,85 mg/kg bitki), grubunun çinko içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *B.pumilis* (N1) +40 ZnNanops (43,52 mg/kg bitki), grubunun çinko içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *B.pumilis* (N1) (43,89 mg/kg bitki), uygulaması ile yaprakta çinko içeriği kontrole (38,77 mg/kg bitki) göre %11,77 oranında arttırmış, başına nanopartikül grubu olan ZnNanops (39,61 mg/kg bitki) %2,13 oranında arttırmış, bakteri ile birlikte artan dozlarda uygulanan çinko oksit nanopartikül uygulama grupları *B. pumilis* (N1)+ 20 ZnNanops(40,85 mg/kg bitki) %5,1 oranında arttırmış, *B. pumilis* (N1) + 40 ZnNanops (43,52 mg/kg bitki) uygulaması ise %10,92

oranında arttırmıştır. *B. subtilis* (N28) (44,32 mg/kg bitki) grubunun çinko içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *B. subtilis* (N28)+20 ZnNanops (45,53 mg/kg bitki) grubunun çinko içeriğinin yapılan değerlendirmede, yeterli olduğu görülmektedir. *B. subtilis* (N28)+40 ZnNanops (47,87 mg/kg bitki) grubunun çinko içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *B. subtilis* grubunun domates bitkisine çinko içeriği kapsamında değerlendirecek olursak, kontrol (38,77 mg/kg bitki) grubuna göre sadece *B. subtilis* (N28) bakteri uygulaması (44,32 mg/kg bitki) %12,43 oranında arttırmış, sadece nanopartikül grubu olan ZnNanops (39,61 mg/kg bitki) %2,13 oranında arttırmış, bakteri ile birlikte artan dozlarda uygulanan çinko oksit nanopartikül uygulama grupları *B. subtilis* (N28)+20 ZnNanops (45,53 mg/kg bitki) %14,75 oranında arttırılmış, *B. subtilis* (N28)+40 ZnNanops (47,87 mg/kg bitki) %19,01 oranında arttırmıştır. *L. casei* (Nm24) (47,87 mg/kg bitki) grubunun çinko içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *L. casei* (Nm24)+20 ZnNanops (48,2 mg/kg bitki) grubunun çinko içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *L. casei* (Nm24)+40 ZnNanops (38,22 mg/kg bitki) grubunun çinko içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *Lactobacillus casei* grubunun domates bitkisine çinko içeriği kapsamında etkisini değerlendirecek olursak, kontrol (38,77 mg/kg bitki) grubuna göre sadece *L. casei* (Nm24) bakteri uygulaması (47,42 mg/kg bitki) %18,25 oranında arttırmış, nanopartikül grubu olarak uygulanan ZnNanops (39,61 mg/kg bitki) %2,13 oranında arttırmış, bakteri ile birlikte artan dozlarda uygulanan çinko oksit nanopartikül uygulama grupları *L. casei* (Nm24)+20 ZnNanops (42,8 mg/kg bitki) %9,42 oranında azaltmış, *L. casei* (Nm24)+40 ZnNanops (38,22 mg/kg bitki) %0,143 oranında azaltmıştır. Genel bir değerlendirme yapacak olursak uygulamaların yaprak çinko mineral içeriğine etkisi çok minördür.

Uygulama gruplarının yaprak analizleri sonucunda demir içerikleri açısından incelendiğinde kontrol (141,27 mg/kg bitki) grubunun demir içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. ZnNanops (143,69 mg/kg bitki) grubunun demir içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *B. pumilis* (N1) (144,26 mg/kg bitki), grubunun demir içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *B. pumilis* (N1)+20 ZnNanops (155,71

mg/kg bitki) grubunun demir içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *B. pumilis* (N1) + 40 ZnNanops (144,79 mg/kg bitki) grubunun demir içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *B. pumilis* (N1) (144,26 mg/kg bitki), uygulaması ile yaprakta demir içeriği kontrole (141,27 mg/kg bitki) göre % 3,13 oranında artmış, başına nanopartikül grubu olan ZnNanops (143,69 mg/kg bitki) % 2,27 oranında arttırmış, bakteri ile birlikte artan dozlarda uygulanan çinko oksit nanopartikül uygulama grupları *B. pumilis* (N1)+ 20 ZnNanops (155,71 mg/kg bitki) % 9,28 oranında arttırmış, *B. pumilis* (N1) + 40 ZnNanops (144,79 mg/kg bitki) uygulaması ise %0,7 oranında arttırmıştır. *B. subtilis* (N28) (131,1 mg/kg bitki) grubunun demir içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *B. subtilis* (N28)+20 ZnNanops (148,28 mg/kg bitki) grubunun demir içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *B. subtilis* (N28)+40 ZnNanops (143,39 mg/kg bitki) grubunun demir içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *B. subtilis* grubunun domates bitkisinde demir içeriğine etkisi kapsamında değerlendirecek olursak, kontrol (141,27 mg/kg bitki) grubuna göre sadece *B. subtilis* (N28) bakteri uygulaması (131,1 mg/kg bitki) %7,75 oranında azalmış, sadece nanopartikül grubu olan ZnNanops (143,69 mg/kg bitki) %2,27 oranında arttırmış, bakteri ile birlikte artan dozlarda uygulanan çinko oksit nanopartikül uygulama grupları *B. subtilis* (N28)+20 ZnNanops (148,28 mg/kg bitki) %5,63 oranında arttırılmış, *B. subtilis* (N28)+40 ZnNanops (143,39 mg/kg bitki) %2,05 oranında arttırmıştır. *L. casei*(Nm24) (145,75 mg/kg bitki) grubunun çinko içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *L. casei* (Nm24)+20 ZnNanops (149,15 mg/kg bitki) grubunun çinko içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *L. casei* (Nm24)+40 ZnNanops (159,17 mg/kg bitki) grubunun çinko içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *Lactobacillus casei* grubunun domates bitkisine demir içeriği kapsamında etkisini değerlendirecek olursak, kontrol (141,27 mg/kg bitki) grubuna göre sadece *L. casei* (Nm24) bakteri uygulaması (145,75 mg/kg bitki) %3,08 oranında arttırmış, nanopartikül grubu olarak uygulanan ZnNanops (143,69 mg/kg bitki) %2,27 oranında arttırmış, bakteri ile birlikte artan dozlarda uygulanan çinko oksit nanopartikül uygulama grupları *L. casei* (Nm24)+20 ZnNanops (149,15 mg/kg bitki) %5,29 oranında arttırmış, *L. casei* (Nm24)+40 ZnNanops (159,17 mg/kg bitki) %11,25 oranında arttırmıştır. Genel bir değerlendirme

yapacak olursak uygulamaların yaprak demir mineral içeriğine etkisi çok minördür.

Uygulama gruplarının yaprak analizleri sonucunda mangan içerikleri açısından incelendiğinde kontrol (55,8 mg/kg bitki) grubunun mangan içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. ZnONanops (57,02 mg/kg bitki) grubunun mangan içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *B.pumilis* (N1) (55,8 mg/kg bitki), grubunun mangan içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *B.pumilis* (N1) +20 ZnNanops (59,02 mg/kg bitki), grubunun mangan içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *B.pumilis* (N1) +40 ZnNanops (58,38 mg/kg bitki), grubunun mangan içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *B.pumilis* (N1) (55,8 mg/kg bitki), uygulaması ile yaprakta mangan içeriği kontrole (55,8 mg/kg bitki) göre aynı, başına nanopartikül grubu olan ZnNanops (57,02 mg/kg bitki) %2,14 oranında arttırmış, bakteri ile birlikte artan dozlarda uygulanan çinko oksit nanopartikül uygulama grupları *B. pumilis* (N1)+ 20 ZnNanops (59,02 mg/kg bitki) %5,5 oranında arttırmış, *B. pumilis* (N1) + 40 ZnNanops (58,38 mg/kg bitki) uygulaması ise %4,5 oranında arttırmıştır. Bu oranlar dikkate alındığında tuz stresi koşullarında domates bitkisine mangan içeriğinin bakteri ve nanopartikül uygulaması değilde bakteri ile birlikte karışım olarak uygulanan grupları *B. subtilis* (N28) (64,15 mg/kg bitki) grubunun mangan içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *B. subtilis* (N28) + 20 ZnNanops (56,74 mg/kg bitki) grubunun çinko içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *B. subtilis* (N28)+40 ZnNanops (63,22 mg/kg bitki) grubunun çinko içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *B. subtilis* grubunun domates bitkisine mangan içeriği kapsamında değerlendirecek olursak, kontrol (55,8 mg/kg bitki) grubuna göre sadece *B. subtilis* (N28) bakteri uygulaması (64,15 mg/kg bitki) %12,43 oranında arttırmış, sadece nanopartikül grubu olan ZnNanops (57,02 mg/kg bitki) %2,14 oranında arttırmış, bakteri ile birlikte artan dozlarda uygulanan çinko oksit nanopartikül uygulama grupları *B. subtilis* (N28)+20 ZnNanops (56,74 mg/kg bitki) %1,7 oranında arttırılmış, *B. subtilis* (N28)+40 ZnNanops (63,22 mg/kg bitki) %11,8 oranında arttırmıştır. *L. casei* (Nm24) (65,27 mg/kg bitki) grubunun mangan içeriğinin yapılan değerlendirmede

yeterli olduğu görülmektedir. *L. casei*(Nm24)+20 ZnNanops (55,05 mg/kg bitki) grubunun mangan içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *L. casei* (Nm24)+40 ZnNanops (57,55 mg/kg bitki) grubunun mangan içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *Lactobacillus casei* grubunun domates bitkisine mangan içeriği kapsamında etkisini değerlendirecek olursak, kontrol (55,8 mg/kg bitki) grubuna göre sadece *L. casei* (Nm24) bakteri uygulaması (65,27 mg/kg bitki) %14,6 oranında arttırmış, nanopartikül grubu olarak uygulanan ZnNanops (57,02 mg/kg bitki) % 2,14 oranında arttırmış, bakteri ile birlikte artan dozlarda uygulanan çinko oksit nanopartikül uygulama grupları *L. casei* (Nm24) +20 ZnNanops (55,05 mg/kg bitki) %0,02 oranında azaltmış, *L. casei* (Nm24)+40 ZnNanops (57,55 mg/kg bitki) %3,1 oranında artmıştır. Kök bölgesinde artan Na alımına bağlı olarak rekabette Ca olmak üzere N, K ve P alınımları olumsuz etkilenmektedir. Besin çözeltisine NaCl ilavesi domates yaprağında Mn kapsamını azaldığını bildirmişlerdir (Marschner 1995). Besin çözeltisine ilave edilen NaCl'ün yaprakta B kapsamını azalttığı belirtilmiştir (Marschner 1995). Çalışmamız sonucunda elde edilen bulgularda, bu iki çalışma ile benzerlik göstermektedir.

Uygulama gruplarının yaprak analizleri sonucunda bakır içerikleri açısından incelendiğinde kontrol (63,76 mg/kg bitki) grubunun bakır içeriğinin yapılan değerlendirmede yüksek olduğu görülmektedir. ZnONanops (60,99 mg/kg bitki) grubunun bakır içeriğinin yapılan değerlendirmede yüksek olduğu görülmektedir. *B.pumilis* (N1) (61,57 mg/kg bitki), grubunun mangan içeriğinin yapılan değerlendirmede yüksek olduğu görülmektedir. *B.pumilis* (N1) +20 ZnNanops (67,62 mg/kg bitki), grubunun mangan içeriğinin yapılan değerlendirmede yüksek olduğu görülmektedir. *B.pumilis* (N1) +40 ZnNanops (61,78 mg/kg bitki), grubunun bakır içeriğinin yapılan değerlendirmede yüksek olduğu görülmektedir. *B.pumilis* (N1) (61,57 mg/kg bitki), uygulaması ile yaprakta bakır içeriği kontrole (63,76 mg/kg bitki) 4,24 oranında azaltmış, başına nanopartikül grubu olan ZnNanops (60,99 mg/kg bitki) %1,17 oranında azaltmış, bakteri ile birlikte artan dozlarda uygulanan çinko oksit nanopartikül uygulama grupları *B. pumilis* (N1)+ 20 ZnNanops (67,62 mg/kg bitki) %8,95 oranında arttırmış, *B. pumilis* (N1) + 40 ZnNanops (61,78 mg/kg bitki) uygulaması ise %0,19

oranında arttırmıştır. *B. subtilis* (N28) (62,92 mg/kg bitki) grubunun bakır içeriğinin yapılan değerlendirmede yüksek olduğu görülmektedir. *B. subtilis* (N28) + 20 ZnNanops (73,12 mg/kg bitki) grubunun bakır içeriğinin yapılan değerlendirmede yüksek olduğu görülmektedir. *B. subtilis* (N28)+40 ZnNanops (68,40 mg/kg bitki) grubunun bakır içeriğinin yapılan değerlendirmede yüksek olduğu görülmektedir. *B. subtilis* grubunun domates bitkisine bakır içeriği kapsamında değerlendirecek olursak, kontrol (63,72 mg/kg bitki) grubuna göre sadece *B. subtilis* (N28) bakteri uygulaması (62,92 mg/kg bitki) %0,98 oranında azaltmış, sadece nanopartikül grubu olan ZnNanops (60,99 mg/kg bitki) %4,17 oranında azaltılmıştır, bakteri ile birlikte artan dozlarda uygulanan çinko oksit nanopartikül uygulama grupları *B. subtilis* (N28)+20 ZnNanops (73,12 mg/kg bitki) %12,71 oranında arttırılmış, *B. subtilis* (N28)+40 ZnNanops (68,40 mg/kg bitki) %6,85 oranında arttırmıştır. *L. casei* (Nm24) (61,09 mg/kg bitki) grubunun bakır içeriğinin yapılan değerlendirmede yüksek olduğu görülmektedir. *L. casei* (Nm24)+20 ZnNanops (68,88 mg/kg bitki) grubunun bakır içeriğinin yapılan değerlendirmede Campbell (2000), yüksek olduğu görülmektedir. *L. casei* (Nm24)+40 ZnNanops (63,56 mg/kg bitki) grubunun bakır içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *Lactobacillus casei* grubunun domates bitkisine bakır içeriği kapsamında etkisini değerlendirecek olursak, kontrol (63,76 mg/kg bitki) grubuna göre sadece *L. casei* (Nm24) bakteri uygulaması (61,09 mg/kg bitki) %4,36 oranında azaltmış, nanopartikül grubu olarak uygulanan ZnNanops (60,99 mg/kg bitki) %4,17 oranında azaltmış, bakteri ile birlikte artan dozlarda uygulanan çinko oksit nanopartikül uygulama grupları *L. casei* (Nm24) +20 ZnNanops (68,88 mg/kg bitki) %7,54 oranında arttırmış, *L. casei* (Nm24)+40 ZnNanops (63,56 mg/kg bitki) %0,3 oranında azaltmıştır.

Uygulama gruplarının yaprak analizleri sonucunda bor içerikleri açısından incelendiğinde kontrol (15,07 mg/kg bitki) grubunun bor içeriğinin yapılan değerlendirmede Campbell (2000), noksan olduğu görülmektedir. ZnONanops (16,02 mg/kg bitki) grubunun bor içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *B.pumilis* (N1) (17,08 mg/kg bitki), grubunun bor içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *B.pumilis* (N1) +20 ZnNanops (17,84

mg/kg bitki), grubunun bor içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *B.pumilis*(N1) +40 ZnNanops (19,52 mg/kg bitki), grubunun bor içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *B.pumilis* (N1) (17,08 mg/kg bitki), uygulaması ile yaprakta bor içeriği kontrole (15,07 mg/kg bitki) %15,53 oranında arttırmış, tek başına nanopartikül grubu olan ZnNanops (16,02 mg/kg bitki) %2,97 oranında arttırmış, bakteri ile birlikte artan dozlarda uygulanan çinko oksit nanopartikül uygulama grupları *B. pumilis* (N1)+ 20 ZnNanops (17,84 mg/kg bitki) %15,79 oranında arttırmış, *B. pumilis* (N1) + 40 ZnNanops (19,52 mg/kg bitki) uygulaması ise %23,8 oranında arttırmıştır. Kontrol (15,07 mg/kg bitki) grubunun bor içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. ZnONanops (16,02 mg/kg bitki) grubunun bor içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *B.pumilis* (N1) (17,08 mg/kg bitki), grubunun bor içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *B.pumilis* (N1) +20 ZnNanops (17,84 mg/kg bitki), grubunun bor içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *B.pumilis* (N1) +40 ZnNanops (19,52 mg/kg bitki), grubunun bor içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *B. subtilis* (N28) (19,71 mg/kg bitki) grubunun bakır içeriğinin yapılan değerlendirmede Campbell (2000), noksan olduğu görülmektedir. *B. subtilis* (N28) + 20 ZnNanops (13,17 mg/kg bitki) grubunun bakır içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *B. subtilis* (N28)+40 ZnNanops (20,59 mg/kg bitki) grubunun bakır içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *B. subtilis* grubunun domates bitkisine bakır içeriği kapsamında değerlendirecek olursak, kontrol(15,07 mg/kg bitki) grubuna göre sadece *B. subtilis* (N28) bakteri uygulaması (19,71 mg/kg bitki) %23,6 oranında arttırmış, sadece nanopartikül grubu olan ZnNanops (16,02 mg/kg bitki) %2,97 oranında arttırmış, bakteri ile birlikte artan dozlarda uygulanan çinko oksit nanopartikül uygulama grupları *B. subtilis* (N28)+20 ZnNanops (13,17 mg/kg bitki) %14,4 oranında azaltmış, *B. subtilis* (N28)+40 ZnNanops (20,59 mg/kg bitki) %26,9 oranında arttırmıştır. *L. casei* (Nm24) (17,67 mg/kg bitki) grubunun bor içeriğinin yapılan değerlendirmede Campbell (2000), Kacar ve Katkat (2015) yeterlilik sınır değerlerine göre noksan olduğu görülmektedir. *L. casei* (Nm24)+20 ZnNanops (15,46 mg/kg bitki) grubunun bor içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *L. casei* (Nm24)+40 ZnNanops (16,85 mg/kg bitki) grubunun bor içeriğinin yapılan

değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *Lactobacillus casei* grubunun domates bitkisine bor içeriği kapsamında etkisini değerlendirecek olursak, kontrol (15,07 mg/kg bitki) grubuna göre sadece *L. casei* (Nm24) bakteri uygulaması (15,46 mg/kg bitki) %2,95 oranında arttırmış, nanopartikül grubu olarak uygulanan ZnNanops (16,02 mg/kg bitki) %2,97 oranında arttırmış, bakteri ile birlikte artan dozlarda uygulanan çinko oksit nanopartikül uygulama grupları *L. casei* (Nm24) +20 ZnNanops (15,46 mg/kg bitki) %2,64 oranında arttırmış, *L. casei* (Nm24)+40 ZnNanops (16,85 mg/kg bitki) %10,6 oranında arttırmıştır. Uygulama gruplarının yaprak bor içeriğine etkisi yoktur.

Uygulama gruplarının yaprak analizleri sonucunda azot içerikleri açısından incelendiğinde kontrol (%1,36) grubunun azot içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. ZnONanops (%2,98) grubunun azot içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *B.pumilis* (N1) (%2,32), grubunun azot içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *B.pumilis* (N1) +20 ZnNanops (%3,75), grubunun bor içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *B.pumilis* (N1) + 40 ZnNanops (%4,50), grubunun azot içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *B.pumilis* (N1) (%2,32), uygulaması ile yaprakta azot içeriği kontrole (%1,36) yüzde 42,6 oranında arttırmış, başına nanopartikül grubu olan ZnNanops (%2,98) %48,54 oranında arttırmış, bakteri ile birlikte artan dozlarda uygulanan çinko oksit nanopartikül uygulama grupları *B. pumilis* (N1)+ 20 ZnNanops (%3,75) %64,8 oranında arttırmış, *B. pumilis* (N1) + 40 ZnNanops (% 4,50) uygulaması ise %70 oranında arttırmıştır. *B. subtilis* (N28) (%1,65) grubunun azot içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *B. subtilis* (N28) + 20 ZnNanops (%3,01) grubunun azot içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *B. subtilis* (N28)+40 ZnNanops (%2,24) grubunun azot içeriğinin yapılan değerlendirmede noksan olduğu görülmektedir. *L. casei* (Nm24) (%5,23) grubunun azot içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *L. casei* (Nm24)+20 ZnNanops(%5,56) grubunun azot içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *L. casei* (Nm24)+40 ZnNanops (%6,12) grubunun azot içeriğinin yapılan değerlendirmede yeterli olduğu görülmektedir. *Lactobacillus casei* grubunun domates bitkisine azot içeriği kapsamında etkisini

değerlendirecek olursak, kontrol (%1,96) grubuna göre sadece *L. casei* (Nm24) bakteri uygulaması (%5,23) oranında, nanopartikül grubu olarak uygulanan ZnNanops (%2,24) oranında arttırmış, bakteri ile birlikte artan dozlarda uygulanan çinko oksit nanopartikül uygulama grupları *L. casei* (Nm24) +20 ZnNanops (%5,56) oranında arttırmış, *L. casei* (Nm24)+40 ZnNanops (%6,12) oranında arttırmıştır. Genel bir değerlendirme yapacak olursak uygulamaların yaprak azot içeriğine etki etmiştir. Azot %2-3 bile yeterli iken %6 gibi yüksek azot bitkinin genç dönemde örneklediğini göstermektedir. Tuz (NaCl) stresinin bitkilerin N içeriğini azalttığı bildirilmiştir (Güneş *et al.* 2007) Çalışma tuz stresine karşı uygulanan nano-biyo gübre formülasyonları sayesinde N içeriğinde kontrole göre artış sağlamıştır.

Tüm bu bilgilerin ışığında bakteri, nanopartikül, bakteri ile birlikte nanopartikül uygulamaları tuz stresi koşullarında bitkinin mineral içeriğini yer yer kritik aralık düzeyine yükseltmiştir. Ancak bitkiler henüz genç çiçeklenme aşamasına geçmediği için mineral içerik değerlerindeki yükselme normal kabul edilmektedir. Her besin elementi için her bitkinin belirli ve genetik olarak değişmeyen besin alım potansiyeli vardır. Genetik olarak denetlenen besin alım potansiyeli nedeniyle, yeşil bitki dokularının azot (N) ve fosfor (P) kapsamlarının 10, mikro besin elementleri kapsamlarının 100-1000 katı fazla olabilmektedir. Bu genel görünüm tüm yüksek bitkiler için geçerlidir. Aynı bitkide değişik organların mineral kapsamları da farklıdır. Genelde yaprak, sap ve kök gibi vejetatif organların mineral içerikleri meyve, yumru ve tohum gibi üretken organlara göre daha değişkendir. Genç bitki dokularının N, P ve potasyum K yönünden varıl olmalarına karşın, yaşlı bitkiler ve olgun dokular kalsiyum (Ca), mangan (Mn), demir (Fe) ve bor (B) yönünden daha varıldır (Mengel ve Kirkby 2001). Fakat bitkilerin gelişim periyodu boyunca genç ve yaşlılık durumlarında mineral içerikleri değişebileceğinden uygulamalarımızın domates verim ve kalitesi üzerinde olumlu ya da olumsuz bir etki yaratabileceğini hakkında bir varsayımda bulunmak için erken olacaktır.

Söz konusu biyo nanopartiküllerin kombinasyonları bu tez çalışmasında kontrollü koşullarda ve topraksız bir ortamda yürütülmüştür. Verim ve kalite üzerine etkilerinin

daha iyi araştırılabilmesi için değişik toprak koşullarında farklı tuz seviyelerinde öncelikle sera saksı denemeleriyle daha sonra tarla denemeleriyle tepki çalışmaları yapılarak gerek kuru madde üretimi gerekse mineral içerik değişimleri araştırılmalıdır. Bu araştırma çalışmasında nanopartikül ve mikrobiyal gübre gibi iki önemli unsurun birlikte kombinasyon oluşturabildiğini, biyolojik aktivitenin çalışır olduğu ve kısmen organomineral gübreymiş gibi yeni bir formülasyonun (mikroorganizmaların farklı nano tabanlı minerallerle birleştirilip) akademik ölçekte kullanışlı olup olmadığını deneyerek, gerek bilimsel çalışmalarla ve gerekse tarım sektörü açısından birçok yeniliğe olası ışık tutabileceğine dikkat çekilmeye çalışılmıştır.

Gübre sektörü açısından yeni bir ürünün altyapısı, araştırmacılar açısından bitki besleme veri tabanında, tarımsal nanobiyoteknoloji bilimsel disiplini ölçeğinde öncü bir çalışmanın altyapısını oluşturabileceği muhtemeldir.

KAYNAKLAR

- Aktaş, H., (2002). Biberde tuza dayanıklılığın fizyolojik karakterizasyonu ve kalıtımı, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Doktora Tezi), Adana, 105 s.
- Al Karaki, G.N., 2000. Growth, water use efficiency, and sodium and potassium acquisition by tomato cultivars. *Journal of plant nutrition*, 23 (1), 1-8.
- Alharby, H.F., 2016. The alteration of mRNA expression of SOD and GPX genes, and proteins in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) under stress of NaCl and/or ZnO nanoparticles. *King Saud University Saudi Journal of Biological Sciences* <http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.04.012>
- Arnon, D., 1938. Micro elements in culture solution experiment with higher plants. *American J. Bot.* 25; 322-325.
- Ashraf, M., Naily, Mc., Bradshaw, T., A.D., 1986. The potential for evaluation of salt (NaCl) tolerance of seven grass species. *New Phytol*, 103, 299-309.
- Aydemir, O., 1992. Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 315, 122-125, Erzurum.
- Ayoub, A.T., Ishag H.M., 1974. Sodium toxicity and catron imbalance in dry beans (*phaseolous vulgaris* L) *J. Agric. Scr. Comb.* 82: 339-342.
- Bandyopadhyay, S., Plascencia-Villa, G., Mukherjee, A., Rico, C.M., Jose -Yacama n, M., Peralta-Videa, J.R., Gardea-Torresdey, J.L., 2015. Comparative phytotoxicity of ZnO NPs, bulk ZnO, and ionic zinc onto the alfalfa plants symbiotically associated with *Sinorhizobium meliloti* in soil. *Sci. Total Environ.* 515e516, 60-69.
- Batsmanova, L.M., Gonchar, L.M., Taran, N.Y., Okanenko, A.A., 2013. Using a colloidal solution of metal nanoparticles as micronutrient fertiliser for cereals. *Proceedings of the International Conference Nanomaterials: Applications and Properties*.
- Bayraklı, F., 1998. Toprak Kimyası. O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No: 26, 1. Baskı, Samsun, 214s.
- Bernstein, L., 1964. Salt tolerance of plants. *Agric. If. Bull. (V. S. Agric.)* 283.
- Bilgin, N., Yıldız, N., 2008. Besin Kültüründe Yetiştirilen (Kaya F1) Domates Çeşidinin (*Lycopersicon esculentum*) Artan NaCl Uygulamalarına Toleransı ve Tuzluluk Stresinin Kuru Madde Miktarı ile Bitki Mineral Madde İçeriğine Etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi.* 9;1s; 15-21
- Botella, M.A., Martinez V., Nieves M., Cerda A. 1997. Effects of salinity on the growth and nitrogen uptake by wheat seedlings *Journal of plant nutrition*, V (20) 6 p. 793-804.
- Bouchereau, A., Aziz, A., Larher, F., Martin-Tanguy, J., 1999. Polyamines and environmental challenges. *Recent Dev. Plant Sci.* 140, 103-125.
- Bremner, J.M., 1996. Nitrogen Total. In: Sparks, D.L., Ed., *Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods*, SSSA Book Series 5, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, 1085-1122.
- Buseck, P.R., Galdobina, L.P., Kovalevski, V.V., Rozhkova, N.N., Valley, J.W., and Zaidenberg, A.Z. 1997. Shungites: the C-rich rocks of Karelia, Russia. *Canadian Mineralogist*, 35, 1363-1378.

- Caarls, L., Pieterse, C.M., Van Wees, S.C., 2015. How salicylic acid takes transcriptional control over jasmonic acid signaling. *Front. Plant Sci.* 6, 170. doi: <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2015.00170>.
- Campell, J.E., Long, M., Nations, S., Vadan, R., Dai, L., Luo, M., Ambikapathi, R., Lee, E.H., Olszyk, D., 2008. Effects of functionalized and nonfunctionalized single-walled carbon nanotubes on root elongation of select crop species. *Environ. Toxicol. Chem.* 27, 1922-1931.
- Castiglione, M.R., Giorgetti, L., Geri, C., Cremonini, R., 2011. The effects of nano-TiO₂ on seed germination, development and mitosis of root tip cells of *Vicia narbonensis* L. and *Zea mays* L. *J. Nanoparticle Res.* 13, 2443–2449.
- Chartzoulakis, K.S., and Louppssaki. M.H., 1997. Effects of NaCl salinity on germination, growth, gas exchange and yield of greenhouse eggplant. *Agricultural Water Management*, Volume 32. Issuc 3, Pages 215-225.
- Chavan, P.D., and Karadge B.A., 1980. Influence of Sodium chlorid and sorium sulfate salinization on photosynthatic carbon assimilation in peanut. *Plant and soil* 56. 201-207.
- Chen, Y., 2010. The mechanisms of citrate on regulating the distribution of carbon flux in the biosynthesis of uridine 5'-monophosphate by *Saccharomyces cerevisiae*. *Appl Microbiol Biotechnol* 86(1):75-81.
- Chen, W.S., 1991. Changes in cytokinins before and during early flower bud differentiation in lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). *Plant Physiology*, 96, 1203-1206.
- Cutting, J.G.M., 1991. Determination of the cytokinin complement in healthy and witchesbroom malformed protease. *Journal of Plant Growth Regulator*, 10, 85-89.
- Dağhan, H., 2017. Nano Gübreler *Turk J Agric Res* 2017, 4(2): 197-203 © TÜTAD ISSN: 2148-2306 e-ISSN: 2528-858X doi: 10.19159/tutad.294991
- Davies, P.J., 1995. The plant hormones; Their nature, occurence and functions. *Plant Hormones* (Editor: Davies P.J.) Kluwer Academic Publishers, Boston., 1-39.
- Delfani, M., Firouzabadi, M.B., Farrokhi, N., Makarian, H., 2014. Some physiological responses of black-eyed pea to iron and magnesium nanofertilizers. *Commun. SoilSci. Plant Anal.* 45, 530–540.
- Demiralay, İ., 1993. Toprak Fiziksel Analizleri. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Yay. No: 143, s.132, Erzurum.
- Dimkpa, C.O., Latta, D.E., McLean, J.E., Britt, D.W., Boyanov, M.I., Anderson, A.J., 2013. Fate of CuO and ZnO nano-and microparticles in the plant environment. *Environ. Sci. Technol.* 47, 4734e4742.
- Doğan M., Kılıç, H., Aktan, A., Can N (2009). Tuz Stresi altındaki Domates (*Lycopersicon* sp.) Fidelerinde Kalsiyum Miktarı Değişimleri Fırat Univ. *Journal of Science* 21 (2), 103-108.
- Du, W.C., Sun, Y.Y., Ji, R., Zhu, J.G., Wu, J.C., Guo, H.Y., 2011. TiO₂ and ZnO nanoparticles negatively affect wheat growth and soil enzyme activities in agricultural soil. *J. Environ. Monit.* 13 (4), 822-828.
- Ertekin, M., 2002. Seracılık ve örtü altı biber, domates, hıyar ve patlıcan yetiştiriciliği, S.135-156.
- Evans, P.T., Malmberg, R.L., 1989. Do polyamines have roles in plant development? *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 40, 235–269.

- Flores, H.E., Galston, A.W., 1982. Analysis of polyamines in higher plants by high performance liquid chromatography. *Plant Physiol.* 69, 701–706
- Gao, F., Liu, C., Qu, C., Zheng, L., Yang, F., Su, M., *et al.* 2008. Was improvement of spinach growth by nano-TiO₂ treatment related to the changes of Rubisco activase? *Biometals* 21, 211–217.
- Gardea-Torresdey, J.L., Rico, C.M., White, J.C., 2014. Trophic transfer, transformation, and impact of engineered nanomaterials in terrestrial environments. *Environ. Sci. Technol.* 48, 2526e2540. <http://dx.doi.org/10.1021/es4050665>.
- Ghafariyan, M.H., Malakouti, M.J., Dadpour, M.R., Stroeve, P., Mahmoudi, M., 2013. Effects of magnetite nanoparticles on soybean chlorophyll. *Environ. Sci. Technol.* 47, 10645–10652.
- Ghodake, G., Seo, Y.D., Lee, D.S., 2011. Hazardous phytotoxic nature of cobalt and zinc oxide nanoparticles assessed using *Allium cepa*. *J. Hazard. Mater.* 186, 952e955.
- Gill, S.S., Tuteja, N., 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiol. Biochem.* 48, 909–930.
- Glenn, E.P., Brown, J.J., Khan, M.J., “Mechanisms of Salt Tolerance in Higher Plants”, Edited by Basra, A.S., and Basra, R.K., “Mechanisms of Environmental Stress Resistance in Plants”, Harwood Academic Publishers, 83-110, (1997).
- Goertz, S.H., Coon, J.M., 1989. Germination response of topary and navy beans to sodium shloride and temperature *Hortscience* 24 (6): 923-925.
- Greenway, H., and Munns, R., 1980. Mechanism of salt tolerance in nonholophytes. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 31, 149-190.
- Gupta, S.M., Tripathi, M., 2011. A review of TiO₂ nanoparticles. *Chin. Sci. Bull.* 56, 1639–1657.
- Hershey, D.R., Paul, J.L., Carlson, R.M., 1980. Evaluation of potassium-enriched clinoptilolite as a potassium source for potting media. *HortSci.* 15, 87–89.
- Gündüz, 2010: s.410-411. 83 W.E. Smith, G. Dent, (2005): *Modern Raman Spectroscopy – A Practical Approach*, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, s.135-136. 39 incelenebilmektedir
- Gündüz, 2010: s.414. Kotuby, J., Koenig, R. and Kitchen, B., 1997. Salinity and Plant Tolerance. *Utah State University Extension. AG-SO-03.*, Utah.
- Güneş, A., Alpaslan, M., İnal, A., 2007. Bitki Besleme ve Gübreleme. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, No: 504, Yayın No: 1551, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara.
- Güneş, A., Post, W.H., Kirkby, E.A., Aktaş, M., 1997. Influence of partial replacement on nitrate by amino acid nitrogen or urec in the nutrient medium on nitrate accumulation in NFT grown winter lettuce. *J. Plant. Nutr.* 17 (11), 1929-1938.
- Hernandez-Viezcás, J.A., Castillo-Michel, H., Andrews, J.C., Cotte, M., Rico, C., Peralta- Videá, J.R., Gardea-Torresdey, J.L., 2013. In situ synchrotron X-ray fluorescence mapping and speciation of CeO₂ and ZnO nanoparticles in soil cultivated soy- bean (*Glycine max*). *ACS Nano* 7, 1415-1423.
- Hernandez-Viezcás, J.A., Castillo-Michel, H.A., Lopez-Moreno, M., Peralta-Videa, J.R., Gardea-Torresdey, J.L., 2016. Interactions between CeO₂ nanoparticles and the desert plant mesquite: a spectroscopy approach. *ACS Sustain. Chem. Eng.* 4 (3), 1187-1192.

- Hoagland, D.R., Arnon, D.I., 1950. The water-culture method for growing plants without soil. *Calif. Agric. Exp. Stat. Circ.* 347, 1–32.
- Hong, J., Peralta-Videa, J.R., Rico, C., Sahi, S., Viveros, M.N., Bartonjo, J., Zhao, L.J., Gardea-Torresdey, J.L., 2014. Evidence of translocation and physiological impacts of foliar applied CeO₂ nanoparticles on cucumber (*Cucumis sativus*) plants. *Environ. Sci. Technol.* 48, 4376–4385.
- Iqbal, M., Ashraf, M., 2006. Wheat seed priming in relation to salt tolerance: growth, yield and levels of free salicylic acid and polyamines. *Ann. Bot. Fenn.* 43, 250–259.
- Jampilek J, Kralova K. (2015). Application Of Nanotechnology In Agriculture And Food Industry, Its Prospects And Risks. September, *Ecological Chemistry and Engineering S22(3)* DOI: 10.1515/eces-2015-0018.
- Kabata-Pendias, A., Pendias, H., 1984. *Trace Elements in Soils and Plants*. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Kacar, B., İnal A., 2008. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri. II. Bitki Analizleri, Ank. Üniv. Ziraat Fak. Yay. 453, *Uygulama Kılavuzu*: 155, Ankara.
- Kanber, R., Çullu, M.A., Kendirli, B., Antepli, S. ve Yılmaz, N., 2005. Sulama, Drenaj ve Tuzluluk. www.zmo.org.tr/etkinlikler/6tk05/013ri_zakanber.pdf 126.
- Kasinathan, V., Wingler, A., 2004. Effect of reduced arginine decarboxylase activity on salt tolerance and on polyamine formation during salt stress in *Arabidopsis thaliana*. *Physiol. Plant* 121, 101–107.
- Kasukabe, Y., He, L., Nada, K., Misawa, S., Ihara, I., Tachibana, S., 2004. Overexpression of spermidine synthase enhances tolerance to multiple environmental stresses and up-regulates the expression of various stress-regulated genes in transgenic *Arabidopsis thaliana*. *Plant Cell Physiol.* 45, 712–722.
- Kazan, K., 2015. Diverse roles of jasmonates and ethylene in abiotic stress tolerance. *Trends Plant Sci.* 20, 219–229.
- Khan M. I. R., Iqbal N., Masood A., Mobin M., Anjum N. A., Khan N. A. (2015). Modulation and significance of nitrogen and sulfur metabolism in cadmium challenged plants. *Plant Growth Regul.* 10.1007/s10725-015-0071-9 [Cross Ref]
- Khan M. I. R., Iqbal N., Masood A., Per T. S., Khan N. A. (2013a). Salicylic acid alleviates adverse effects of heat stress on photosynthesis through changes in proline production and ethylene formation. *Plant Signal. Behav.* 8:e26374 10.4161/psb.26374
- Khan M. I. R., Iqbal N., Masood A., Per T. S., Khan N. A. (2013a). Salicylic acid
- Khodakovskaya, M.V., de Silva, K., Nedosekin, D.A., Dervishi, E., Biris, A.S., Shashkov, E.V., Galanzha, E.I., Zharov, V.P., 2011. Complex genetic, photothermal, and photoacoustic analysis of nanoparticle-plant interactions. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 108 (3), 1028e1033.
- Kuklinski-Sobral J., Araújo W., Mendes R., Geraldi I., Pizzirani-Kleiner A., Azevedo J., 2004. Isolation and characterization of soybean-associated bacteria and their potential for plant growth promotion. *Environmental Microbiology* 6: 1244–1251
- Lahiani, M.H., Chen, J., Irin, F., Poretzky, A.A., Green, M.J., Khodakovskaya, M.V., 2015. Interaction of carbon nanohorns with plants: uptake and biological effects. *Carbon* 81, 607–619.

- Larue, C., Castillo-Michel, H., Sobanska, S., Trcera, N., Sorieul, S., Ceillon, L., Ouerdanef, L., Legros, S., Sarreta, G., 2014. Fate of pristine TiO₂ nanoparticles and aged paint-containing TiO₂ nanoparticles in lettuce crop after foliar exposure. *J. Hazard. Mater.* 273, 17e26.
- Lee, C.W., Mahendra, S., Zedrow, K., Li, D., Tsai, Y., Braam, J., *et al.* 2010. Developmental phytotoxicity of metal oxide nanoparticles to *Arabidopsis thaliana*. *Environ. Toxicol. Chem.* 29, 669–675.
- Lee, S., Kim, S., Kim, S., Lee, I., 2013b. Assessment of phytotoxicity of ZnO NPs on a medicinal plant, *Fagopyrum esculentum*. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 20, 848e854.
- Lee, W., An, Y., Yoon, H., Kweon, H., 2008. Toxicity and bioavailability of copper nanoparticles to the terrestrial plants mung bean (*Phaseolus radiatus*) and wheat (*Triticum aestivum*): plant agar test for water-insoluble nanoparticles. *Environ. Toxicol. Chem.* 27, 1915–1921.
- Leliott, R.A., Stead, D.E., 1987. *Methods for Diagnosis Of Bacterial Diseases of Plants* Blackwell Scientific Publications, 216, Oxford, UK.
- Lin, D., Xing, B., 2007. Phytotoxicity of nanoparticles: inhibition of seed germination and root growth. *Environ. Pollut.* 150, 243–250.
- Lin, D., Xing, B., 2008. Root uptake and phytotoxicity of ZnO nanoparticles. *Environ. Sci. Technol.* 42, 5580–5585.
- Liu ve Lal, 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 Pollut* (2016) 227: 42 DOI 10.1007/s11270-015-2738-2.
- Liu, R., Lal, R., 2014. Synthetic apatite nanoparticles as a phosphorus fertilizer for soybean (*Glycine max*). *Sci. Rep.* 4, 5686–5691.
- Liu, X., Zhang, D., Zhang, S., He, X., Wang, Y., Feng, Z., *et al.* 2005. Responses of peanut to nano-calcium carbonate. *J. Plant. Nutr. Fert. (Chin.)* 11, 385–389.
- Liu, Y., Laks, P., Heiden, P., 2002. Controlled release of biocides in solid wood. I. Efficacy against brown rot wood decay fungus (*Gloeophyllum trabeum*). *J. Appl. Polym. Sci.* 86, 596–607.
- Lopez, M.V. and Satti, S.M.E., (1996). Calcium and potassium-enhanced growth and yield of tomato under sodium chloride stress, *Plant Sci.*, 114, 19-27.
- Lv, J., Zhang, S., Luo, L., Zhang, J., Yang, K., Christie, P., 2015. Accumulation, speciation and uptake pathway of ZnO nanoparticles in maize. *Environ. Sci. Nano* 2, 68-77.
- Ma, C.X., White, J.C., Dhankher, O.P., Xing, B., 2015a. Metal-based nanotoxicity and detoxification pathways in higher plants. *Environ. Sci. Technol.* 49 (12), 7109-7122.
- Maas, E.V. and Hoffman, G.J. (1977) Crop Salt Tolerance-Current Assessment. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, 103, 115-134.
- MacKown, C.T., Tucker, T.C., 1985. Ammonium nitrogen movement in a coarse-textured soil amended with zeolite. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49, 235–238.
- Mahajan, P., Dhoke, S.K., Khanna, A.S., 2011. Effect of nano-ZnO particle suspension on growth of mung (*Vigna radiata*) and gram (*Cicer arietinum*) seedlings using plant agar method. *J. Nanotechnol.* 2011, 7 pp (Article ID 696535).

- Malekian, R., Abedi-Koupai, J., Eslamian, S.S., 2011. Influences of clinoptilolite and surfactant-modified clinoptilolite zeolite on nitrate leaching and plant growth. *J. Hazard. Mater.* 185, 970–976.
- Marschner, H., 1995. Mineral nutrition of higher plants, Academic Press, New York, 657-680. Mittler, R., 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance., *TRENDS in Plant Science*, 7: 405-410.
- Mengel, K., Kirkby, E.A., 2001. Principles of Plant Nutrition. ISBN 0-7923-7150-X (HB) Published by Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.
- Mertens, D., 2005a. AOAC official method 922.02. In: Horwitz, W., Latimer, G.W. (Eds.), *Plants Preparation of Laboratory Sample. Official Methods of Analysis*, 18th ed. AOAC-International Suite, Gaithersburg, MD, USA, (Chapter 3), pp. 1–2. [18].
- Mertens, D., 2005b. AOAC official method 975.03. In: Horwitz, W., Latimer, G.W.(Eds.), *Metal in Plants and Pet Foods. Official Methods of Analysis*, 18th ed. AOAC-International Suite, Gaithersburg, MD, USA, (Chapter 3), pp. 3–4.
- Ming, D.W., Allen, E.R., 2001. Use of natural zeolites in agronomy, horticulture, and environmental soil remediation. In: Bish, D.L., Ming, D.W. (Eds.), *Natural Zeolites: Occurrence, Properties, Applications* vol. 45. Mineralogical Society of America, Chantilly, pp. 619–654.
- Mo, H., Pua, E.C., 2002. Up-regulation of arginine decarboxylase gene expression and accumulation of polyamines in mustard (*Brassica juncea*) in response to stress. *Physiol. Plant* 114, 439–449.
- Montesano, F., Van Iersel, M.W., 2007. Calcium can prevent toxic effects of Na⁺ on tomato leaf photosynthesis but does not restore growth. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 132(3): 310-318.
- Mosanna, R., Khalilvand, B.E., 2015. Morpho-physiological response of maize (*Zea mays* L.) to zinc nano-chelate foliar and soil application at different growth stages. *J. New Biol. Rep.* 4, 46–50.
- Mukherjee, A., Peralta-Videa, J.R., Bandyopadhyay, S., Rico, C.M., Zhao, L., Gardea-Torresdey, J.L., 2014. Physiological effects of nanoparticulate ZnO in green peas (*Pisum sativum* L.) cultivated in soil. *Metallomics* 6, 132-138.
- Mukherjee, A., Sinha, I., Das, R., 2015. Application of nanotechnology in agriculture: Future prospects. Outstanding Young Chemical Engineers (OYCE) Conference, March 13-14, DJ Sanghvi College of Engineering, Mumbai, India.
- Munns, R., James, R., Lauchli, A., 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany*, 57: 1025-1043.
- Musante, C., White, J.C., 2012. Toxicity of silver and copper to *Cucurbita pepo*: differential effects of nano and bulk-size particles. *Environ. Toxicol.* 27, 510–517.
- Naderi, M., Danesh Shahraki, A.A., Naderi, R., 2011. Application of nanotechnology in the optimization of formulation of chemical fertilizers. *Iran J. Nanotech.* 12, 16–23.
- Nair, R., Varghese, S.H., Nair, B.G., Maekawa, T., Yoshida, Y., Kumar, D.S., 2010. Nanoparticulate material delivery to plants. *Plant Sci.* 179, 154–163.
- Nekrasova, G.F., Ushakova, O.S., Ermakov, A.E., Uimin, M.A., Byzov, I.V., 2011. Effects of copper(II) ions and copper oxide nanoparticles on *Elodea densa* Planch. *Russ. J. Ecol.* 42, 458–463.

- Perdassi, A., Bagroli, G., Malorgio, F., Compiotti C.A., and Tagnoni, F. 1999 NACL effects of celery (*Apium graveolens*) grown in NFT. *Secience Horticulturae*. Vol 81, Issue 3, P: 229-242.
- Perrin, T.S., Drost, D.T., Boettinger, J.L., Norton, J.M., 1998. Ammonium-loaded clinoptilolite: a slow-release nitrogen fertilizer for sweet corn. *J. Plant Nutr.* 21, 515–530.
- Pradhan, P., Ludeke, K.B., Dominik, E., Reusser-Jurgen, Kropp, P. 2013. Environmental research letters *Environ. Res. Lett.* 8 044044 (10pp) doi:10.1088/1748-9326/8/4/044044. Embodied Crop Calories In Animal Products.
- Prasad, T.N.V.K.V., Sudhakar, P., Sreenivasulu, Y., Latha, P., Munaswamy, V., Raja Reddy, K., Sreeprasad, T.S., Sajanlal, P.R., Pradeep, T., 2012. Effect of nanoscale zinc oxide particles on the germination, growth and yield of peanut. *J. Plant Nutr.* 35, 905–927.
- Raikova, O.P., Panichkin, L.A., Raikova, N.N., 2006. Studies on the Effect of Ultrafine Metal Powders Produced by Different Methods on Plant Growth and Development. *Nanotechnologies and Information Technologies in the 21 st Century. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*, 108–111.
- Raliya, R., Nair, R., Chavalmane, S., Wang, W.N., Biswas, P., 2015. Mechanistic evaluation of translocation and physiological impact of titanium dioxide and zinc oxide nanoparticles on the tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plant. *Metallomics* 7, 1584-1594.
- Reyes, I., Bernier, L., Antoun, H., 2002. Rock phosphate solubilization and colonization of maize rhizosphere by wild and genetically modified strains of *Penicillium rugulosum*. *Microbial Ecology*, 44, 39-48.
- Reynolds, G.H., 2002. Forward to the future nanotechnology and regulatory policy. *Pac. Res. Inst.* 24, 1–23.
- Rico, C.M., Barrios, A.C., Tan, W.J., Rubenecia, R., Lee, S.C., Varela-Ramirez, A., Peralta- Videá, J.R., Gardea-Torresdey, J.L., 2015a. Physiological and biochemical response of soil-grown barley (*Hordeum vulgare* L.) to cerium oxide nanoparticles. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 22, 10551-10558.
- Rico, C.M., Majumdar, S., Duarte-Gardea, M., Peralta-Videa, J.R., Gardea-Torresdey, J.L., 2011. Interaction of nanoparticles with edible plants and their possible implications in the food chain. *J. Agric. Food Chem.* 59, 3485-3498.
- Roco, M.C., 2003. Nanotechnology: convergence with modern biology and medicine. *Curr. Opin. Biotechnol.* 14, 337-346.
- Scott, N., Chen, H., 2003. Nanoscale Science and Engineering for Agriculture and Food Systems. A Report Submitted to Cooperative State Research, Education and Extension Service. USDA. National Planing Workshop, Washington.
- Selivanov, V.N., Zorin, E.V., 2001. Sustained Action of ultrafine metal powders on seeds of grain crops. *Perspekt. Materialy* 4, 66–69.
- Servin, A., Elmer, W., Mukherjee, A., De La TorreRoche, R., Hamdi, H., White, J.C., Bindrabán, P., Dimkpa, C., 2015. A review of the use of engineered nanomaterials to suppress plant disease and enhance crop yield. *Journal of Nanoparticle Research*, 17: 92-113.

- Servin, A.D., Castillo-Michel, H., Hernandez-Viezcas, J.A., Diaz, B.C., Peralta- Vide, J.R., Gardea-Torresdey, J.L., 2012. Synchrotron micro-XRF and micro- XANES confirmation of the uptake and translocation of TiO₂ nanoparticles in cucumber (*Cucumis sativus*) plants. *Environ. Sci. Technol.* 46, 7637-7643.
- Servin, A.D., Morales, M.I., Castillo-Michel, H., Hernandez-Viezcas, J.A., Munoz, B., Zhao, L.J., Nunez, J.E., Peralta-Videa, J.R., Gardea-Torresdey, J.L., 2013. Synchro- tron verification of TiO₂ accumulation in cucumber fruit: a possible pathway of TiO₂ nanoparticle transfer from soil into the food chain. *Environ. Sci. Technol.* 47 (20), 11592-11598.
- Seshadri, S., Signacimuthu, C., Lakshminarasimhan, 2004. Effect of nitrogen and carbon sources on the inorganic phosphate solubilization by different *Aspergillus niger* strains. *Chemical Engineering Communications*, 191, 1043-1052.
- Sessitsch A., Weilharter A., Gerzabek M.H., Kirchmann H., Kandeler E. Microbial population structures in soil particle size fractions of a long-term fertilizer field experiment. *Applied and Environmental Microbiology*. 2001;67:4215–4224
- Shah, V., Belozero, I., 2009. Influence of metal nanoparticles on the soil microbial community and germination of lettuce seeds. *Water Air Soil Pollut.* 197, 143–148.
- Shannon, M., 1984. Breeding. Selection and genetres of salt tolerance. *Salinity Tolerance in Plants.Strategies for crop improvement*.John wiley and sans. New York R.C. Stabtes, G.H. Toenniensen.
- Shannon, M.C., 1978. The Testing of salt Tolerance Variability Among Tall Wheatgrass Lines. *Agron. J.* 70, 719-722.
- Shen 1997 Microbial diversity and application of microbial products for agricultural purposes in China Volume 62, Issues 2–3, April 1997, Pages 237-245.
- Singh, M.D., Chirag, G., Prakash, P.O., Mohan, M.H.,Prakasha, G., Vishwajith, 2017. Nano fertilizers is anew way to increase nutrients use efficiency in cropproduction. *International Journal of Agriculture Sciences*, 9(7): 3831-3833.
- Singh, N.B., Amist, N., Yadav, K., Singh, D., Pandey, J.K., Singh, S.C., 2013.Zinc oxide nanoparticles as fertilizer for the germination, growth and metabolism of vegetable crops. *J. Nanoeng. Nanomanuf.* 3, 353–364.
- Smith, T.A., 1985. Polyamines. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 36, 117–143.
- Sohrab, D Ali Tehranifara,*, Gholamhossein Davarynejada, Javier Abadiab, Reza Khorasani Effects of foliar applications of zinc and boron nano-fertilizers on pomegranate (*Punica granatum* cv. Ardestani) fruit yield and quality *Scientia Horticulturae* 210 (2016) 57–64
- Song, G., Gao, Y., Wu, H., Hou, W., Zhang, C., Ma, H., 2012.Physiological effect of anatase TiO₂ nanoparticles on *Lemna minor*. *Environ. Toxicol. Chem.* 31, 2147–2152.
- Soydam, S., Bu`yu`k, I., Aras, S., 2013. Relationships among lipid peroxidation, SOD enzyme activity, and SOD gene expression profile in *Lycopersicum esculentum* L. exposed to cold stress. *Genet. Mol. Res.* 12, 3220–3229
- Stampoulis, D., Sinha, S.K., White, J.C., 2009. Assay-dependent phytotoxicity of nanoparti- cles to plants. *Environ. Sci. Technol.* 43, 9473–9479.

- Su, M., Liu, H., Liu, C., Qu, C., Zheng, L., Hong, F., 2009. Promotion of nano-anatase TiO₂ on the spectral responses and photochemical activities of D1/D2/Cyt b559 complex of spinach. *Spectrochim. Acta A* 72, 1112–1116.
- Subramanian, K.S., Manikandan, A., Thirunavukkarasu, M., Sharmila Rahale, C., 2015. Nano-fertilizers for balanced crop nutrition. In: Rai, M., Ribeiro, C., Mattoso, L., Duran, N. (Eds.), *Nanotechnologies in Food and Agriculture*. Springer International Publishing, Switzerland, pp. 69–80.
- Subramanian, K.S., Sharmila Rahale, C., 2012. Ball milled nanosized zeolite loaded with zinc sulfate: a putative slow release Zn fertilizer. *Int. J. Innov. Hortic.* 1, 33–40.
- Tester, M., Davenport, R., 2003. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Annals of Botany*, 9: 503–527.
- tical activity of [small beta]-D-xylose: where experiment and computation meet, *Phys. Chem. Chem. Phys.* 17 (2015) 21799–21809, <https://doi.org/10.1039/>
- Tiwari, D.K., Dasgupta-Schubert, N., Villasenor-Cendejas, L.M., Villegas, J., Carreto-Montoya, L., Borjas-Garcia, S.E., 2014. Interfacing carbon nanotubes (CNT) with plants: enhancement of growth, water and ionic nutrient uptake in maize (*Zea mays*) and implications for nanoagriculture. *Appl. Nanosci.* (4), 577e591.
- Tomar, A., Garg, G., 2013. Short review on application of gold nanoparticles. *Glob. J. Üniversitesi Basımevi*, Ankara.
- Vessey JK (2003) Plant growth-promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant Soil* 255:571–586
- Wang, P., Menzies, N.W., Lombi, E., McKenna, B.A., Johannessen, B., Glover, C.J., Kappen, P., Kopittke, P.M., 2013a. Fate of ZnO nanoparticles in soils and cowpea (*Vigna unguiculata*). *Environ. Sci. Technol.* 47, 13822–13830.
- Wiesner, M.R., Lowry, G.V., Alvarez, P., Dionysion, D., Biswas, P., 2006. Assessing the risks of manufactured nanomaterials. *Environ. Sci. Technol.* 40, 4336–4345.
- Wild, E., Jones, K.C., 2009. Novel method for the direct visualization of in vivo nanomaterials and chemical interactions in plants. *Environ. Sci. Technol.* 43, 5290e5294.
- Yang, F., Liu, C., Gao, F., Su, M., Wu, X., Zheng, L., *et al.* 2007. The improvement of spinach growth by nano-anatase TiO₂ treatment is related to nitrogen photoreduction. *Biol. Trace Elem. Res.* 119, 77–88.
- Yıldız, N., Bircan, H., 1994. Araştırma ve Deneme Metodları Atatürk Üni. Ziraat Fak. Yay. No. 697. Erzurum.
- Yıldız, N., 2012. Bitki Beslemenin Esasları ve Bitkilerde Beslenme Bozukluğu Belirtileri. Eser ofset matbaacılık, ISBN 978-605-62759-0-6, 1-477, Erzurum.
- Yıldız, N., Canbolat M. ve A. Aydın., 2000. Influence of increasing NaCl and NaHCO₃ on tomato plant grown in hydroculture. Workshop on Environmental impact of water quality, irrigation practices. Soil type and crop interactions. November 7, 2000. Antalya-Turkey.
- Zhao, L., Peralta-Videa, J.R., Rico, C.M., Hernandez-Viezcás, J.A., Sun, Y., Niu, G., *et al.* 2014. CeO₂ and ZnO nanoparticles change the nutritional qualities of cucumber (*Cucumis sativus*). *J. Agric. Food Chem.* 62, 2752–2759.

- Zhao, L.J., Peralta-Videa, J.R., Ren, M., Varela-Ramirez, A., Li, C., Hernandez-Viezcas, J.A., Aguilera, R.J., Gardea-Torresdey, J.L., 2012b. Transport of Zn in a sandy loam soil treated with ZnO NPs and uptake by corn plants: electron microprobe and confocal microscopy studies. *Chem. Eng. J.* 184, 1e8.
- Zielinski, S.T., Mutter, C., Johannessen, E.W., Blanch, P.L.A., 2015. The Raman op-C5C. *Brisith boks* 113-29 (5).



ÖZGEÇMİŞ

16/07/1989 yılında Erzurum'da doğdu. İlköğrenimini Evliya Çelebi ilkokulunda, ortaokulunu Atatürk ilköğretim okulu ve Lise öğrenimini de İstiklal lisesinde tamamladı. 2007 yılında Erzurum Atatürk Üniversitesi Ziraat Mühendisliği Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümünü kazandı. 2011 yılında bu bölümden mezun oldu. 2011 yılında Padova Üniversitesi Venedik Ziraat fakültesinde 6 aylık laboratuvar eğitimi aldı. 2012 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ziraat Mühendisliği Toprak Bilimi ve Bitki Besleme bölümünde Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı. 2013 yılında Yeditepe Üniversitesi Genetik ve Biyomühendislik bölümünde uzman olarak çalıştı. Aynı zamanda Yeditepe Sağlık Anonim şirketinde ziraat mühendisi olarak çalıştı. 2015 yılında Bitki Besleme Bölümünde doktora öğrenimine başladı. 2015 yılında Atatürk Üniversitesi Doğu Anadolu Yüksek Teknoloji uygulama ve Araştırma laboratuvarında bursiyer olarak kimya laboratuvarlarında 2017 ye kadar çalıştı.