

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



***in vitro* KÜLTÜR KOŞULLARI VE TUZLULUK STRESİ ALTINDA  
YETİŞTİRİLEN BOYSENBERRYİN MORFOLOJİK VE FİZYOLOJİK  
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE BAZI NANOMATERYALLERİN ETKİNLİĞİNİN  
BELİRLENMESİ**

**Zehra KURT**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BAHÇE BİTKİLERİ**

**ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HAZİRAN 2021**

**ANTALYA**

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



***in vitro* KÜLTÜR KOŞULLARI VE TUZLULUK STRESİ ALTINDA  
YETİŞTİRİLEN BOYSENBERRYİN MORFOLOJİK VE FİZYOLOJİK  
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE BAZI NANOMATERYALLERİN ETKİNLİĞİNİN  
BELİRLENMESİ**

**Zehra KURT**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BAHÇE BİTKİLERİ**

**ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HAZİRAN 2021**

**ANTALYA**

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

***in vitro* KÜLTÜR KOŞULLARI VE TUZLULUK STRESİ ALTINDA  
YETİŞTİRİLEN BOYSENBERRYİN MORFOLOJİK VE FİZYOLOJİK  
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE BAZI NANOMATERYALLERİN ETKİNLİĞİNİN  
BELİRLENMESİ**

**Zehra KURT  
BAHÇE BİTKİLERİ  
ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Birimi tarafından  
FYL-2020-5362 nolu proje ile desteklenmiştir.**

**HAZİRAN 2021**

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

***in vitro* KÜLTÜR KOŞULLARI VE TUZLULUK STRESİ ALTINDA  
YETİŞTİRİLEN BOYSENBERRYİN MORFOLOJİK VE FİZYOLOJİK  
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE BAZI NANOMATERYALLERİN ETKİNLİĞİNİN  
BELİRLENMESİ**

**Zehra KURT**  
**BAHÇE BİTKİLERİ**  
**ANABİLİM DALI**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Bu tez 29/06/2021 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Sevinç ŞENER  
Prof. Dr. Hamide GÜBBÜK  
Dr. Öğr. Üyesi Hülya SAYGI

## ÖZET

### ***in vitro* KÜLTÜR KOŞULLARI VE TUZLULUK STRESİ ALTINDA YETİŞTİRİLEN BOYSENBERRYİN MORFOLOJİK VE FİZYOLOJİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE BAZI NANOMATERYALLERİN ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ**

**Zehra KURT**

**Yüksek Lisans Tezi, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı**

**Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Sevinç ŞENER**

**Haziran 2021; 47 sayfa**

Tuzluluk bitki büyüme ve gelişmesini önemli derecede etkileyen, tarımsal ürün verimini kısıtlayan en önemli abiyotik stres faktörlerinin başında gelmektedir. Boysenberry'nin tüm dünyadaki yetiştiriciliği, diğer böğürtlen çeşitlerine kıyasla daha yüksek meyve kalitesine sahip olmasından dolayı hızla artmaktadır. Bu çalışmada *in vitro* koşullarda demir (FeNP), gümüş (AgNP) ve silikon dioksit (SiO<sub>2</sub>NP) nanopartiküllerinin tuz (NaCl) stresi altında boysenberry bitkisinin morfolojik ve fizyolojik özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışma kapsamında farklı tuz konsantrasyonları (15 ve 35 mM NaCl) ve NP (1 ve 2 mg L<sup>-1</sup> Ag, 0.025 ve 0.05 mM FeNP, 7.5 ve 15 mg L<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub>) dozları kullanılmıştır. *In vitro* koşullarda mikroçoğaltım yapılarak gelişmesi sağlanan bitkiler 4 hafta sonunda farklı tuz konsantrasyonları ve NP içeren 24 farklı MS besin ortamlarına aktarılmışlardır. Uygulamalara tabi tutulan bitkilerin, 4 haftalık vejetatif gelişmeleri sonucunda sürgün ve kök uzunluğu, yaprak sayısı, yaprak eni ve boyu, sürgün ve kök yaş ağırlıkları ve kuru ağırlıkları ile klorofil indeksi ölçülerek kaydedilmiştir. Ayrıca SOD ve CAT aktiviteleri ölçülmüştür. Elde edilen tüm sonuçlar değerlendirildiğinde, *in vitro* koşullarda doku kültürü ile yetiştirilen böğürtlen bitkisine uygulanan SiO<sub>2</sub>NP, FeNP ve AgNP uygulamalarının farklı dozlarının bitkinin vejetatif gelişimini olumlu yönden etkilediği belirlenmiştir. Farklı uygulamalar arasında en yüksek yaş kök ağırlığı (0.571 g), kök uzunluğu (54.07 mm) ve gövde kuru ağırlığı değerine (0.841 g) 15 mM NaCl + 0.025 mM FeNP uygulamasında ulaşılmıştır. Sürgün uzunluğu (61.10 mm), yaprak eni (14.46 mm) ve yaprak boyu değerleri (18.70 mm) ise 15 mM NaCl + 1 mg L<sup>-1</sup> AgNP uygulamasında kaydedilmiştir. Ayrıca en yüksek CAT aktivitesi 35 mM NaCl + 0.05 mM FeNP uygulamasında 17.82 olarak ve SOD aktivitesi 35 mM NaCl uygulamasında 311.55 olarak tespit edilmiştir.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Gümüş Nanopartikül, Demir Nanopartikül, Tuzluluk, Silikon Dioksit Nanopartikül

**JÜRİ:** Dr. Öğr. Üyesi Sevinç ŞENER

Prof. Dr. Hamide GÜBBÜK

Dr. Öğr. Üyesi Hülya SAYĞI

## **ABSTRACT**

### **DETERMINING THE EFFICACY OF SOME NANOMATERIALS ON THE MORPHOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF BOYSENBERRY GROWN UNDER *in vitro* CULTURAL CONDITIONS AND THE STRESS OF SALT**

**Zehra KURT**

**Master's Thesis Department of Horticulture**

**Supervisor: Asst. Prof. Dr. Sevinç ŞENER**

**June 2021; 47 pages**

Salinity is one of the most important abiotic stress factors that affect plant growth and development and limit agricultural product yield. The cultivation of Boysenberry all over the world is increasing rapidly due to its higher fruit quality compared to other blackberry varieties. In this study, the effects of iron (FeNP), silver (AgNP) and silicon dioxide (SiO<sub>2</sub>NP) nanoparticles on the morphological and physiological properties of boysenberry plant under salt (NaCl) stress were investigated *in vitro*. Different salt concentrations (15 and 35 mM NaCl) and NP (1 and 2 mg L<sup>-1</sup> Ag, 0.025 and 0.05 mM FeNP, 7.5 and 15 mg L<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub>) doses were used in the study. The plants, which were grown by micropropagation *in vitro*, were transferred to 24 different MS nutrient media containing different salt concentrations and NPs after 4 weeks. The shoot and root length, leaf number, leaf width and length, shoot and root fresh and dry weights, and chlorophyll index were measured as a result of the 4-week vegetative development of the treated plants. In addition, SOD and CAT activities were measured. When all the results obtained were evaluated, it was determined that different doses of SiO<sub>2</sub>NP, FeNP and AgNP applications applied to the blackberry plant grown with tissue culture *in vitro* conditions positively affected the vegetative growth of the plant. Among the different treatments, the highest wet root weight (0.571 g), root length (54.07 mm) and stem dry weight (0.841 g) was achieved in 15 mM NaCl + 0.025 mM FeNP application. Shoot length (61.10 mm), leaf width (14.46 mm) and leaf length (18.70 mm) were recorded in 15 mM NaCl + 1 mg L<sup>-1</sup> AgNP application. In addition, the highest CAT activity was determined as 17.82 in 35 mM NaCl + 0.05 mM FeNP application, and 311.55 in SOD activity in 35 mM NaCl application.

**KEYWORDS:** Silver Nanoparticle, Iron Nanoparticle, Salinity, Silicon Dioxide Nanoparticle

**COMMITTEE:** Asst. Prof. Dr. Sevinç ŞENER

Prof. Dr. Hamide GÜBBÜK

Asst. Prof. Dr. Hülya SAYGI

## ÖNSÖZ

Tez çalışmamı seçmemde, gerçekleştirmemde ve başından sonuna kadar akademik bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen, her zaman bana yol gösteren ve her daim desteğini ve samimiyetini esirgemeyen saygıdeğer hocam ve danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Sevinç ŞENER'e içtenlikle sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunuyorum.

Yüksek lisansımın başından sonuna kadar her aşamasında akademik bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen, her zaman yol gösterici olan ve her koşulda desteklerini sürdüren Dr. Öğr. Üyesi Kamile ULUKAPI'ya ve Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Gül NASIRCILAR'a sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Her daim yanımda olan, laboratuvar çalışmalarımda yardımlarını ve emeklerini esirgemeyen, hep destek olan ve kıymetli fikirlerini paylaşan değerli dostum Ziraat Yüksek Mühendisi Canan Nilay DURAN'a lisans ve yüksek lisans aşamasında hep yanımda olan, her adımda beni destekleyen, saygı ve sevgilerini esirgemeyen kıymetli dostum Ziraat Mühendisi Selma DEMİRTAŞ'a en içten teşekkürlerimi sunuyorum.

Tüm hayatım boyunca koşulsuz sevgilerini hep hissettiren, daima bana güç veren, her zaman maddi manevi desteklerini esirgemeyen, her koşulda daima yanımda olup bütün zorlukların üstesinden gelmemi sağlayan, bugünlere gelmemde büyük emekleri olan ve hep arkamda olduklarını bildiğim, minnet borcumu ödeyemeyeceğim canım aileme çok teşekkür ediyorum.

## İÇİNDEKİLER

|                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------|-----|
| ÖZET.....                                                   | i   |
| ABSTRACT.....                                               | ii  |
| ÖNSÖZ.....                                                  | iii |
| AKADEMİK BEYAN .....                                        | vi  |
| SİMGELER VE KISALTMALAR.....                                | vii |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....                                        | x   |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....                                     | xi  |
| 1.GİRİŞ .....                                               | 1   |
| 1.1. Bitkilerde Tuzluluk Stresi .....                       | 1   |
| 1.2. Böğürtlen .....                                        | 2   |
| 1.3. Nanoteknoloji .....                                    | 5   |
| 2. KAYNAK TARAMASI .....                                    | 8   |
| 2.1. Böğürtlen .....                                        | 8   |
| 2.2. Tuz Stresi.....                                        | 8   |
| 2.3. NanoMateryallerin Etkinliği.....                       | 10  |
| 3. MATERYAL VE METOT .....                                  | 13  |
| 3.1. Bitki Materyali .....                                  | 13  |
| 3.2. Nano Materyaller.....                                  | 13  |
| 3.3. Yöntem .....                                           | 13  |
| 3.3.1. Yüzey sterilizasyonu.....                            | 13  |
| 3.3.2. Nanopartikül süspansiyonları .....                   | 14  |
| 3.3.3. Nanopartikül içeren MS besiyerinin hazırlanması..... | 15  |
| 3.3.4. NanoPartikül uygulamaları .....                      | 16  |
| 3.4. İstatistiksel Analiz .....                             | 20  |
| 4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....                               | 21  |
| 4.1. Yaş Sürgün Ağırlığı (g).....                           | 21  |
| 4.2. Yaş Kök Ağırlığı (g).....                              | 22  |
| 4.3. Sürgün Uzunluğu (mm).....                              | 23  |
| 4.4. Kök Uzunluğu (mm) .....                                | 24  |
| 4.5. Gövde Çapı (mm).....                                   | 26  |
| 4.6. Yaprak Sayısı (adet) .....                             | 27  |

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| 4.7. Yaprak Boyu (mm).....                          | 27 |
| 4.8. Yaprak Eni (mm).....                           | 28 |
| 4.9. Gövde Kuru Ağırlığı (g).....                   | 29 |
| 4.10. Kök Kuru Ağırlığı (g).....                    | 30 |
| 4.11. Klorofil İndeksi (SPAD değeri) .....          | 30 |
| 4.12. Yaprak Oransal Su İçeriği (YOSİ) (%) .....    | 31 |
| 4.13. Nispi Büyüme Oranı (g kuru ağırlık/gün) ..... | 32 |
| 4.14. CAT Enzimi Aktivitesi.....                    | 32 |
| 4.15. SOD Enzimi Aktivitesi.....                    | 33 |
| 5. SONUÇLAR .....                                   | 35 |
| 6. KAYNAKLAR .....                                  | 36 |
| ÖZGEÇMİŞ                                            |    |

## AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “*in vitro* kültür koşulları ve tuzluluk stresi altında yetiştirilen böğürtlü bitkisinin morfolojik ve fizyolojik özellikleri üzerine bazı nanomateryallerin etkinliğinin belirlenmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

29.06.2021

Zehra KURT

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### **Simgeler**

|      |                                    |
|------|------------------------------------|
| %    | : Yüzde                            |
| mM   | : Milimolar                        |
| da   | : Dekar                            |
| g    | : Gram                             |
| kcal | : Kilokalori                       |
| mg   | : Miligram                         |
| mm   | : Milimetre                        |
| nm   | : Nanometre                        |
| cm   | : Santimetre                       |
| °C   | : Santigrad derece                 |
| L    | : Litre                            |
| dS   | : Desisiemens                      |
| mmol | : Milimolar                        |
| mS   | : Milisiemens                      |
| kg   | : Kilogram                         |
| ppm  | : Parts per million (milyonda bir) |

### **Kısaltmalar**

|                 |                           |
|-----------------|---------------------------|
| ROS             | : Reaktif oksijen türleri |
| CAT             | : Katalaz                 |
| SOD             | : Süperoksit dismutaz     |
| APX             | : Askorbat peroksidaz     |
| POD             | : Peroksidaz              |
| Na <sup>+</sup> | : Sodyum                  |

|                                 |                                            |
|---------------------------------|--------------------------------------------|
| Cl                              | : Klorür                                   |
| NaCl                            | : Sodyum Klorür                            |
| FAO                             | : Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü |
| K                               | : Potasyum                                 |
| Ca                              | : Kalsiyum                                 |
| Fe                              | : Demir                                    |
| P                               | : Fosfor                                   |
| NP                              | : Nanopartikül                             |
| ENP                             | : Mühendislik ürünü nanopartikül           |
| Vd.                             | : ve diğerleri                             |
| FeO                             | : Demir oksit                              |
| SiO <sub>2</sub>                | : Silikon dioksit                          |
| Vb.                             | : ve benzeri                               |
| AgNP                            | : Gümüş nanopartikül                       |
| Na SiO <sup>2</sup>             | : Silikon dioksit nanopartikül             |
| Si                              | : Silikon                                  |
| S                               | : Kükürt                                   |
| Chl                             | : Klorofil                                 |
| pH                              | : Asitlik-Alkalilik Faktörü                |
| FeNP                            | : Demir nanopartikül                       |
| MS                              | : Murashige ve Skoog besin ortamı          |
| BA                              | : Benzil adenin                            |
| IBA                             | : İndol bütirik asit                       |
| BAP                             | : Benzil amino purin                       |
| CE                              | : Elektrik iletkenliği                     |
| Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | : Sodyum sülfat                            |

|                                |                                  |
|--------------------------------|----------------------------------|
| GSH                            | : Glutatyon                      |
| PEG                            | : Polietilen glikol              |
| CuO NP                         | : Bakır oksit nanopartikül       |
| MDA                            | : Metilen dioksi amfetamin       |
| DNA                            | : Deoksiribo nükleik asit        |
| SA                             | : Salisilik asit                 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | : Demir oksit                    |
| Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> | : Manyetit                       |
| ZnO                            | : Çinko oksit                    |
| TiO <sub>2</sub>               | : Titanyum dioksit               |
| Au                             | : Altın                          |
| CuO                            | : Bakır oksit                    |
| NBT                            | : Nitro blue tetrazdium chloride |
| JA                             | : Jasmonik asit                  |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 3.1. Nanopartikül karışımlarının a) AgNP; b) FeNP; c) SiO <sub>2</sub> NP'leri homojenize etmek için kullanılan sanikatör ..... | 15 |
| Şekil 3.2. MS besi ortamının hazırlaması .....                                                                                        | 16 |
| Şekil 3.3. Bitki materyallerinin MS besi ortamına transfer edilmesi.....                                                              | 17 |
| Şekil 3.4. Transfer işleminden 4 hafta sonra gelişmiş olan bitkiler.....                                                              | 18 |
| Şekil 3.5. Bitkilerin a) Boy ölçümü; b) Çap ölçümü.....                                                                               | 18 |
| Şekil 3.6. Yaprakların klorofil miktarının belirlenmesi.....                                                                          | 20 |



## ÇİZELGELER DİZİNİ

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 3. 1. Uygulanan nanopartikül dozları .....                     | 14 |
| Çizelge 3. 2. Uygulanan MS ortamları .....                             | 16 |
| Çizelge 4. 1. Bitki yaş sürgün ağırlığı değerleri (g).....             | 22 |
| Çizelge 4. 2. Bitki yaş kök ağırlığı değerleri (g).....                | 23 |
| Çizelge 4. 3. Bitki sürgün uzunluğu değerleri (mm) .....               | 24 |
| Çizelge 4. 4. Bitki kök uzunluğu değerleri (mm) .....                  | 25 |
| Çizelge 4. 5. Bitki gövde çapı değerleri (mm).....                     | 26 |
| Çizelge 4. 6. Bitki yaprak sayısı değerleri (adet).....                | 27 |
| Çizelge 4. 7. Bitki yaprak boyu değerleri (mm) .....                   | 28 |
| Çizelge 4. 8. Bitki yaprak eni değerleri (mm) .....                    | 29 |
| Çizelge 4. 9. Bitki gövde kuru ağırlık değerleri (g).....              | 29 |
| Çizelge 4. 10. Bitki kök kuru ağırlık değerleri (g).....               | 30 |
| Çizelge 4. 11. Bitki klorofil indeksi SPAD değerleri .....             | 31 |
| Çizelge 4. 12. Yaprak Oransal Su İçeriği Değerleri (%) .....           | 32 |
| Çizelge 4. 13. Nispi Büyüme Oranı değerleri (g kuru ağırlık/gün) ..... | 32 |
| Çizelge 4. 14. Bitki CAT enzim değerleri .....                         | 33 |
| Çizelge 4. 15. Bitki SOD enzim değerleri .....                         | 34 |

## 1.GİRİŞ

### 1.1. Bitkilerde Tuzluluk Stresi

Stres, bütün canlılar açısından uygun olmayan çevre faktörü ile ifade edilen bir olaydır (Levitt 1980). Tuzluluk bitki büyüme ve gelişmesini önemli derecede etkileyen, tarımsal ürün verimini kısıtlayan en önemli abiyotik stres faktörlerinin başında gelmektedir. Dünyada giderek artan bir sorun haline gelen tuzluluk, doğal olaylar sonucunda veya yanlış tarımsal uygulamalardan kaynaklanabilmektedir (Kalaji ve Pietkiewicz 1993). Tuz stresi, bitkisel üretim açısından önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Tuzun bitki büyümesi üzerindeki negatif etkisi toksik maddelerden daha yüksektir. Toprak tuzluluk kaynakları arasında, zayıf drenajın eşlik ettiği sulama, en önde gelenlerden birisidir çünkü bu durum verimli tarım arazilerinin kaybını temsil etmektedir. İkincil tuzlanmanın nedeni suyun buharlaşması sonucu tuzun toprakta birikimi ile ifade edilmektedir. Bitkilerde tuza karşı tolerans mekanizmaları, bitki biyolojisinde önde gelen bir araştırma konusudur. Toprak çözeltisindeki yüksek tuz konsantrasyonunun sebep olduğu sorunlar 2 kategori altında toplanabilir. Birinci durumda; tuz iyonlarının çoğu, dışarıdan uygulandığında veya içerde yüksek konsantrasyonlarda bulunduklarında bitki hücreleri için toksik olabilmektedir. Tipik olarak sodyum klorür, tuzların çoğunu oluşturur. Sodyum iyonları çoğu bitki için toksiktir ve bazı bitkiler de yüksek konsantrasyonlarda klorür iyonları tarafından engellenir. İkinci durumda ise, yüksek tuz, toprak çözeltisindeki ozmotik potansiyelin azalması nedeniyle su miktarının azalması veya ozmotik stres ile ifade edilmektedir (Zhu 2007).

Tuzluluk, bitki büyümesini ve dağılımını bozabilmekte, yoğun tuz konsantrasyonları, bitkilerde verim ve kalite kayıplarına ayrıca önemli morfolojik, biyokimyasal, fizyolojik ve moleküler değişikliklere neden olabilmektedir (Ayala-Astorga ve Alcaraz-Meléndez 2010). Bitkinin tuz stresine maruz kalmasının zararlı etkileri arasında ozmotik ve iyonik stres, dehidrasyon, fotosentez ve protein sentezinin inhibisyonu, kloroz ve nekroz, büyüme azalması ve yüksek derecede reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimi bulunur. Tuz stresi, aşırı ROS üretimi yoluyla oksidatif stres tetikler. Hücrede ROS birikimi, süperoksit ve hidrojen peroksit seviyelerini etkili bir şekilde azaltan katalaz (CAT), spesifik olmayan peroksidaz (POD), süperoksit dismutaz (SOD) ve askorbat peroksidaz (APX) gibi antioksidatif enzimleri indükler, proteinlerin ve nükleik asitlerin spesifik olmayan oksidasyonuna neden olur (Miller ve diğerleri 2009). Bu durumda antioksidatif tepki, yüksek bitkilerde stres toleransının önemli bir belirtecini temsil eder (Xiong ve Zhu 2002). Ayrıca, sodyum ve klorür iyonlarının neden olduğu toksisite, besin maddelerinin dengesizliğine neden olur (Ashraf and Foolad 2007; Munns ve Tester 2008). Toprak çözeltisindeki tuz miktarı arttığında ve bitkinin su alımı kısıtlandığında, bitki hücreleri bölünür ya da uzaması birden yavaşlar, stomalar kapanır ve bununla birlikte fotosentez azalır. Stres koşullarının devam etmesi halinde bitki büyümesi tamamen durabilir (Ashraf 1994). Tuzluluk stresi bitkileri üç temel mekanizma ile kısıtlamaktadır. Bunlar su eksikliği (su stresi) ile birlikte ozmotik stres, fazla  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  alınması nedeniyle potasyum, fosfat ve nitrat alımının yavaşlaması ve fazla  $\text{Cl}^-$  ve  $\text{Na}^+$  alınımı ile ilgili oluşan iyon toksisitesi, dengesiz iyon alınımı ile ilgili hücre içindeki sıvı maddenin mineral yapısının bozulmasıdır (Marschner 1995).

Gill vd. (2004) stres faktörlerinden kaynaklı yılda yaklaşık olarak %25 ürün kaybı oluştuğunu bildirmektedirler. Bitkilerin tuza toleransı cins, tür, çeşit, genotip ve hatta organlara açısından önemli farklılıklar yaratmaktadır (Belkhodja vd. 1994). Bunun yanı sıra bitkilerin tuzluluğa karşı gösterdikleri her bir tepki genetik ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir. Bu tepkiler, bitkilerin gelişim dönemlerine, artan veya azalan tuz konsantrasyonlarına ve tuzluluğun etkinlik derecesine göre farklılıklar içerebilir (Greenway ve Munns 1980). Doğal yaşam alanlarında bitkiler genellikle tuzluluk ve ısı stresinin eşlik ettiği su eksikliklerine maruz kalırlar (Ahmad vd. 2008). Bazı bitkiler tuz stresinin yaratmış olduğu etkilerden korunmak amacıyla hücredeki tuzun olumsuz etkilerini azaltan bazı mekanizmalar geliştirmişlerdir. Bu bitkiler tuz stresine yanıt olarak prolin gibi uyumlu ozmolit üretimi gerçekleştirmektedirler. Stres koşulları altında prolin, ROS detoksifikasyonunda çok önemli bir rol oynamakta, enzimlerin aktivitesini arttırmakta, membran stabilitesine katkıda bulunmakta veya bir sinyal molekülü olarak hareket edebilmektedir (Cuin ve Shabala 2008; Szabadós ve Saviouré 2009). Dünyada ve ülkemizde sulama yapılan tarım arazilerinin çoğu, tuzluluk stresi ile karşı karşıyadır (Ekmekçi vd. 2005). Tüm bitkilerin, özellikle kültürü yapılanların tuzluluğun meydana getirdiği olumsuz etkilerini kendilerinden koruması her zaman mümkün olamamaktadır. Bu sebeple tuzluluğunun negatif etkilerini engellemek amacıyla farklı yöntemler kullanılmaktadır. Fakat genellikle bu yöntemler zaman alan ve maliyeti yüksek uygulamalar olabilmektedir (Aktaş 2002). Bu sebeple günümüzde tuza toleranslı çeşitler geliştirmek veya tuz stresine karşı bitki toleransını arttırabilecek uygulamalarla ilgili yapılan çalışmalar önem kazanmakta, klasik yöntemlerin yanı sıra kısa zamanda fazla sayıda bitki yetiştirmeye olanak tanıyan, hızlı sonuç alınabilen bitki doku kültürü tekniklerinin kullanılması önerilmektedir (Winicov 1996).

## 1.2. Böğürtlen

Böğürtlen (*Rubus fruticosus* L.), tuz konsantrasyonunu tolere etme kabiliyeti gösteren bir glikofit bitkisidir. Glikofitler, sitozoldeki tuz konsantrasyonunu 50 ila 100 mM NaCl aralığında başarıyla tolere edebilen tuza duyarlı bitkilerdir (Munns ve Tester 2008).

Böğürtlen; *Rosales* takımı, *Rosineae* alt takımı, *Rosaceae* (Gülgiller) familyası, *Rosoideae* alt familyasından *Rubus* cinsi içerisinde yer alan çalı formunda, meyveleri yenilebilen bir bitkidir. Bu cins içerisinde olan 12 adet alt cinsten *Idaebatus* ve *Eabatus* alt cinsleri ve bunlar içerisine giren türler önem taşımaktadır (Kurt vd. 2003). Yabani yayılımı da olan bu bitkinin kültür çeşitlerinin neredeyse tamamı Kuzey Amerika kökenlidir. Böğürtlen, dünyanın birçok yerinde çok yıllık bir çalı olarak yetişmekte ve Türkiye’de de vahşi doğada oldukça yaygın olarak bulunmaktadır. Türkiye’de böğürtlen yetiştiriciliği çok yeni olmasına rağmen, Türk mutfağında reçel, marmelat ve dondurulmuş gıda kullanımında oldukça popüler olduğu bilinmektedir. Ülkemizin çoğu bölgesinde bulunan genellikle yabani böğürtlenlerin diğer üzüksü meyvelerde olduğu gibi kendilerine özgü tat, renk ve aromaları vardır. Bununla birlikte gıda ve kozmetik sanayinde de önemli bir yeri vardır. Yabani böğürtlenler Türkiye’de, yol kenarlarında, ormanlık alanlarda, yamaçlarda ve mevcut herhangi bir arazide yetişmekte ve bölgeyi hızlı bir şekilde kolonileştirmektedir (Ağaoğlu 2003). Popülaritesinin artması sebebiyle son zamanlarda böğürtlen için yüksek bir tüketici talebi oluşmakta ve Türk çiftçileri, artan bu talebi karşılamak amacıyla yeni böğürtlen bahçeleri kurmaktadır (Barut

2004). Ancak kültür böğürtleninin ülkemizde ticari amaçla yetiştiriciliği, henüz yeterli sayılara ulaşmamıştır (Ağaoğlu 1986). FAO 2019 verilerine göre ülkemizin çilek dışındaki üzüksü meyve üretim alanı 104.190 da, üretim miktarı ise 70.175 tondur (Faostat 2021). Türkiye böğürtlen üretiminin %82'si Doğu Marmara Bölgesi bölgesinde yapılmakta olup, %78'i ise (2113 ton) Bursa ilinde yapılmaktadır (TÜİK 2019). Ayrıca Akdeniz bölgesinde de üretim yapılmakta ve bu değer 206 tonu bulmaktadır. Bu sırayı Batı Karadeniz (140 ton) ve Ege bölgesi (57 ton) izlemektedir (TÜİK 2014). İklim istekleri açısından seçici olmayan böğürtlen türleri, ilkbahar ve kış donlarına daha hassas bitkilerdir ve sıcak ve ılıman iklim şartlarında daha iyi sonuçlar vermektedirler. Bunun için Akdeniz Bölgesinin coğrafi konumu ve ticaret ağları, böğürtlen yetiştiriciliği bakımından dikkate alındığında, üretimin uygunluğu ve üretilen bitkilerin pazarlama açısından sorunsuz olarak yapılabileceği düşünülmektedir.

Böğürtlen ve ahududu meyvelerindeki fenolik bileşikler ve sağlık açısından faydalı olan antioksidatif özellikleri bu bitkinin tüketimine olan ilgiyi arttırmıştır (Barut 2004). Son zamanlarda yapılan araştırmalar böğürtlenin insan sağlığı açısından büyük önem taşıyan antioksidan ve antikanser özelliklere sahip kimyasalları literatürde belirtilen miktarlardan daha yüksek oranda içerdiğini göstermiştir. İnsan sağlığı açısından öneme sahip olan, antikanserojen özellikteki antioksidanlarca da zengin olan böğürtlen içerdiği bazı pigmentler, ellajik asit gibi fenoller, flavonlar, flavonoidler (antosiyenin, quercetin, kaempheol, myricetin), vitaminler ve lif içeriği diğer meyve türlerine kıyasla konsantrasyon bakımından çok yüksektirler (Halvorsen vd. 2001; Kähkönen vd. 1999; Heinonen vd. 1998; Costantino vd. 1992). Örneğin meyvelerin laboratuvar koşullarında hayvanlarda tümör gelişimini engelleyen yüksek oranda ellagik asit ve anti-kanser özellikleri içerdiği görülmüştür (Pehlivan ve Güleriyüz 2004). Kolon kanseri ve kalp hastalıklarına karşı koruyucu etkisi olduğu bilinen lifler böğürtlende 4-6 g/100 g oranında bulunmaktadır ki bu oran özellikle muz, armut ve elma gibi birçok meyve türünden daha yüksektir (Harris 2002; Ravai 1996). Bahçe bitkileri arasında yüksek besin değerine sahip olan böğürtlenin içeriği incelendiğinde; 100 g böğürtlende; 84.7 g su, 8.6 g karbonhidrat, 1.2 g protein, 1.0 g yağ, 4.0 g selüloz, 4.74 kcal. enerji, 3.0 mg sodyum (Na), 189.0 mg potasyum (K), 44.0 mg Kalsiyum (Ca), 0.9 mg demir (Fe), 30.0 mg fosfor (P), 0.27 mg A vitamini, 0.03 mg B1 vitamini, 0.04 mg B2 vitamini, 0.05 mg B6 vitamini, 0.4 mg niasin, 17.00 mg C vitamini, 3.16 g glukoz, 3.14 g fruktoz ve 0.47 g sakkaroz bulunmaktadır (Çetiner vd. 1993). Böğürtlen, diyet lifi, temel mineral olan manganez, C vitamini, K vitamini gibi yüksek besin içeriklerini bulundurmaktadır (Kaume vd. 2012). Böğürtlen yaprakları ve meyveleri geleneksel olarak antimikrobiyal ve antioksidan özelliklerinden dolayı alternatif tıpta da kullanılmaktadır (Martini vd. 2009). Antioksidan içeriği zengin olduğu için kansere yol açan ve hücrelere zarar veren serbest radikalleri yok ettikleri bilinmektedir. Ayrıca kanser riskini azaltan bağışıklığı korumasına ve güçlendirmesine yardımcı olmaktadır (Bowen-Forbes vd. 2010). Bitkinin kökleri saponinler ve tanenler içerirken, yaprakları ise flavonoidler ve tanenler içermektedir (Pullaiah 2006). Böğürtlen yaprakları ve kökleri, anemi, pamukçuk hastalığı, doğum sancıları, ishal ve dizanteri tedavisinde kullanılmaktadır. Meyve ve meyve suyu, sedef hastalığı, cilt kurulukları, boğaz ağrıları, ağız ülseri ve diş eti iltihapları tedavileri için kullanılmaktadır (Kaume vd. 2012). Böğürtlen ayrıca şarap ve aromalı likör yapımında da kullanılmaktadır (Parler 1962; Hatfield 1994).

Son yıllarda böğürtlenlerde yapılan ıslah çalışmaları sonucu iri meyveli çeşitlerin bulunması ve yeni terbiye sistemleriyle yüksek verim ve gelir elde edilmesi gibi nedenler küçük çiftçilerin bu meyvelere olan ilgisini arttırmıştır (Çetiner vd. 1993). Böğürtlenler ilk olarak Amerika ve Avrupa türleri kullanılarak kültüre alınmışlardır. 1921-23 yılları arasında ABD’de *Rubus baileyanus* ve *Rubus loganobaccus*’un melezlenmesi ile elde edilen Boysenberry’nin tüm dünyadaki yetiştiriciliği, taze tüketime ve işlenmeye olan uygunluğundan, diğer böğürtlen çeşitlerine kıyasla daha yüksek meyve kalitesine sahip olmasından dolayı hızla artmaktadır (Wood ve diğ., 1999). Yüksek aroma ve albeniye sahip olan boysenberry meyveleri gıda endüstrisi tarafından tercih edilmektedir. Son 25 yılda çeşitli ıslah yöntemleri ile dikensiz, iri meyveli, birçok hastalık ve zararlıya karşı dirençli çeşitleri geliştirilen, Pazar avantajı olan ‘Boysenberry’nin ticari üretimi ne yazık ki henüz istenilen seviyeye ulaşamamıştır (Hall ve Langford, 2005). Gerek ülkemizin tarımsal üretimine ve ticari potansiyeline katkı sunmak gerekse insanların sağlıklı gıda tüketme talebini karşılamak amacıyla böğürtlen yetiştiriciliği ile ilgili bilimsel çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Tek kökten oluşan bu bitkinin yan dalları uzun yıllar üzerinde yaşayamamaktadır (Yıldız 2011). Böğürtlenler ticari olarak klasik vejetatif yayılma yöntemleriyle, yani sert ağaç ve yumuşak ağaç kesimleriyle, katmanlama ve çalı bölme yoluyla yayılmaktadır. Ancak vejetatif çoğaltma yöntemlerinin başarısı ne yazık ki sınırlı kalmaktadır. Katmanlar tarafından yayılma oldukça geniş bir alan gerektirmekte ve yabancı ot kontrolü sorun olmaktadır. Köklendirme her zaman tatmin edici olmasada, kesimlerle yayılma daha basittir. Yumuşak ahşap kesimler kolayca köklenmekte ancak çok fazla katılım gerektirmektedir (Busby ve Himelrick 1999).

Boysenberry bitkisinde, makro çoğaltım yöntemlerinin yanı sıra mikro çoğaltım teknikleri de kullanılmaktadır. Mikro çoğaltım yönteminin, genotipik ve fenotipik açıdan homojen bitki eldesi, üstün özellikleri bakımında seçilen genotiplerin ya da üretimi kısıtlı olan bitki çeşitlerinin daha hızlı bir biçimde üretilmesi gibi avantajları bulunmaktadır (Mansuroğlu ve Gürel 2001). Özellikle küçük meyve çeşitlerinin çoğaltılması, *in vitro* çoğaltım yöntemi ile daha ekonomiktir. Mikro çoğaltma teknikleri, kısa sürede birçok bitkiyi üretebilmeye olanak tanımaktadır (Snir 1981). Doku kültürü, meyvecilikte bitkilerin *in vitro* çoğaltılması için hızlı bir yöntemdir, nispeten kısa bir sürede ve sınırlı bir alanda, mevsimsel değişiklikten etkilenmeden çok sayıda genetik olarak özdeş, hastalık ve zararlılardan arınmış böğürtlen bitkisi üretebilir (Zimmerman 1991; Sobczykiewicz 1992). Doku kültürü tekniği, böğürtlenlerde fidan üretimi için virüs ve hastalıklardan arı, en modern ve en hızlı yöntem olarak bilinmektedir. *In vitro*’da kontrollü şartlar altında sağlıklı bir ana bitkinin büyüme noktasından 0.1-0.3 mm kadar parça alınıp, sterilize edilmiş ve besin ortamı dökülmüş olan küçük kavanozlara konulmaktadır. Çevresel şartların en iyi şekilde sağlandığı iklim odaları veya dolaplarında çoğaltılıp, küçük bitkicikler oluşturulmaktadır. Bu bitkicikler belirli bir zamandan sonra toprağa alınıp, dış koşullara alıştırılarak büyütülmektedir. *In vitro* çoğaltmanın uygulanması, çok sayıda böğürtlen ve siyah frenk üzümü çeşidinde kaydedilmiştir (Wainwright ve Flegmann 1986; Meng vd. 2004; Orlikowska 1984; Wainwright ve Flegmann 1986; Ružić ve Cerović 1998; Meng vd. 2004). Böğürtlenlerin mikro çoğaltımında; meristem (Augusto 2002; Manshard 1992), koltuk tomurcuğu (Bobrowski vd. 1996; Erig vd. 2002), sürgün ucu (Mc Pheeters ve Skirvin 1989; Çetiner vd. 1993) ve tek boğumlu çelik (Gonzales vd. 2000) kültürleri

kullanılmaktadır. Koltuk altı tomurcuklarının gelişimi yoluyla *in vitro* çoğaltma, bu yöntemlerle karşılaşılan mevsimsel sınırlamaları ortadan kaldırmakta ve az miktarda başlangıç materyali gerektirmektedir. Birçok türde bu şekilde çoğaltılan *in vitro* bitkilerin sağlıklı ve üretime uygun olduğu kanıtlanmıştır (Shen vd. 1990).

### 1.3. Nanoteknoloji

Nanoteknoloji, madde yapısının 1 ila 100 nm boyutları arasındaki malzemelerle ilgilenen modern bir bilim dalıdır. Küçük boyutları, fiziksel ve kimyasal özellikleriyle birçok sektörde yer almış ve geliştirilmişlerdir (Khan vd. 2014). “Nano” kelime olarak, metrenin milyarda biri boyutuna eşit bir uzunluk birimidir. Boyutları 100 nm’nin altında olan nanopartiküller (NP) maddeler üzerinde ölçme, tasarlama, modelleme, düzenleme ve işleme gibi çalışmalarda kullanılmaya başlanmıştır (Nikalje 2015; Çıracı 2005). Nanoteknolojinin hızlı büyümesi, çeşitli boyutlarda ve fizikokimyasal özelliklerde bir dizi mühendislik ürünü nanopartikülün (ENP) üretimi ve kullanımı ile sonuçlanmıştır. NP’ler biyoteknoloji, tıp, eczacılık, enerji, havacılık, elektronik, savunma sanayii, kozmetik sanayii, boya ve plastik sanayi ve gıda endüstrisi gibi birçok farklı alanlarda kullanılmaktadır. Bununla birlikte otomotiv sanayii, cam ve seramik sanayii, tekstil ve inşaat sektörlerinde de kullanım alanlarına sahiptir (Çalbay 2014). NP’lerin çeşitli komüniteler, ekosistemler ve ekosistem fonksiyonları üzerinde olumlu etkileri olduğu bildirilmektedir (Ahmad vd. 2019). Ayrıca nanoteknolojinin tarımsal üretim alanında mevcut hastalıkların önlenmesinde ve yok edilmesinde, bitkilerin toprakta bulunan besin elementlerini daha hızlı almasına yönelik katkılarda bulunduğu düşünülmektedir (Anonim 2008). Tarımda kullanılan kimyasal miktarı, NP’ler ile azaltılabilmektedir (Johnston 2010). Son yıllarda nanoteknoloji, nanogübreler için de kullanılarak, tarımsal ürün verimliliğini arttırmak amacıyla önemli bir yol katetmiştir (Anjum vd. 2013). Bitkilerde NP uygulamaları genellikle bitkinin stres faktörlerine karşı adaptasyonlarını olumlu yönde etkilemeye yönelik ve dirençlerini arttırmaya karşı harekete geçmelerine yöneliktir (Ocsoy vd. 2013; Djanaguiraman vd. 2018; Wu vd. 2018). Bitkilere NP’lerin eksojen uygulamasının kök endodermal silisleşmeye, antioksidan sistem aktivitesine ve hücrel su dengesini düzenlemeye yardımcı olduğu görülmüştür (Siddiqui vd. 2014).

Demir oksit (FeO) ve silikon dioksit (SiO<sub>2</sub>) gibi NP’ler boya, plastik, yapıştırıcı vb. uygulamalarda kullanılan ve üretilen nanomateriyaller arasındadır. Çeşitli nanomalzeme türleri arasında bulunan gümüş AgNP’ler ise antibakteriyel özellikleri sayesinde yaygın olarak kullanılan nanopartiküller arasında kullanılmaktadır (Thuesombat vd. 2014).

SiO<sub>2</sub> daha düşük maliyetli ve kolay üretilen bir madde olduğu için çok geniş ve farklı kullanım alanları olan bir nanopartiküldür. Boyalarda, yapıştırıcılarda, plastiklerde, diş macunlarında, gıda paketlenmesinde, gıda katkı maddelerinde, tıpta, tarımda ve daha birçok farklı uygulama alanlarında kullanılmaktadır (Chang J, Chang K, Hwang ve Kong 2007; Dekkers vd. 2011; Ma vd. 2013). Silikon bitkilerde hastalıklara ve stres faktörlerine karşı direnç artırmaya yönelik etkin bir özelliğe sahip olmakla birlikte bitki yaşamı için en değerli unsurlardan biri olarak kabul edilmektedir (Brecht vd. 2004; Karimi ve Mohsenzadeh 2016). Si, toprakta sıvı, emilmiş ve katı fraksiyonlar olmak üzere üç farklı fazda bulunmaktadır (Tubana vd. 2016). SiO<sub>2</sub>NP inorganik bir metaloid olan ve çapı 100 nm’den küçük olan tek SiO<sub>2</sub> partiküllerinden oluşmaktadır. Ayrıca SiO<sub>2</sub>NP’in, tuzluluk stresi altında antioksidan sistemi güçlendiren,

kök endodermal tabakasında silisleşmeyi artıran, abiyotik streslere toleransı ve hücre su dengesini geliştiren bir bitki büyümesi indükleyicisi olduğu da bildirilmiştir (Siddiqui vd. 2014). Bazı monokotiledon bitkiler için  $\text{SiO}_2$  ile bitki hücre duvarı arasındaki ilişkinin önemi bildirilmiştir (Guerriero vd. 2016).

Fe, bitki büyümesi ve gelişimi için gerekli ve büyümede sınırlayıcı bir mikro besin elementidir. Bu elemente bitki büyüme ve gelişmesi için, fotosentezden solunuma kadar çok çeşitli biyokimyasal süreçler için gerek duyulmaktadır. Bitkilerde biyokimyasal reaksiyonları katalize eden yaklaşık 140 enzim için bir kofaktördür (Armin vd. 2014). Fe, elektron taşıma sisteminde yer aldığı gibi, kloroplast yapısının ve işlevinin korunmasında, Fe-S kümelerinin ve klorofilin (Chl) biyosentezinde gereklidir (Broadley vd. 2012; Briat vd. 2015; Mai vd. 2016). Kuraklık stres koşullarından kaynaklanan Fe eksikliği, CAT, POD ve APX gibi bazı antioksidan enzimlerin aktivitelerini artırarak reaktif oksijen türlerini çıkarmak için bitkilerde koruma mekanizmalarını indükleyen oksidatif strese neden olabilmektedir (Jelali vd. 2010). Bitki tarafından Fe'in alımı toprak, iklim koşulları, gübrenin uygulanma şekli, bitkinin büyüme dönemi gibi birçok faktörden etkilenebilmektedir (Liu vd. 2005). Bu nedenle bu elementin NP olarak uygulaması, çözünmeyen besinlerin toprakta çözünürlüğünü ve dağılımını artırabilir, besinlerin inaktivasyonunu azaltabilir ve biyoyararlanımlarını artırabilir (Askary vd. 2016). FeNP'leri, çok zengin bir Fe kaynağı olarak geniş bir pH aralığında kademeli Fe salınımı nedeniyle bitkiler daha yarayışlı olabilmektedir (Armin vd. 2014).

Günümüzde birçok farklı sektörde geniş kullanım alanları nedeniyle, AgNP'leri en önemli nanopartiküller arasındadır (Sengottaiyan vd. 2016). Metalik nanopartiküller arasında yer alan ve antimikrobiyal/antibakteriyel özelliği de bulunan, 650 farklı hastalık etmenleri üzerinde etkili olduğu bildirilen AgNP' ler, tıbbi ve biyomedikal ürünlerinde, paketlenme alanında, kozmetik sektöründe ve arıtma işlemlerinde dezenfeksiyon amacıyla kullanılabilmektedir (Beykaya ve Çağlar 2016; Prathna vd. 2018; Singh vd. 2008). Lea (1889), 120 yıl önce nano gümüşün ilk raporu sayılabilecek gümüş kolloid sentezini bildirdiği günden bugüne değin AgNP, günümüzde en çok ilgi gören nanomalzemelerden biri olmuştur (Nowack 2010; Kaegi vd. 2010). Geniş bir ticari yelpazesi bulunan ürünün dünya çapında 320 ton/yıl civarında üretimi yapıldığı ve kullanıldığı tahmin edilmektedir (Gottschalk vd. 2010). AgNP'leri tarımsal üretimde bazı bitkilerde çeşitli fungal hastalıkların önlenmesinde (domates, patates, çilek, biber, patlıcanda, bakla, arpa; *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea* ve *Fusarium* sp.) ayrıca kesme çiçekçilikte çiçeklerin vazo ömrünü uzatmak amacıyla kullanılabilmektedir (Elamawi vd. 2014; Danaee vd. 2013). Bunun yanı sıra doğru dozda yapılan AgNP uygulamalarının tohum çimlenmesini arttırmada (Shelar and Chavan 2015; Baalbaki vd. 1990), bitki büyüme ve gelişmesini teşvik etmede (Salama 2012; Sharma vd. 2012; Kaveh vd. 2013; Vannini vd. 2013), klorofil içeriğini ve fotosentez oranını arttırmada (Sharma vd. 2012; Hatami and Ghorbanpour 2013) etkili olabileceği belirtilmektedir. Almutairi (2017), AgNP'lerin, tohum çimlenmesini ve bitki büyümesini arttırmak, fotosentez oranını arttırmak gibi etkileri olduğunu ayrıca bitki hastalıklarını yönetmek için antimikrobiyal ajanlar olarak görev yaptıklarını belirtmiştir. Bazı yeni bildirilen çalışmalarda da AgNP'lerin çeşitli bitkilerde tuzluluğa karşı direncin geliştirilmesinde oldukça etkili olduğu bildirilmektedir (Ekhtiyari vd. 2011; Haghighi vd. 2012; Kalteh vd. 2014). Nanopartiküllerin kuraklık ve tuzluluk gibi çevresel streslere karşı bitki

toleransının iyileştirilmesindeki rolü üzerine araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Nitekim AgNP'lerin sebze ve tarla bitkilerindeki etkileri ve ayrıca mikrobiyolojik etkinlikleri üzerine ilişkin çok sayıda rapor olmasına rağmen, meyvecilikte bilhassa üzümü meyveler üzerindeki etkilerini araştıran sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır.

Bu çalışmanın amacı *in vitro* kültür koşulları ve tuzluluk stresi altında (15 ve 35 mM NaCl) yetiştirilen boysenberry bitkisinin morfolojik ve fizyolojik özellikleri üzerine bazı nanomateryallerin (SiO<sub>2</sub>NP, FeNP, AgNP) etkinliğinin belirlenmesidir.

.



## 2. KAYNAK TARAMASI

### 2.1. Böğürtlen

Böğürtlen (*Rubus fruticosus L.*), hoş ve lezzetli tadı ve yüksek besin değeri ile dünya çapında adını duyurup, ticareti yapılan meyvesi ile ünlü olan çalı formunda bir bitkidir. Kökeninin Ermenistan olduğu bildirilen bitki, günümüzde Asya, Avrupa, Kuzey ve Güney Amerika'ya kadar dağılmış durumdadır (Swanston-Flat vd. 1990; Hummer ve Janick 2007). Böğürtlenler üç metreye kadar hızlı bir şekilde büyüyen, dolaşık ve kavisli gövdeleriyle çok yıllık dikenli, çalimsı bitkilerdir (Verma vd. 2014). Günümüzde bitkinin kültüre alınan dikensiz çeşitleri de bulunmaktadır. Çok yıllık olan bu bitkiler yaz başında ve ilkbahar sonunda çiçek açarlar, beyaz veya uçuk pembe renginde ve yaklaşık 2-3 cm çiçekleri vardır. Önce yeşil olan ve olgunlaştıklarında kırmızı ve siyah renk skalası arasında değişen aromatik meyvelerin albenisi yüksetir (Hummer ve Janick 2007).

Böğürtlen yetiştiriciliğinde uygulanabilecek doku kültürü yöntemi ile bitkinin yetiştiriciliği ve üretimi açısından fırsatlar sunulabilecektir (Bobrowski vd. 1996). *Rubus* cinsinin birçok türünün *in vitro* koşullarda üretilmesine ilişkin başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Manshard (1992) açık alanda yetiştirilen genetik olarak dikensiz böğürtlenlerle hazırlanan çalışmada, üç alt kültür oluşturulmuştur. Mikro çoğaltım ile elde edilen bitkiler, uç daldırması veya gövde çeliklerinden elde edilen bitkilere göre, daha iyi performans göstermiş ve benzer fenotipte gelişmişlerdir.

Böğürtlenin doku kültürü yöntemiyle çoğaltılmasına ilişkin çalışmalar incelendiğinde bu yetiştiricilik yönteminde kullanılabilecek bazı protokollerin bulunduğu göze çarpmaktadır (Fiola ve Swartz 1986; Graham ve McNicol 1990; Cousineau ve Donnelly 1991; Mathews vd. 1995). Bobrowski vd. (1996), böğürtlen mikro çoğaltımı için kültür koşullarını, 16 saat fotoperiyod,  $27 \pm 1$  °C sıcaklık ve 3000 lux ışık intensitesi, Çetiner vd. (1993) 26 °C sıcaklık, 8000 lüks ışık yoğunluğu ve 16 saat fotoperiyod olarak tespit etmişlerdir. Erig vd. (2002) ise, kültürleri hazırlandıktan sonra, bitkicikleri 16 saat fotoperiyod,  $25 \pm 2$  °C sıcaklık ve 25  $\mu\text{m.m}^{-2}/\text{s}$  radyasyonda tutmuşlardır. "Smoothstem" böğürtlen çeşidinin eksplantları önce MS ortamına (15 gün), ardından da (4 mM) BA ve (0,25 mM) IBA ilave edilmiş tam MS ortamına alındıktan sonra sürgün gözü oluşumu gözlenmiş ve bu ortamın böğürtlen çoğaltımı için en iyi ortam olduğu belirtilmiştir (Gonzales vd. 2000).

"Tupy" böğürtlen çeşidi ile yapılan mikro çoğaltımda, tam MS besin ortamına ilave edilmiş (100 mg/l) myo-inositol, (30 g/l) sakkaroz ve (6 g/l) agar kullanılmıştır. IBA' nın kullanılmadığı kontrol ortamındaki bitkilerde yüksek sayıda çoğalma gözlenirken, 2 mM BAP konsantrasyonu bulunan ortamda, en yüksek çoğalma katsayısı elde edilmiş ve buna kültürün üçüncü haftasında ulaşılmıştır (Erig vd. 2002).

### 2.2. Tuz Stresi

Günümüzde tarımsal üretimin en önemli sorunlarından birisi olan tuzluluk böğürtlen yetiştiriciliği açısından da ciddi bir sorun teşkil etmekte ve bu soruna çözümler aranmaktadır. Tuzluluğun zararlı etkileri, bölgeye bağlı iklim koşullarına, toprak koşullarına, ışık yoğunluğuna ve bitki türlerine bağlı olarak değişebilmektedir

(Tang vd. 2015). Tuzluluk stresinin meydana getirdiği sorunun temeli bitki dokularındaki iyon bileşimleri ve konsantrasyonlarından kaynaklamaktadır (Hosseini ve Thengane 2007). Tuza karşı duyarlılığı olan bitkilerin (Reinhardt vd. 1995). Bitkinin büyüme ortamında bulunan yüksek tuz konsantrasyonları, turgor kaybına, büyümenin durmasına ve stresin artması durumunda dokuların ölmesine sebebiyet verebilmektedir (Mwai 2001). Böğürtlen sitosolde artan tuz konsantrasyonunu tolere etme yeteneğine göre tuza duyarlı bir bitki olarak addedilmektedir. Sitozol içindeki tuz konsantrasyonunu 50 ila 100 mM NaCl aralığında tolere edebilmektedir (Munns ve Tester 2008).

Tuz stresinin böğürtlenin büyüme gelişme ve enzim aktivitesine olan etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, 35 mM NaCl dozundaki tuz stresine maruz kalan böğürtlenin, guaiacol peroksidaz (POD), katalaz (CAT) ve askorbat peroksidaz (APX) aktivitelerinde olumlu yönde bir antioksidatif savunma mekanizması gerçekleştirmiş olduğu ve ROS'un antioksidatif enzimler tarafından atılmasının tuzluluk direnci sağladığı bildirilmektedir (Marcek vd. 2015).

Muralitharan vd. (1992) NaCl ve Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>'ün mavi yemişin büyüme ve gelişmesi ve biyokimyasal madde içeriği üzerine olan etkisini araştırmışlar ve çalışma sonucunda, bitkinin Na<sup>+</sup> ve Cl<sup>-</sup> iyonlarını gövde ve kök yerine yapraklarda biriktirdiğini, Cl<sup>-</sup> ve Na<sup>+</sup> toksitesinin K<sup>+</sup>'da ciddi bir azalma ile birlikte yaprak nekrozuna neden olduğunu bildirmişlerdir.

Keutgen ve Pawelzik (2007), orta düzeydeki tuz stresinin (40 mmol/L) çilek meyvelerinde süperoksit dismutaz (SOD) düzeylerini artırdığını ve glutatyon (GSH) içeriğini azalttığını ve askorbik asidi azalttığını bildirmektedirler.

Miranda vd. (2014) tuzluluğun (0, 60 ve 120 mM NaCl) örtüaltı koşullarda saksıda yetiştirilen altın çilek yapraklarında prolin birikimi ve toplam antioksidan aktivite üzerindeki etkilerini araştırmış ve çalışma sonucunda bitkilerin yüksek tuz stresi altında (120 mM NaCl) yapraklarda antioksidan aktiviteyi artırarak kendilerini koruduklarını, yüksek radikal yakalama aktivitesi tayin edildiğini ancak prolin sentezinin durumdan etkilenmediğini bildirmişlerdir.

Cardona vd. (2017) mikorizal mantarla aşılınmış ve aşılınmamış böğürtlen bitkisinde farklı tuz konsantrasyonlarının (0, 40, 80 ve 120 mM NaCl) bitki büyüme ve gelişmesi üzerine olan etkilerini değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar 120 mM'de, bitkilerde Ca alımının azaldığını ve Na alımının arttığını bu durumun ise bitkilerin su tüketimini azaltması ile sonuçlandığını bildirmişlerdir.

Agastian vd. (2020) tuzluluğun (0–12 mS cm<sup>-1</sup>) karadut genotiplerinde fotosentez ve biyokimyasal özellikler üzerine etkisi araştırmışlardır. Çalışmada klorofil ve toplam karotenoid içeriklerinin tuzluluk nedeniyle önemli ölçüde azaldığı, düşük tuzlulukta, fotosentetik CO<sub>2</sub> alımının kontrole göre arttığı, ancak daha yüksek tuzlulukta azaldığı, çözünür proteinlerin, serbest amino asitlerin, çözünür şekerlerin, sükröz, nişasta ve fenollerin içeriğinin 1-2 mS cm<sup>-1</sup> tuzlulukta arttığı ancak daha yüksek tuzlulukta (8-12 mS cm<sup>-1</sup> azaldığı bildirilmiştir.

Gonzalez-Jimenes (2020) Tupy Cv. böğürtlen çeşidinde farklı tuz konsantrasyonları (2.0 (kontrol), 2.2, 2.4, 2.6, 2.8 ve 3.0 dS m<sup>-1</sup> elektrik iletkenliklerine (CE) sahip tuzlu besin çözeltileri) kullanarak tuzluluğun etkisini araştırmıştır. Araştırmacılar tuzluluğun bitki veriminde, bitki kuru ağırlığında, gövde çapında, meyve sayısında, toplam klorofil konsantrasyonunda, karotenoid içeriğinde, meyvenin ağırlığında, uzunluğunda ve çapında azalmaya neden olduğunu bunun yanı sıra köklerdeki prolin miktarında artış olduğunu bildirmişlerdir.

### 2.3. NanoMateryallerin Etkinliği

Pei vd. (2010) *in vitro* koşullarda buğdayda (*Triticum aestivum* L.) polietilen glikolün neden olduğu su eksikliği stresine karşı Si uygulamasının etkisini araştırmışlardır. Yapılan çalışmada PEG stresinin, sürgün ve kökün büyümesini baskıladığı ve yaprak su potansiyelini ve klorofil konsantrasyonunu azalttığı ancak 1.0 mM Si ilavesinin, sürgünün büyümesini kısmen iyileştirebildiği bunun yanı sıra stres altındaki bitkilerin yaprak klorofil konsantrasyonlarını artırabildiği bildirilmektedir. Çalışmada dikkat çeken diğer önemli bir durum ise Si'nin kültür çözeltilisine dahil edilmesi sonucunda stres altındaki bitkilerin yaprak suyu potansiyelinin kontrol bitkileriyle aynı seviyede tutulmasıdır.

Ekhtiyari vd. (2011), AgNP'lerin farklı dozlarının (0, 20, 40, 60, 80 and 100 mg.kg<sup>-1</sup>) *in vitro* koşullarda tuz stresi (0, 30, 60, 90,120,150,180 mmol.l<sup>-1</sup>) altında rezene (*Foeniculum vulgare* Mill.) tohumlarının çimlenmesi üzerine olan etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonunda araştırmacılar 20 mg.kg<sup>-1</sup> AgNP'lerin, çimlenme durumundaki canlılık, çimlenme yüzdesi ve hızı, taze ağırlık ve kök uzunluğu üzerinde en iyi etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Haghighi vd. (2012), tuzluluğun (1 and 2 mM) domates tohumlarının çimlenmesi ve büyümesi üzerindeki olumsuz etkilerini iyileştirmek için Nano Silikon'un (N Si) (1 and 2 mM) etkilerini değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda sunuluna sonuçlarda tuz stresi altında N Si'un domates tohumlarının çimlenmesi üzerine çimlenme hızı, kök uzunluğu ve kuru ağırlık gibi çimlenme özelliklerinde olumlu etki yaptığı bildirilmektedir.

Ghafariyan vd. (2013), örtüaltı koşullarda hidroponik yetiştirme sisteminde soya bitkisinde, Fe-NP'nin düşük konsantrasyonlarının soya fasulyesinin yapraklarındaki klorofil içeriğini önemli ölçüde artırdığını bildirmiştir. Araştırmacılar soya fasulyesinde Fe kaynağı olarak bu nanomateryallerin kullanımının uygun olacağını ve Fe eksikliğinde ortaya çıkan belirtilerin önlenebileceğini bildirmektedirler.

Gümüş nanopartiküllerin (Ag NP'ler) *Cucumis sativus* bitkisinin tohum çimlenmesi, fide büyümesi ve meyve verimi ve ağırlığı gibi büyüme parametrelerini olumlu etkilediği bildirilmektedir (Shams vd. 2013).

Çalbay (2014) yaptığı çalışmada, bakır oksit nanopartiküllerini (CuO NP) ve silikon dioksit nanopartiküllerini (SiO<sub>2</sub> NP), *Allium cepa*'da test etmiştir. Çalışma sonunda uygulamalar, hem mitotik indekste mitotik fazlarda değişimlere neden olmuş, hem de mitotik evrelerde kromozom anormallikleri doğrudan veya dolaylı mekanizmalarla meydana getirmiştir.

Delfani vd. (2014), bezelyede  $500 \text{ mg L}^{-1}$  Fe-NP uygulanmasının kontrol bitkilerine kıyasla bitki başına bakla sayısını (%47), 1000 tohum ağırlığını (%7), yaprak sayısını (%34) ve klorofil içeriği (%10) arttırdığını bildirmektedirler. Ayrıca Fe kaynağı olarak nano materyal kullanımının normal Fe gübre kaynaklarına kıyasla verimi önemli ölçüde arttırdığı belirtilmektedir.  $500 \text{ mg L}^{-1}$  Fe-NP uygulanmasının klasik Fe uygulamasına kıyasla bitki başına bakla sayısını %28, 1000 tohum ağırlığını %4, yaprak sayısını %45 ve klorofil içeriği %12 oranında arttırdığı belirtilmektedir.

Siddiqui ve Whaibi (2014),  $\text{SiO}_2\text{NP}$ 'lerinin domates (*Lycopersicum esculentum* Mill.) tohumlarının çimlenmesi üzerindeki etkilerini değerlendirmek için yaptıkları çalışmada,  $\text{SiO}_2\text{NP}$  uygulamasının tohum çimlenme özelliklerini önemli ölçüde arttırdığını bildirmişlerdir. Çalışma raporlarında  $8 \text{ g L}^{-1}$   $\text{SiO}_2\text{NP}$  dozu uygulamasının tohum çimlenme yüzdesini, ortalama çimlenme süresini, tohum çimlenme indeksini, tohum canlılık indeksini, fide taze ağırlığını ve kuru ağırlığı iyileştirdiği bildirilmiştir. Araştırmacılar  $\text{SiO}_2\text{NP}$ 'nin, sürdürülebilir tarımı geliştirebilecek alternatif gübre kaynağı olabileceğini belirtmektedirler.

Syu vd. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, AgNP'lerinin, *Arabidopsis thaliana*'da çoklu hücrel olaylarda yer alan genleri ve hücre bölünmesi sürecine dahil olan bir dizi geni aktive ettiği, metabolizmayı geliştirdiği, bunun yanı sıra etilen salgılanması üzerine inhibitör etkisi yarattığı bildirilmektedir.

Taiz vd. (2015), FeNP'leri ile yapılan gübreleme bilhassa sodyumun emilimini ve birikmesini azaltarak ve sodyum başına potasyum oranını arttırarak tuzluluk stresinde bitki direncini arttırmaktadır. Sonuç olarak demir nano-gübre uygulaması kökün seçici plazma membran geçirgenlik özelliklerini arttırmaktadır.

Almutairi (2016) 5 farklı AgNP dozunun ( $0.05, 0.5, 1.5, 2$  ve  $2.5 \text{ mg L}^{-1}$ ) domates bitkilerinin çimlenme sırasındaki tuz toleransı ( $150$  ve  $100 \text{ mM NaCl}$ ) üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışma sonucunda tuz stresinin tohum çimlenmesi ve fide büyümesi üzerine negatif etkisi olduğu ve bu etkinin, AgNP'lerle hafifletildiği belirtilmiştir. Çalışmada ayrıca tuz stresi altında AgNP uygulamasının domatesin çimlenme yüzdesi, çimlenme oranı, kök uzunluğu ve fide taze ve kuru ağırlığını arttırdığı bildirilmektedir.

Abbasi Khalaki vd. (2016)  $\text{SiO}_2\text{NP}$  ve AgNP'lerin *Thymus kotschyanus*'un tohum çimlenmesi ve çimlenme özellikleri üzerine olan etkilerini araştırmışlar ve sonuç olarak tohum çimlenmesinin  $\text{SiO}_2\text{NP}$  ve kontrol işlemlerine kıyasla AgNP uygulamasından önemli düzeyde etkilendiğini belirtmişlerdir. Çalışmada, AgNP uygulamasında (%20) daha yüksek tohum çimlenme özellikleri değerleri saptandığı belirtilmektedir.

Çekiç vd. (2016) domates bitkilerinde malondialdehit içeriğindeki (MDA) artışın AgNP'lerine duyarlı olabileceğini tespit etmişlerdir. Ayrıca AgNP'lerin, DNA hasarı ve lipid peroksidasyonunu artırarak domates bitkileri üzerinde olumsuz etkileri olabileceğini söylemişlerdir.

Iqbal vd. (2017) yaptıkları çalışmada, AgNP uygulanmasının buğday bitkilerinin morfolojik büyümesini iyileştirerek, ısı stresine karşı koruyabildiklerini tespit etmişlerdir.

Mozafari vd. (2017) çilek bitkileri üzerinde kuraklık stresinin, in vitro koşullarında ölçülen tüm parametrelerini olumsuz yönde etkilediğini göstermişlerdir. Ayrıca FeNP'nin salisilik asit (SA) ile birlikte uygulanmasının, in vitro çilek kültüründe yüksek miktarda verim sağlamak için yararlı bir yöntem olabileceğini göstermişlerdir.

*In vitro* kültür ortamında ve kuraklık koşullarında demir nano partiküllerinin ve salisilik asitin çileğin büyüme ve gelişmesi üzerine olan etkilerinin araştırıldığı bir diğer çalışma sonunda ise, salisilik asidin kuraklığın yaratmış olduğu olumsuz etkileri bertaraf etmede başarılı olduğu, bitki gelişim parametrelerini olumlu yönde etkilediği, FeNP uygulamasının kontrol bitkilerine kıyasla daha iyi sonuç verdiğini ve bu nanopartiküllerin stres koşullarında etkili olabileceği, bu yöndeki çalışmaların artırılması gerektiği bildirilmiştir (Akbar Mozafari vd. 2018).

Akhoundnejad vd. (2018) Şırnak Üniversitesi bünyesinde yürüttükleri çalışmada, taze soğan (*Allium Cepa*) bitkisinde farklı AgNP (0, 25, 50, 75, 100 ppm) dozları uygulanmışlar ve çalışmada, bitkileri bitki boyu, gövde çapı, kök kuru madde oranı, bitki ve yaprak genişliği ölçümleri bakımından değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak gümüş nanopartiküllerin olumlu etkilerini görmüş ve en etkin dozun 50 ppm olduğuna kanaat getirmişlerdir.

Çelikbaş (2019) çalışmasında, bazı nanopartiküllerin (Silika, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, ZnO, TiO<sub>2</sub>, Au, CuO, Ag) Anadolu karaçamı tohumlarının çimlenmesinde olumlu bir etkiye sahip olabileceklerini bildirmiştir.

Gökçe (2019) çalışmasında 10 nm boyutlu farklı konsantrasyonlardaki (Kontrol ve 10, 20, 40 ppm) AgNP'lerin domates tohumlarında morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal etkilerini araştırmış çalışma sonunda 2, 4 ve 8 saatlik ön uygulamalarının 7 günlük fidelerde fitotoksik etkiye neden olduğu tespit edilmiştir.

Oğuzperdahçı (2019) yaptığı çalışmada, *Lemna minor* bitkisinde, biyolojik sentez ile elde edilen FeNP'nin, ortamdan ağır metallerin giderimini teşvik ettiğini ve ortam tuzluluğunun, FeNP'lerin çalışmasını etkilediğini bildirmiştir.

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Bitki Materyali

**Boysenberry:** "Boysenberry" nin kökeni kuzey Kaliforniya'ya kadar uzanmakta ve Boysenberry ismini, Rudolph Boysen'den almaktadır (Wood vd. 1999). Meyveleri uzun (3 cm uzunluğunda), iri, 8 g ağırlığında, siyaha yakın mor renktedir. Oldukça iyi aromalı ve büyük çekirdekli. Meyveleri biraz geç olgunlaşmaktadır ve koparıldığında ahududu gibi boşluk kalmaktadır. Yaprakları ise koyu renklidir. Verim açısından yüksektir.

#### 3.2. Nano Materyaller

**SiO<sub>2</sub>NP:** SiO<sub>2</sub> nanopartikülleri (Silica nanopowder), ticari olarak temin edilmiştir. Sigma Aldrich marka olan SiO<sub>2</sub>NP'nin partikül boyutu 10-20 nm çapında, yüzey alanı 590-690 m<sup>2</sup> / g ve saflık derecesi %99.8'dir. Kuru beyaz bir toz halinde ve 50 g ağırlığında cam şişe içerisinde temin edilmiştir.

**FeNP:** FeNP'lerinin (Iron nanopowder) partikül boyu 35-45 nm olup, Sigma marka olarak temin edilmiştir. Siyah renkte ve yüksek saflıkta olan demir tozlarının kitle yoğunluğu 0.5 g / cm<sup>3</sup>, gerçek yoğunluğu ise 7.9 g / cm<sup>3</sup>'tür. Demir parçacıkları kristal yapıda, kübik şeklide olup, yüzey alanı 10.0-15.0 m<sup>2</sup> / g'dır ve plastik şişede 5 g olarak temin edilmiştir.

**AgNP:** AgNP (Silver nanopowder) ortalama partikül boyutu <10 nm ve yüzey alanı 10.0-15.0 m<sup>2</sup> / g'dır. Sigma marka olarak satın alınmıştır. Saflık derecesi %99.9 olup, plastik şişede 5 g olarak temin edilmiştir.

#### 3.3. Yöntem

Çalışma Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri bölümü bünyesinde gerçekleştirilmiş olup ayrıca Teknik bilimler Meslek Yüksekokulu organik tarım laboratuvarından da faydalanılmıştır. Deneme farklı tuz konsantrasyonları (15 ve 35 mM NaCl) ile 3 farklı nanomateriyalin farklı dozları (SiO<sub>2</sub>NP, AgNP, FeNP) olmak üzere 2 faktör planlanmıştır. Sterilizasyonu tamamlanan materyaller hazırlanan besi ortamına koltuk tomurcuğu kültürü ile transfer edilmiştir.

Araştırmada eksplant alımı 15 Nisan 2020-15 Mayıs 2020 tarihleri arasında yapılmıştır. Boysenberry bitkisine ait çeliklerden alınan dinlenme halindeki gözler, öncelikle doku kültürü laboratuvarında yüzey sterilizasyonu işlemine tabii tutulmuştur. Çelik üzerindeki yaprakçıklar temizlenerek üzerinde koltuk tomurcuğu bulunan eksplantlar budama makası ile 1-2 cm boyunda kesilerek, yüzey sterilizasyonu işlemlerine tabii tutulmuşlardır.

##### 3.3.1. Yüzey sterilizasyonu

Aktif büyüme döneminde (Nisan-Mayıs) olan bitkilerin sürgün ucundan alınan, tek göz bulunan boğum eksplantları, önce %70'lik etanol içerisinde 1 dakika tutulmuş ve 3 kez saf sudan geçirilerek durulanmıştır. Bunu tekrar eden aşamada, %20'lik sodyum hipoklorit çözeltisinin içerisinde birkaç damla Tween 20 ilave edilerek, 15

dakika süreyle sterile edilmiştir. Daha sonra eksplantlar steril kabin içerisinde saf su ile 3 kez durulanmıştır (Gök 1996).

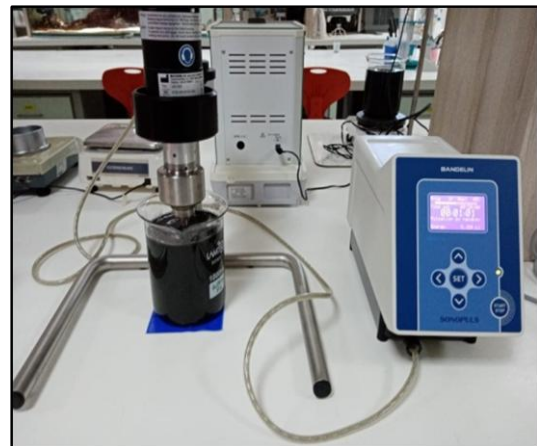
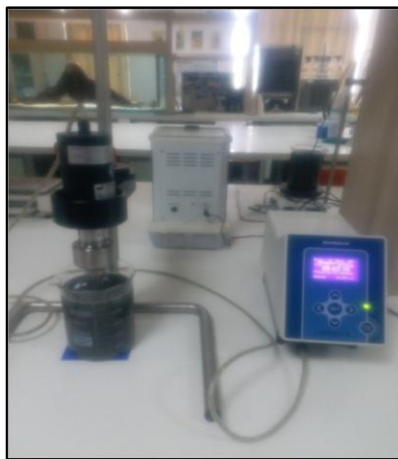
Besin ortamı olarak MS temel ortam bileşimi kullanılmıştır. MS ortamına %3 sakkaroz ve %0.7 agar ve %0.44 Gelrite ilave edilmiş ve pH 5.8'e ayarlanmıştır. Besin ortamları steril kabin içerisinde, 60.5x90.7 mm'lik 190 cc hacmindeki cam kavanozlara, yaklaşık 40 ml doldurularak kavanozların ağzı kapatılmıştır. Kavanozlara doldurulan besin ortamları, 121°C'de 1.5 p.s.i. basınçta 20 dakika süreyle sterilize edilmiştir. Dezenfekte edilen bitkisel materyaller, steril kabin içerisinde aseptik koşullarda stereomikroskop altında yaprak, pullar ve tüylerden temizlenerek üzerinde tek bir koltuk tomurcuğu kalacak ve 0.5-0.7 cm olacak şekilde kesilerek dikime hazırlanmıştır. Cam kavanozlardaki besin ortamlarına, her kavanozda iki eksplant olacak şekilde dikim yapılmıştır. 4 hafta süreyle,  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de, 16 saat fotoperiyotta florasan lamba altında ( $30\text{-}35 \mu\text{mol m}^{-2} \text{S}^{-1}$ ) iklim odasında kültüre alınmışlardır. 4-5 hafta boyunca *in vitro* koşullarda geliştirilen, explantlar yine steril kabin içerisinde kök, sürgün ve yaprak eksplantını teşvik etmek amacıyla "0.5 ml BAP + 0.5 ml IBA" farklı dozlarda gümüş, demir ve nano silikon dioksit ve farklı tuz seviyeleri içeren tam kuvvetli MS ortamına aktarılmışlardır.

### 3.3.2. Nanopartikül süspansiyonları

**Çizelge 3. 1.** Uygulanan nanopartikül dozları

| Nanopartikül     | Uygulanan Doz                |
|------------------|------------------------------|
| SiO <sub>2</sub> | 7,5 ve 15 mg L <sup>-1</sup> |
| FeNP             | 0,025 ve 0,05 mM             |
| AgNP             | 1 ve 2 mg L <sup>-1</sup>    |

PVP kaplı nanopartiküller (PVP-Ag, Fe ve SiO<sub>2</sub> NP'ler) kuru bir toz olarak satın alındı ve 0,2 ve 1 mg AgNPL, 0,025 ve 0,05 mg Fe L, 7,5 ve 15 mg SiO<sub>2</sub>NP L yapmak için deiyonize suda (direnç > 18 MΩ cm; süspansiyon pH = 5.8) süspanse edildi –1 stok süspansiyonu, bir sonda tipi sonikatör (Misonix, QSonica LLC, Newton, ABD) kullanarak 30 dakika boyunca sonike ederek çözündürülmüştür (Yin vd. 2012).



(a)

(b)



(c)

**Şekil 3.1.** Nanopartikül karışımlarının **a)** AgNP; **b)** FeNP; **c)** SiO<sub>2</sub>NP'leri homojenize etmek için kullanılan sanikatör

### 3.3.3. Nanopartükül içeren MS besiyerinin hazırlanması

MS hazırlamak için 1 litrelik cam şişenin içerisine sanikatörde çözündürülmüş olan nanopartiküllerin bulunduğu deiyonize su kullanılmıştır. Sakkaroz, bitki büyüme düzenleyicisi olarak BAP ve IBA stok çözeltilerinden ilave edilmiş olup ayrıca iki farklı dozda sodyum klorür ilavesi yapılmıştır. Çözeltinin pH'ı 5.8 olarak IN NaOH ve IN HCl ile ayarlanmıştır. Besin ortamının katılaşması için ise agar eklenmiştir.

Tez çalışmasında, bitki besin ortamı olarak Murashige ve Skoog (MS) tarafından geliştirilen temel ortam bileşimi kullanılmıştır.

MS besiyerinin hazırlanması (300 mL için);

- MS besin ortamını hazırlamak için 1 litrelik bir cam şişenin içerisine 300 mL kadar saf su konmuştur,
- Şişenin içerisine 9 gr. sakkaroz, bitki büyüme düzenleyicisi olarak BAP ve IBA stok çözeltilerinin her birinden 0.5 ml ilave edilmiştir,
- Çözeltinin pH'ı 5.8 olarak IN NaOH ve IN HCl ile ayarlanmıştır,
- Besin ortamının katılaşması için 2.1 gr. agar eklenmiştir,
- Çözelti 121°C'de otoklav ile steril edilmiştir,
- Hazırlanan besin ortamı, cam kavanozların üçte biri sıvı besin ortamı dolacak şekilde dökülmüş ve kavanoz kapakları kapatılmıştır.



**Şekil 3.2.** MS besi ortamının hazırlaması

### 3.3.4. NanoPartikül uygulamaları

Çalışmada farklı konsantrasyon ve kombinasyonlarda hazırlanan 24 MS besin ortamı kullanılmıştır (Çizelge 3.2).

**Çizelge 3. 2.** Uygulanan MS ortamları

| BESİYERİ | UYGULANAN                                                          |
|----------|--------------------------------------------------------------------|
| MS1      | Kontrol MS 0 + BAP + IBA                                           |
| MS2      | 15 mM NaCl + BAP + IBA                                             |
| MS3      | 35 mM NaCl + BAP + IBA                                             |
| MS4      | 7,5 mg L <sup>-1</sup> SiO <sub>2</sub> NP BAP + IBA               |
| MS5      | 15 mM NaCl + 7,5 mg L <sup>-1</sup> SiO <sub>2</sub> NP BAP + IBA  |
| MS6      | 35 mM NaCl + 7,5 mg L <sup>-1</sup> SiO <sub>2</sub> NP +BAP + IBA |
| MS7      | 15 mg L <sup>-1</sup> SiO <sub>2</sub> NP + BAP + IBA              |
| MS8      | 15 mM NaCl + 15 mg L <sup>-1</sup> SiO <sub>2</sub> NP+BAP + IBA   |
| MS9      | 35 mM NaCl + 15 mg L <sup>-1</sup> SiO <sub>2</sub> NP +BAP + IBA  |
| MS10     | 0,025 mM FeNP + BAP + IBA                                          |
| MS11     | 15 mM NaCl + 0,025 mM FeNP + BAP + IBA                             |
| MS12     | 35 mM NaCl + 0,025 mM FeNP + BAP + IBA                             |
| MS13     | 0,05 mM FeNP + BAP + IBA                                           |
| MS14     | 15 mM NaCl + 0,05 mM FeNP + BAP + IBA                              |
| MS15     | 35 mM NaCl + 0,05 mM FeNP + BAP + IBA                              |
| MS16     | Kontrol MS 0 + BAP + IBA                                           |
| MS17     | 15 mM NaCl + BAP + IBA                                             |
| MS18     | 35 mM NaCl + BAP + IBA                                             |
| MS19     | 0,2 mg L <sup>-1</sup> Ag + BAP + IBA                              |
| MS20     | 15 mM NaCl + 0,2 mg L <sup>-1</sup> Ag +BAP + IBA                  |

Çizelge 3.2.'nin devamı

|      |                                                   |
|------|---------------------------------------------------|
| MS21 | 35 mM NaCl + 0,2 mg L <sup>-1</sup> Ag +BAP + IBA |
| MS22 | 1 mg L <sup>-1</sup> Ag +BAP + IBA                |
| MS23 | 15 mM NaCl + 1 mg L <sup>-1</sup> Ag +BAP + IBA   |
| MS24 | 35 mM NaCl + 1 mg L <sup>-1</sup> Ag +BAP + IBA   |

*In vitro* koşullarda mikroçoğaltım sonucu elde edilmiş Boysenberry bitkicikleri, sıcaklığı 23±1°C, gün uzunluğu 16 saat aydınlık, 8 saat karanlık, ışık intensitesi 3000 lüks olarak ayarlanmış kültür odalarında, her bir uygulamanın her tekrarı için 10 adet olacak şekilde içerisinde MS bulunan kavanoz ve her kavanoza 1'er bitki olacak şekilde yerleştirilmiş ve toplam 720 adet bitki kullanılmıştır.



Şekil 3.3. Bitki materyallerinin MS besi ortamına transfer edilmesi

Besin ortamında gelişen eksplantların 4 hafta daha gelişmeleri sağlanmıştır. Dört haftalık gelişme periyodu sonucunda, eksplantlarda aşağıda yer alan parametreler incelenmiştir.



**Şekil 3.4.** Transfer işleminden 4 hafta sonra gelişmiş olan bitkiler

Yaş ve Kuru Ağırlıkların Belirlenmesi: Deneme sonunda farklı uygulamalardan tesadüfi olarak seçilen 4'er bitki darası önceden alınmış hassas terazide tartılarak, yaş ağırlıkları tespit edilmiştir; daha sonra 65 °C etüvde aynı bitkiler, 48 saat bekletilip kurutulduktan sonra yapılan tartım ile kuru ağırlıkları tespit edilmiştir.

Gövde Boyu ve Çapının Belirlenmesi: Bitkilerin gövde boyu, farklı uygulamalardan alınan her bitkinin kök boğazından büyüme ucuna kadar olan kısım dijital kumpas ile mm ( $\pm 0.5$ ) cinsinden ölçülmüşlerdir. Bitkilerin gövde çapları ise mm ( $\pm 0.1$ ) cinsinden dijital kumpas yardımı ile belirlenmiştir.



**(a)**

**(b)**

**Şekil 3.5.** Bitkilerin **a)** Boy ölçümü; **b)** Çap ölçümü

Yaprak Sayısı ve Yaprak Alanının Belirlenmesi: Deneme sonunda farklı uygulamalardan alınan böğürtlen bitkilerinin yaprakları tek tek sayılıp adet/bitki olarak

belirlenmiştir. Yaprak alanı ise  $\text{cm}^2$  /bitki olarak yaprak alan ölçer aleti kullanılarak ölçülmüştür.

Yaprak Oransal Su İçeriğinin Belirlenmesi: Yaprak Oransal Su İçeriği (YOSİ) (%) Sanchez ve ark. 2004 ve Türkan ve ark. 2005'e göre yapılmıştır. Deneme sonunda farklı uygulamalardaki bitkilerden alınan yaprak örneklerinin yaş ağırlıkları alınarak, 4 saat süre ile cam petrilerdeki saf su içerisinde bekletilip, bu süre sonunda turgor ağırlıkları belirlenmiştir. Daha sonra ağırlıkları belirlenen yaprak örnekleri 48 saat süreyle 65 °C etüvde kurutulmuşlar ve g cinsinden hassas terazide kuru ağırlıkları ölçülmüştür. Yaş ve kuru ağırlıkları belirlenen yaprak örnekleri, aşağıdaki formül yardımıyla oranlanarak yaprak oransal su içerikleri (%) hesaplanmıştır.

$$(TA-KA)/(TuA-KA) \times 100$$

TA: Taze Ağırlık, KA: Kuru Ağırlık, TuA: Turgor Ağırlığı

Nispî Büyüme Oranının (g kuru ağırlık/gün) Belirlenmesi: Bitkiler tuz stresine maruz kalmadan önce (3 gerçek yapraklı aşama) ve stres süresi tamamlandıktan sonra toplam kuru ağırlık yönünden tartılmış ve 2 ölçüm arasındaki farklılık gün sayısına bölünerek, farklı uygulamalara maruz kalmış çeşitlerin stres süresince büyüme oranları g kuru ağırlık/gün olarak tespit edilmiştir.

Yaprak Hücrelerinde Membran Zararlanmasının Belirlenmesi: Membran Zararlanma İndeksi, hücreden dışarıya verilen elektrolitin ölçülmesi ile hesaplanmıştır (Fan ve Blake 1994). Her bir uygulamadan alınan bitkilerin yapraklarından 17 mm çapında diskler alınıp, de-iyonize su içerisinde 5 saat süreyle bekletildikten sonra EC metre ile EC değeri ölçülmüştür. Daha sonra aynı yaprak diskleri 100 °C de 10 dakika süreyle bekletildikten sonra çözeltinin EC değeri tekrar ölçülmüştür. Elde edilen değerden aşağıdaki formül ile yaprak dokusunda ve hücrelerinde meydana gelen membran zararlanması (%) belirlenmiştir.

$$MZİ = (Lt - Lc / 1 - Lc) \times 100$$

Lt: Tuzluluk stresindeki yaprağın otoklav edilmeden önceki EC/Otoklav edildikten sonraki EC

Lc: Kontrol yaprağının otoklav edilmeden önceki EC/Otoklav edildikten sonraki EC

Klorofil Miktarı: Klorofil içeriğinin belirlenmesi Arnon (1949)'a göre gerçekleştirilmiştir. Bitki materyalinden alınan 200 mg taze yaprak örnekleri, loş bir ışıktaki %80'lik aseton içerisinde homojonize edilip, filtre işleminden geçtikten sonra ekstrakt aseton ile 10 ml tamamlanmıştır. Örneklerdeki toplam klorofil miktarı, Minolta SPAD-502 Plus cihazı ile 652 nm'de ölçülmüş ve (g) mg cinsinden taze ağırlık başına tayin edilmiştir.



**Şekil 3.6.** Yaprakların klorofil miktarının belirlenmesi

**Süperoksit Dismuksit Dismutaz (SOD) Aktivitesi:** Çakmak (1994) tarafından önerilen, NBT'nin (nitro blue tetrazolium kloridin) ışık altında  $O_2^-$  tarafından indirgenmesi yöntemine göre ölçülmüştür. Tüm çözeltiler konulduktan sonra reaksiyon ortamı son hacim 5 ml olacak şekilde, cam şişeler içerisine önce 0.1 mM Na-EDTA içeren 50 mM'lık (pH: 7.6) fosfat (P) tamponu, daha sonra üzerine sırasıyla enzim ekstraktı (25-100  $\mu$ l), 0.5 ml 50 mM  $Na_2CO_3$  (pH: 10.2), 0.5 ml 12 mM L- methionine, 0.5 ml 75  $\mu$ M P-nitro blue tetrazolium chloride (NBT) ve 10  $\mu$ M riboflavine eklenmiştir. Örnekler 15 dakika ışık altında bekletildikten sonra, 560 nm'de ölçüm yapılmıştır.

**Katalaz Aktivitesi (CAT):**  $H_2O_2$ 'nin 240 nm'de ( $E=39.4 \text{ mM cm}^{-1}$ ) parçalanma oranı esas alınarak ölçülmüştür. Bu enzim analizinde son hacim 1 ml olacak şekilde reaksiyon ortamına 0.1 mM EDTA içeren 50 mM'lık fosfat tamponu (pH: 7.6), 0.1 ml 100 mM  $H_2O_2$  ve enzim ekstraktı ilave edilmiştir (Çakmak 1994).

### 3.4. İstatistiksel Analiz

Çalışma tesadüf parselleri deneme planına göre 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Her tekerrürde de üç farklı nano malzemenin farklı dozları ( $1 \text{ ve } 2 \text{ mg L}^{-1} \text{ Ag}$ ,  $0,025 \text{ ve } 0,05 \text{ mM FeNP}$ ,  $7.5 \text{ ve } 15 \text{ mg L}^{-1} \text{ SiO}_2$ ) ve iki farklı tuz konsantrasyonunun ( $15 \text{ ve } 35 \text{ mM NaCl}$ ) kombinasyonları olacak şekilde planlanmıştır. Uygulamaların her bir tekerrürü için 10 adet bitki olacak şekilde 24 uygulama için üç tekerrürlü olarak toplamda 720 adet bitki kullanılmıştır. Elde edilen tüm sonuçlar "SPSS 23.0 for Windows" istatistik programı kullanılmıştır. Uygulamalar arasındaki farklılıklar Duncan Çoklu Karşılaştırma testi, 0.05 önem düzeyinde değerlendirilmiştir.

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada, böğürtlen bitkisinin *in vitro* koşullarda iki farklı tuz konsantrasyonu (15 ve 35 mM NaCl) ile 3 farklı nano materyalin farklı konsantrasyonları (1 ve 2 mg L<sup>-1</sup> AgNP, 0.025 ve 0.05 mM FeNP, 7.5 ve 15 mg L<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub>NP) kullanılarak tuz stresi altındaki etkileri araştırılmış olup, bulunan bulgular aşağıda ayrı başlıklar halinde belirtilmiştir.

##### 4.1. Yaş Sürgün Ağırlığı (g)

Çalışmada ele alınan, iki farklı tuz konsantrasyonu (15 ve 35 mM NaCl) ile 3 farklı nano materyal (Ag, FeNP ve Na SiO<sub>2</sub>) konsantrasyonlarının (1 ve 2 mg L<sup>-1</sup> Ag, 0.025 ve 0.05 mM FeNP, 7.5 ve 15 mg L<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub>) boysenberry bitkisinde yaş sürgün ağırlığı üzerine olan etkisi yapılan çoklu karşılaştırma testinde istatistiki olarak önemli olduğu görülmüştür (P<0.05). Farklı konsantrasyonlarda uygulanan NaCl ve NP'lerin yaş sürgün ağırlığına etkileri incelendiğinde; en yüksek sürgün ağırlığı 35 mM NaCl + 0.05 mM FeNP dozunda 0.453 g olarak gerçekleşirken, en düşük sürgün ağırlığı 1 mg L<sup>-1</sup> AgNP dozunda 0.120 g olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 4.1).

Çalışmamıza benzer bir şekilde tuz stresi altında yetiştirilen fesleğen bitkisinde Si NP'lerin etkileri araştırılmış ve farklı NaCl konsantrasyonlarda sürgün ağırlıklarının azaldığını belirlemişlerdir (Kaltah vd. 2014). Ancak bizim çalışmamızda, NaCl ve FeNP konsantrasyonlarındaki yaş sürgün ağırlığında kontrole göre bir artma söz konusudur.

Araştırma bulgularımıza göre, SiO<sub>2</sub>NP ve AgNP konsantrasyonlarında kontrole göre azalmalar meydana geldiği belirlenmiş olup, ısı stresi altında buğdayın büyümesinin düzenlenmesinde AgNP'lerin etkisi araştırılan bir çalışmada ise benzer parametreler üzerinde olumlu sonuçlar elde edilmiş ve bitki taze ağırlığının %1.3 ve %2 dolaylarında iyileşme olduğunu bildirmişlerdir (Iqbal vd. 2017).

Koçak (2012) 32 adet yerel taze fasulye genotiplerinin tuza tolerans düzeylerini belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada, kontrol grubunun sürgün yaş ağırlığı ortalaması 12.68 cm olarak bulunmuş olup, tuz stresinden en çok etkilenen genotip 12.04 g ile sürgün yaş ağırlığına sahip olmuştur. Araştırma sonucunda kontrol grubuna göre sürgün yaş ağırlığında %27'lik bir azalma kaydedilmiştir.

Bizim çalışmamızda da diğer araştırmacıların elde ettiği sonuçlara paralel olarak, tuz stresinin bitki ağırlığında azalmaya neden olduğu, uygulanan FeNP'lerinin tuz stresine karşı bitki toleransını arttırdığı belirlenmiştir. Bu parametreden elde edilen sonucun çalışmanın amacına uygun olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 4. 1.** Bitki yaş sürgün ağırlığı değerleri (g)

| Nanopartikül Uygulamaları    | Tuz Konsantrasyonları |            |            | Nanopartikül Ortalamaları |
|------------------------------|-----------------------|------------|------------|---------------------------|
|                              | 0 mM NaCl             | 15 mM NaCl | 35 mM NaCl |                           |
| 0 mg NP                      | 0,329 abc             | 0,355 abc  | 0,311 abc  | 0,332 A                   |
| 7,5 mg/l SiO <sub>2</sub> NP | 0,229 abc             | 0,180 abc  | 0,137 c    | 0,182 B                   |
| 15 mg/l SiO <sub>2</sub> NP  | 0,25 abc              | 0,363 abc  | 0,356 abc  | 0,323 AB                  |
| 0,025 mM FeNP                | 0,186 abc             | 0,446 ab   | 0,132 c    | 0,255 AB                  |
| 0,05 mM FeNP                 | 0,258 abc             | 0,293 abc  | 0,453 a    | 0,335 A                   |
| 0,2 mg/l AgNP                | 0,136 c               | 0,232 abc  | 0,168 c    | 0,179 B                   |
| 1 mg/l AgNP                  | 0,120 c               | 0,176 bc   | 0,287 abc  | 0,194 AB                  |
| <b>Tuz Ortalamaları</b>      | 0,215                 | 0,292      | 0,263      |                           |

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında  $P \leq 0.05$  düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

#### 4.2. Yaş Kök Ağırlığı (g)

Uygulamaların boysenberry bitkisinde yaş kök ağırlığına olan etkisi yapılan çoklu karşılaştırma testinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur ( $P < 0.05$ ). Farklı konsantrasyonlarda uygulanan NaCl ve NP'lerin yaş kök ağırlığına etkileri incelendiğinde; en yüksek kök ağırlığı 15 mM NaCl + 0.025 mM FeNP dozunda 0.571 g olarak gerçekleşirken, en düşük kök ağırlığı ise 35 mM NaCl + 7.5 mg L<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub>NP dozunda 0.010 g olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 4.2).

Çalışma sonucunda genel olarak bitkiler incelendiğinde, NaCl ve FeNP uygulanan uygulamalarının yaş kök ağırlık ortalaması, kontrol bitkilerine kıyasla yüksek bulunmuştur. SiO<sub>2</sub>NP ve AgNP konsantrasyonlarında ise yaş kök ağırlığında, kontrol bitkilerine göre düşüş meydana geldiği görülmüştür.

Haghighi ve Pessarakli (2013), farklı seviyelerde Si ve nano silikonun büyüme üzerinde iyileştirici etkilerini, NaCl stresi altındaki kiraz domateslerinde hidroponik sistem kullanarak incelemişlerdir. Sonuç olarak kök taze ağırlık ve kök hacmi ölçüde etkilenmiş ve en düşük değerleri 25 mM NaCl altında bulduklarını bildirmişlerdir. Ayrıca silikonun 25 mM NaCl seviyesinde taze sürgün ağırlığını iyileştirdiği kanısına varmışlardır. Ancak bizim çalışmamızda bu durumdan farklı olarak, SiO<sub>2</sub>NP'lerin boysenberry bitkilerinde yaş kök ağırlığında olumsuz etki oluşturduğunu gözlemlemiş bulunmaktayız. Siddiqui vd. (2014), tuz stresi koşullarında kabak bitkisinin Na SiO<sub>2</sub>'in iyileştirici etkisinin belirlenmesi üzerine yaptığı çalışmada, Na SiO<sub>2</sub>'in tuzluluğun olumsuz etkisini hafifleterek kabak bitkilerinin büyüme özelliklerini iyileştirdiğini bildirmişlerdir ve taze kök ağırlığında artış kaydetmişlerdir.

Koçak (2012), 32 adet yerel taze fasulye genotiplerinde yaptığı çalışmada tuz stresinin bitkilerin yaş kök ağırlığını azalttığını bildirmiştir. Bizim yaptığımız çalışmamızda bu durumdan farklı olarak tuz stresinin boysenberry bitkilerimizde yaş kök ağırlığı üzerinde artış olduğunu ve AgNP'lerin tuz stresinin olumsuz etkisini azalttığını kaydettik.

Yapmış olduğumuz çalışmada tuz stresinin bitkinin vejetatif büyüme kriteri olan yaş kök ağırlığında azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç tuzun bitkiler üzerindeki olumsuz etkileri göz önünde bulundurulduğunda beklenen bir durumdur. Çalışma kapsamında 3 farklı nanomateriyalin (AgNP, FeNP, SiO<sub>2</sub>NP) etkinliği test edilmiş, ancak kök yaş ağırlığı bakımından en iyi sonuç FeNP uygulamasında belirlenmiştir. Bazı araştırmacılar yukarıda da belirtildiği gibi NP'lerinin tuz ve kuraklık stresi koşullarında bitki büyüme ve gelişmesi üzerine olumlu sonuç verdiğini bildirmektedirler. Bizim çalışmamızdan bu araştırmacılardan farklı sonuç elde edilmesinin sebeplerinin, tür ve çeşit farklılığı, eksplantların alınma dönemi gibi farklılıklardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

**Çizelge 4. 2.** Bitki yaş kök ağırlığı değerleri (g)

| Nanopartikül Uygulamaları    | Tuz Konsantrasyonları |            |            | Nanopartikül Ortalamaları |
|------------------------------|-----------------------|------------|------------|---------------------------|
|                              | 0 mM NaCl             | 15 mM NaCl | 35 mM NaCl |                           |
| 0 mg NP                      | 0,042 b               | 0,120 b    | 0,107 b    | 0,090 AB                  |
| 7,5 mg/l SiO <sub>2</sub> NP | 0,117 b               | 0,023 b    | 0,010 b    | 0,050 B                   |
| 15 mg/l SiO <sub>2</sub> NP  | 0,066 b               | 0,031 b    | 0,018 b    | 0,038 B                   |
| 0,025 mM FeNP                | 0,099 b               | 0,571 ab   | 0,012 b    | 0,227 A                   |
| 0,05 mM FeNP                 | 0,076 b               | 0,246 b    | 0,141 b    | 0,154 AB                  |
| 0,2 mg/l AgNP                | 0,043 b               | 0,057 b    | 0,070 b    | 0,057 B                   |
| 1 mg/l AgNP                  | 0,027 b               | 0,029 b    | 0,021 b    | 0,026 B                   |
| <b>Tuz Ortalamaları</b>      | 0,067 AB              | 0,154 A    | 0,054 B    |                           |

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında  $P \leq 0.05$  düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

#### 4.3. Sürgün Uzunluğu (mm)

Genel olarak bir değerlendirilme yapıldığında çalışma başlangıcında birbirine çok yakın olan sürgün uzunlukları deneme konularına başlanmasıyla birlikte farklılıklar göstermeye başlamıştır.

Araştırmamızda uygulamaların boysenberry'nin sürgün uzunluğu üzerine olan etkisi yapılan çoklu karşılaştırma testinde istatistiki olarak önemli olduğu görülmüştür ( $P < 0.05$ ). NaCl ve NP'lerin sürgün uzunluğuna etkileri incelendiğinde; en yüksek sürgün uzunluğu 15 mM NaCl + 1 mg L<sup>-1</sup> AgNP dozunda 61.10 mm olarak belirlenirken, en düşük sürgün uzunluğu 35 mM NaCl + 0.05 mM FeNP dozunda 27.08 mm olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

AgNP'lerinin domates tohumlarında fizyolojik, morfolojik ve biyokimyasal etkilerinin araştırılması üzerine yaptığı çalışmada, AgNP'lerin konsantrasyon artışlarına bağlı olarak gövde ve kök uzunluklarının azaldığı ve genç fidelere fitotoksik etki meydana getirdiğini tespit etmiştir (Gökçe 2019). Bizim çalışmamızla benzer olarak AgNP konsantrasyonlarında genel bir azalma söz konusudur. Ayrıca sadece NaCl ve FeNP konsantrasyonlarında da sürgün uzunluğunun kontrol bitkilerine göre düşüşler görülmüştür. Benzer bir çalışma olarak, Jalapeno biber çeşidinin hidroponik sistemde üç farklı vejetasyon döneminde (sekiz gerçek yapraklı dönem, ilk çiçeklenme dönemi ve

hasat döneminde) gerçekleştirilen, NaCl konsantrasyonu uygulamalarının bitki boyuna olan etkisinde; tuz miktarının artışına paralel olarak azalma görüldüğünü bildirmiş olup, en uzun bitki boyu kontrol grubunda 72.30 cm olarak bulurken, en düşük bitki boyu 100 mM dozunda 53.91 cm olarak bulunmuştur (Bora 2014). Bununla birlikte, buğday tohumlarında AgNP'lerin farklı konsantrasyonları (0, 2.5, 5.0, 7.5 ve 10.0 mg L<sup>-1</sup>) uygulanarak çimlenme, kök-gövde uzunlukları ve kök sayılarının etkilerinin incelendiği bir başka çalışmada kontrol grubuna kıyasla, çalışmamız ile benzer olarak genel bir azalma görüldüğünü belirtmiştir (Eren 2020).

Akhoundnejad vd. (2019), soğan bitkisinde AgNP konsantrasyonlarının bitki büyüme ve gelişme etkilerinin incelenmesi üzerine yaptıkları çalışmada, bitkilerin ikiye defa bitki boy ölçümleri yapılmış olup, ilk ölçümde en yüksek değer 22.14 cm ve en düşük değer ise 14.86 olarak bulunurken, ikinci ölçümde en yüksek değer 37.00 cm ve en düşük değer ise 21.25 cm olarak bulunmuştur. Uygulamaların bitki boyu 1. ve 2. ölçümlerinde istatistiksel olarak farklılıklar görülmekle birlikte, bizim çalışmamız ile benzer olarak farklı AgNP dozlarında, bitki boyunun kontrole göre düşük çıktığı belirtilmiştir. Bunu dışında, ısı stresi altında buğdayın büyümesinin düzenlenmesinde AgNP'lerin etkisini araştırmak amacıyla yapılan çalışmada, benzer parametreler üzerinde olumlu sonuçlar elde edilmiş olup, sürgün uzunluğunda %22.2 ve %26.1 oranında iyileşme olduğu bildirilmiştir. Ayrıca AgNP'lerin, buğday bitkilerinin sürgün uzunluğunu %6.2 dolaylarında ısı stresine karşı koruduğu gözlemlenmiştir (Iqbal vd. 2017).

**Çizelge 4. 3.** Bitki sürgün uzunluğu değerleri (mm)

| Nanopartikül Uygulamaları    | Tuz Konsantrasyonları |            |            | Nanopartikül Ortalamaları |
|------------------------------|-----------------------|------------|------------|---------------------------|
|                              | 0 mM NaCl             | 15 mM NaCl | 35 mM NaCl |                           |
| 0 mg NP                      | 33,62 bc              | 40,42 abc  | 29,56 bc   | 34,53 B                   |
| 7,5 mg/l SiO <sub>2</sub> NP | 46,14 abc             | 51,30 abc  | 51,71 abc  | 49,72 A                   |
| 15 mg/l SiO <sub>2</sub> NP  | 52,19 abc             | 47,39 abc  | 48,88 abc  | 49,49 A                   |
| 0,025 mM FeNP                | 35,19 abc             | 35,01 abc  | 39,09 abc  | 36,43 AB                  |
| 0,05 mM FeNP                 | 49,46 abc             | 29,78 bc   | 27,08 c    | 35,44 B                   |
| 0,2 mg/l AgNP                | 29,41 bc              | 61,10 a    | 42,47 abc  | 44,33 AB                  |
| 1 mg/l AgNP                  | 44,83 abc             | 46,14 abc  | 36,88 abc  | 42,62 AB                  |
| <b>Tuz Ortalamaları</b>      | 41,55                 | 44,45      | 39,38      |                           |

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında P≤0.05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

#### 4.4. Kök Uzunluğu (mm)

Çalışmada iki farklı tuz konsantrasyonu (15 ve 35 mM NaCl) ile 3 farklı nano materyal (Ag, FeNP ve Na SiO<sub>2</sub>) konsantrasyonlarının ( 1 ve 2 mg L<sup>-1</sup> Ag, 0.025 ve 0.05 mM FeNP, 7.5 ve 15 mg L<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub>NP) böğürtlen bitkisinin kök uzunluğu üzerine etkisi yapılan çoklu karşılaştırma testinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur (P<0.05).

Sadece NaCl konsantrasyonu ve SiO<sub>2</sub>NP ve AgNP konsantrasyonlarında kök uzunluğu kontrole göre azalma gösterirken, FeNP konsantrasyonlarında artma eğilimi göstermiştir.

NaCl ve NP'lerin kök uzunluğuna etkileri incelendiğinde; en yüksek kök uzunluğu 15 mM NaCl + 0.025 mM FeNP dozunda 54.07 mm olarak kaydedilirken, en düşük kök uzunluğu 35 mM NaCl + 7.5 mg L<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub>NP dozunda 8.50 mm olarak kaydedilmiştir (Çizelge 4.4).

32 adet yerel taze fasulye genotiplerinin tuza tolerans düzeylerini belirlemek amacıyla yapılmış olan bir çalışmada, tuz stresinden en çok etkilenen genotip kontrol koşullarında 25 cm kök uzunluğuna sahip olduğu görülmüş ve kontrole göre kök uzunluğunda %14.7'lik bir azalma olduğunu bildirilmiştir (Koçak 2012). Çalışmamızla benzer olarak, sadece NaCl konsantrasyonlarımızda, kök uzunluğunun kontrole göre azalma gösterdiği gözlemlenmiştir. Bununla birlikte; Gökçe (2019), AgNP'lerinin domates tohumlarında fizyolojik, morfolojik ve biyokimyasal etkilerinin araştırılması üzerine yaptığı çalışmada, AgNP'lerin konsantrasyon artışlarına bağlı olarak kök uzunluklarının azaldığı ve genç fidelere fitotoksik etki meydana getirdiğini tespit etmiştir. Benzer olarak yaptığımız çalışmada da AgNP konsantrasyonlarımızda kök uzunluğunun kontrole göre azalması söz konusudur. Bunun dışında ise, tuz stresi koşullarında kabak bitkisinin Na SiO<sub>2</sub>'in iyileştirici etkisinin belirlenmesi üzerine yapılan bir çalışmada, Na SiO<sub>2</sub>'in tuzluluğun olumsuz etkisini hafifleterek kabak bitkilerinin büyüme özelliklerinin iyileştirildiği bildirilmiştir. Ayrıca 6 g L<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub>NP konsantrasyonunun, tuz stresini hafifletmede en iyi olduğunu kanıtlanmıştır. Bu bağlamda, 6 g L<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub>NP uygulaması kök uzunluğunu %121.99 olarak kaydedilmiştir (Siddiqui vd. 2014).

Jafari Najaf-Abadi ve Hamidoghli (2009), dikensiz böğürtlen bitkisinin en iyi in vitro çoğaltma yöntemini ve maksimum sürgün büyümesini ve köklenmesini sağlamak için optimum denge büyüme düzenleyicilerini bulmak amacıyla yaptıkları çalışmada, MS ortamına ilave IBA konsantrasyonları (0, 0.5, 1 ve 2 mg l<sup>-1</sup>) ile kök uzunluğu üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu belirtmişler ve 2 mg l<sup>-1</sup> IBA konsantrasyonun, maksimum kök uzunluğu verdiğini bildirmişlerdir. Bu ortamda ortalama 7.83 cm kök uzunluğuna sahip dört kök üretmişlerdir.

**Çizelge 4. 4.** Bitki kök uzunluğu değerleri (mm)

| Nanopartikül Uygulamaları    | Tuz Konsantrasyonları |             |             | Nanopartikül Ortalamaları |
|------------------------------|-----------------------|-------------|-------------|---------------------------|
|                              | 0 mM NaCl             | 15 mM NaCl  | 35 mM NaCl  |                           |
| 0 mg NP                      | 24,28 cdefgh          | 30,53 bcd   | 28,20 cdefg | 27,67 ABC                 |
| 7,5 mg/l SiO <sub>2</sub> NP | 47,16 ab              | 11,87 fgh   | 8,50 h      | 22,51 BCD                 |
| 15 mg/l SiO <sub>2</sub> NP  | 29,28 cdefg           | 19,47 defgh | 30,10 bcdef | 26,28 ABC                 |
| 0,025 mM FeNP                | 36,89 bcd             | 54,07 a     | 14,34 fgh   | 35,10 A                   |
| 0,05 mM FeNP                 | 15,56 fgh             | 36,11 bcde  | 41,95 abc   | 31,21 AB                  |
| 0,2 mg/l AgNP                | 21,80 defgh           | 19,37 defgh | 20,72 defgh | 20,63 CD                  |
| 1 mg/l AgNP                  | 15,64 fgh             | 15,76 fgh   | 11,09 gh    | 14,16 D                   |
| <b>Tuz Ortalamaları</b>      | 27,23                 | 26,74       | 22,13       |                           |

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında  $P \leq 0.05$  düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

#### 4.5. Gövde Çapı (mm)

Araştırmamızda tuzluluk stresinin (15 ve 35 mM NaCl) ve NP'lerin (1 ve 2 mg L<sup>-1</sup> AgNP, 0.025 ve 0.05 mM FeNP, 7.5 ve 15 mg L<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub>NP) boysenberry bitkisinin gövde çapı üzerine olan etkisi yapılan çoklu karşılaştırma testinde istatistiki olarak önemli olduğu görülmüştür ( $P < 0.05$ ). Sadece NaCl, FeNP ve AgNP konsantrasyonlarında, gövde çapının kontrole göre azalması söz konusu olup, SiO<sub>2</sub>NP konsantrasyonlarında, gövde çapının kontrole göre artması söz konusudur.

NaCl ve NP'lerin gövde çapına etkileri incelendiğinde; en yüksek gövde çapı 15 mg L<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub> dozunda 2.46 mm olarak belirlenirken, en düşük gövde çapı ise 15 mM NaCl + 7.5 mg L<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub> dozunda 0.83 mm olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

Haghighi ve Pessarakli (2013) yaptıkları çalışmalarında, farklı seviyelerde Si ve nano silikonun büyüme üzerindeki iyileştirici etkilerini ve NaCl stresi koşullarında kiraz domateslerin hidroponik sistem kullanarak incelemişler ve tuzluluğun bitki gövde çapları üzerinde zararlı etkileri olduğunu göstermişlerdir. Araştırmalarında NaCl ilavesi ile gövde çapı azalmış ve 25 ve 50 mM NaCl uygulamaları arasında önemli bir fark görülmediğini bildirmişlerdir. ancak bizim çalışmamızda ise SiO<sub>2</sub>NP'lerinin bitki gövde çapları üzerinde olumlu etki bıraktığı gözlemlenmiştir. Ayrıca çalışmamızla benzer olarak NaCl dozlarında, kontrol bitki gruplarına kıyasla gövde çaplarında bir düşüş söz konusudur. Bunun dışında; Avcı (2013), Malatya ilinde 3 böğürtlen çeşidinin adaptasyonu ve bazı morfolojik ve pomolojik özelliklerini belirlemek amacıyla iki yıllık bir çalışma yürütmüştür. İlk yıl, sürgün çapı değerleri incelendiğinde Chester çeşidinin 14.97 mm ile en yüksek değer olarak belirlenirken, Bursa I (Boysenberry) çeşidi ise 12.48 mm ile en düşük değer olarak belirlenmiştir. İkinci yıl ise sürgün çapı yönünden yine Chester çeşidi (21.18 cm) en yüksek değere sahip olup, Bursa I (Boysenberry) çeşidi (20.54 cm) en düşük değere sahip olmuştur.

**Çizelge 4. 5.** Bitki gövde çapı değerleri (mm)

| Nanopartikül Uygulamaları    | Tuz Konsantrasyonları |            |            | Nanopartikül Ortalamaları |
|------------------------------|-----------------------|------------|------------|---------------------------|
|                              | 0 mM NaCl             | 15 mM NaCl | 35 mM NaCl |                           |
| 0 mg NP                      | 1,60 abc              | 1,14 bc    | 1,42 abc   | 1,39 AB                   |
| 7,5 mg/l SiO <sub>2</sub> NP | 1,21 abc              | 0,83 c     | 2,20 ab    | 1,41 AB                   |
| 15 mg/l SiO <sub>2</sub> NP  | 2,46 a                | 1,65 abc   | 1,60 abc   | 1,90 A                    |
| 0,025 mM FeNP                | 1,39 abc              | 1,29 abc   | 1,19 abc   | 1,29 AB                   |
| 0,05 mM FeNP                 | 1,18 abc              | 1,09 bc    | 1,29 abc   | 1,19 AB                   |
| 0,2 mg/l AgNP                | 0,95 bc               | 1,06 bc    | 1,12 bc    | 1,04 B                    |
| 1 mg/l AgNP                  | 1,07 bc               | 1,24 abc   | 1,73 abc   | 1,35 AB                   |
| <b>Tuz Ortalamaları</b>      | 1,41                  | 1,19       | 1,51       |                           |

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında  $P \leq 0.05$  düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

#### 4.6. Yaprak Sayısı (adet)

Araştırmamızda iki farklı tuz konsantrasyonu (15 ve 35 mM NaCl) ile 3 farklı nano materyal (Ag, FeNP ve SiO<sub>2</sub>NP) konsantrasyonlarının (1 ve 2 mg L<sup>-1</sup> AgNP, 0.025 ve 0.05 mM FeNP, 7.5 ve 15 mg L<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub>NP) yaprak sayısı üzerine etkileri Çizelge 4.3’de belirtilmiştir.

Farklı tuz konsantrasyonu ve 3 farklı nano materyal konsantrasyonlarının yaprak sayısı üzerine etkisi yapılan çoklu karşılaştırma testinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur (P<0.05).

Genel bir değerlendirme yapıldığında, tüm uygulamalarda yaprak sayısında azalmalar söz konusudur. NaCl ve NP’lerin yaprak sayısına etkileri incelendiğinde; en yüksek değer kontrol MS 0 grubunda 23.3 olarak belirlenirken, en düşük değer 35mM NaCl + 0.025 mM FeNP dozunda 4.5 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.6). Bu durum çalışmadan beklenen sonuçtan farklı bir durumdur. Uygulamalar tuz stresi kollarında bitkinin yaprak sayısını arttırmada beklenen sonuca ulaşamamıştır.

Bora (2014) yaptığı çalışmada, Jalapeno biber çeşidinin hidroponik sistemde, NaCl stresi uygulamalarının etkilerini incelemiştir ve NaCl uygulanan uygulamalarda en düşük yaprak sayısına ulaşmıştır. Benzer şekilde bizde aynı sonuca ulaştık. Bunun dışında, Doğan (2018), ağır metallerin çilek yetiştiriciliğinde olumsuz etkilerinin belirlenmesi ve bu olumsuzlukların giderilmesi amacıyla hümitik asit ve silikon uygulamalarının bazı bitki özelliklerine etkisinin belirlenmesine yönelik yaptığı çalışmada, hümitik asit + Si uygulamasının çilek bitkilerinde yaprak sayısının arttığı yönünde gözlem yapmıştır.

**Çizelge 4. 6.** Bitki yaprak sayısı değerleri (adet)

| Nanopartikül Uygulamaları    | Tuz Konsantrasyonları |            |            | Nanopartikül Ortalamaları |
|------------------------------|-----------------------|------------|------------|---------------------------|
|                              | 0 mM NaCl             | 15 mM NaCl | 35 mM NaCl |                           |
| 0 mg NP                      | 23,3 a                | 17,5 abc   | 14,5 bcd   | 18,43 A                   |
| 7,5 mg/l SiO <sub>2</sub> NP | 12,5 bcdef            | 17,50 abc  | 12,8 bcdef | 14,27 B                   |
| 15 mg/l SiO <sub>2</sub> NP  | 10,8 bcdef            | 12,8 bcdef | 17,3 abc   | 13,63 B                   |
| 0,025 mM FeNP                | 8,8 cdef              | 13,3 bcdef | 4,5 f      | 8,87 C                    |
| 0,05 mM FeNP                 | 10,8 bcdef            | 11,0 bcdef | 13,8 bcde  | 11,87 BC                  |
| 0,2 mg/l AgNP                | 8,3 def               | 9,0 cdef   | 9,0 cdef   | 8,77 A                    |
| 1 mg/l AgNP                  | 11,5 bcdef            | 5,3 ef     | 13,5 bcde  | 10,10 BC                  |
| <b>Tuz Ortalamaları</b>      | 12,29                 | 12,34      | 12,20      |                           |

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında P≤0.05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

#### 4.7. Yaprak Boyu (mm)

Boysenberry bitkisinin yaprak boyu üzerine iki farklı tuz konsantrasyonu (15 ve 35 mM NaCl) ile farklı nano materyal konsantrasyonlarının (1 ve 2 mg L<sup>-1</sup> AgNP, 0.025

ve 0.05 mM FeNP, 7.5 ve 15 mg L<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub>NP) etkisi yapılan çoklu karşılaştırma testinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur (P<0.05).

Çalışmamızda farklı konsantrasyonlarda uygulanan NP'ler ve NaCl uygulamalarının yaprak boyu etkileri incelendiğinde; Çizelge 4.3'de görüldüğü üzere en yüksek değer 15 mM NaCl + 1 mg L<sup>-1</sup> AgNP dozunda 18.70 mm olarak kaydedilirken, en düşük değer ise 35 mM NaCl + 7.5 mg L<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub>NP dozunda 5.34 mm olarak kaydedilmiştir. Genel olarak AgNP uygulamalarının uygulandığı uygulama gruplarında yaprak boyunda artış gözlemlenmiştir.

**Çizelge 4. 7.** Bitki yaprak boyu değerleri (mm)

| Nanopartikül Uygulamaları    | Tuz Konsantrasyonları |             |             | Nanopartikül Ortalamaları |
|------------------------------|-----------------------|-------------|-------------|---------------------------|
|                              | 0 mM NaCl             | 15 mM NaCl  | 35 mM NaCl  |                           |
| 0 mg NP                      | 11,44 abcde           | 13,26 abcd  | 10,66 bcde  | 11,79 AB                  |
| 7,5 mg/l SiO <sub>2</sub> NP | 14,85 abc             | 7,19 cde    | 5,34 e      | 9,13 B                    |
| 15 mg/l SiO <sub>2</sub> NP  | 14,56 abc             | 13,66 abcd  | 12,75 abcde | 13,66 A                   |
| 0,025 mM FeNP                | 14,24 abcd            | 13,82 abcd  | 10,43 bcde  | 12,83 AB                  |
| 0,05 mM FeNP                 | 6,61 de               | 12,46 abcde | 14,40 abcd  | 11,16 AB                  |
| 0,2 mg/l AgNP                | 12,32 abcde           | 18,70 a     | 9,97 bcde   | 13,66 A                   |
| 1 mg/l AgNP                  | 10,14 bcde            | 15,37 ab    | 14,45 abcd  | 13,32 AB                  |
| <b>Tuz Ortalamaları</b>      | 12,02                 | 13,49       | 11,14       |                           |

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında P≤0.05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

#### 4.8. Yaprak Eni (mm)

Farklı NaCl ve NP uygulamalarının yaprak eni üzerine olan etkisi yapılan çoklu karşılaştırma testinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur (P<0.05). AgNP uygulamalarının uygulandığı uygulamalarda yaprak eninde genel bir artış belirlenmiştir.

NaCl ve NP'lerin yaprak eni üzerine olan etkileri incelendiğinde; en yüksek yaprak eni 15 mM NaCl + 1 mg L<sup>-1</sup> AgNP dozunda 14.46 mm olarak kaydedilirken, en düşük yaprak eni 35 mM NaCl + 7.5 mg L<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub>NP dozunda 5.21 mm olarak kaydedilmiştir (Çizelge 4.8).

Akhoundnejad vd. (2019), soğan bitkisinde AgNP konsantrasyonlarının bitki büyüme ve gelişme etkilerinin incelenmesi üzerine yaptıkları çalışmada, bitkilerin ikiye defa yaprak eni ölçümleri yapılmış olup, ilk ölçümde en yüksek değer 0.88 mm ve en düşük değer ise 0.55 mm olarak kaydedilirken, ikinci ölçümde en yüksek değer 1.26 mm ve en düşük değer ise 0.87 mm olarak kaydedilmiştir. Ayrıca çalışmamız ile benzer olarak farklı AgNP uygulamalarında, istatistiksel olarak yaprak eni değerlerinin kontrole göre yüksek çıktığını bildirmişlerdir.

**Çizelge 4. 8.** Bitki yaprak eni değerleri (mm)

| Nanopartikül Uygulamaları    | Tuz Konsantrasyonları |            |            | Nanopartikül Ortalamaları |
|------------------------------|-----------------------|------------|------------|---------------------------|
|                              | 0 mM NaCl             | 15 mM NaCl | 35 mM NaCl |                           |
| 0 mg NP                      | 11,54 abc             | 11,75 abc  | 10,60 abc  | 11,30 AB                  |
| 7,5 mg/l SiO <sub>2</sub> NP | 12,85 ab              | 6,43 bc    | 5,21 c     | 8,16 B                    |
| 15 mg/l SiO <sub>2</sub> NP  | 13,26 ab              | 10,75 abc  | 11,62 abc  | 11,88 AB                  |
| 0,025 mM FeNP                | 13,34 ab              | 11,93 abc  | 11,59 abc  | 12,29 A                   |
| 0,05 mM FeNP                 | 7,58 abc              | 11,84 abc  | 11,89 abc  | 10,44 AB                  |
| 0,2 mg/l AgNP                | 10,65 abc             | 14,46 a    | 9,70 abc   | 11,60 AB                  |
| 1 mg/l AgNP                  | 9,08 abc              | 11,55 abc  | 11,77 abc  | 10,80 AB                  |
| <b>Tuz Ortalamaları</b>      | 11,19                 | 11,24      | 10,34      |                           |

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında  $P \leq 0.05$  düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

#### 4.9. Gövde Kuru Ağırlığı (g)

Araştırmamızda uygulamaların bitkinin gövde kuru ağırlığı üzerine olan etkisi yapılan çoklu karşılaştırma testinde istatistiki olarak önemli olduğu görülmüştür ( $P < 0.05$ ). AgNP uygulamalarının uygulandığı konsantrasyonlarda gövde kuru ağırlığında genel bir artış kaydedilmiştir.

NaCl ve NP'lerin gövde kuru ağırlığı üzerine olan etkileri incelendiğinde; en yüksek gövde kuru ağırlığı 15 mM NaCl + 0.025 mM FeNP dozunda 0.841 g olarak belirlenirken, en düşük gövde kuru ağırlığı 15 mg L<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub>NP dozunda 0.376 g olarak kaydedilmiştir (Çizelge 4.9).

Koçak (2012) yaptığı çalışmada, 32 adet yerel taze fasulye genotiplerinin tuza tolerans düzeylerinin belirlenmesini incelemiştir ve tüm genotiplerde sürgün kuru ağırlığının kontrole göre azalma gösterdiğini bildirmiştir. Çalışmamızla benzer olarak bizde aynı sonuca ulaşmakla beraber, tuz stresinin olumsuz etkisini FeNP ve AgNP konsantrasyonlarının azalttığı sonucuna ulaştık.

**Çizelge 4. 9.** Bitki gövde kuru ağırlık değerleri (g)

| Nanopartikül Uygulamaları    | Tuz Konsantrasyonları |             |             | Nanopartikül Ortalamaları |
|------------------------------|-----------------------|-------------|-------------|---------------------------|
|                              | 0 mM NaCl             | 15 mM NaCl  | 35 mM NaCl  |                           |
| 0 mg NP                      | 0,526 bcde            | 0,617 abcde | 0,423 de    | 0,52                      |
| 7,5 mg/l SiO <sub>2</sub> NP | 0,610 abcde           | 0,487 cde   | 0,614 abcde | 0,57                      |
| 15 mg/l SiO <sub>2</sub> NP  | 0,376 e               | 0,537 bcde  | 0,651 abcd  | 0,52                      |
| 0,025 mM FeNP                | 0,522 bcde            | 0,841 a     | 0,516 bcde  | 0,63                      |
| 0,05 mM FeNP                 | 0,477 cde             | 0,565 bcde  | 0,688 abc   | 0,58                      |
| 0,2 mg/l AgNP                | 0,572 bcde            | 0,519 bcde  | 0,537 bcde  | 0,54                      |
| 1 mg/l AgNP                  | 0,520 bcde            | 0,528 bcde  | 0,478 cde   | 0,51                      |
| <b>Tuz Ortalamaları</b>      | 0,51                  | 0,58        | 0,56        |                           |

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında  $P \leq 0.05$  düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

#### 4.10. Kök Kuru Ağırlığı (g)

Çalışmada iki farklı tuz konsantrasyonu (15 ve 35 mM NaCl) ile 3 farklı nano materyal konsantrasyonlarının (1 ve 2 mg L<sup>-1</sup> AgNP, 0.025 ve 0.05 mM FeNP, 7.5 ve 15 mg L<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub>NP) böğürtlendi bitkisinin kök kuru ağırlığı üzerine olan etkisi yapılan çoklu karşılaştırma testinde istatistiki olarak önemli olduğu görülmüştür (P<0.05). Kontrol MS 0 uygulamalarının uygulandığı uygulamalarda kök kuru ağırlığında artma kaydedilmiştir.

Çizelge 4.10. incelendiğinde, tüm uygulamalarda kök kuru ağırlığında azalmalar söz konusudur. NaCl ve NP'lerin kök kuru ağırlığına etkileri incelendiğinde; en yüksek değer kontrol MS 0 grubunda 0.771 g olarak belirlenirken, en düşük değer 35mM NaCl + 7.5 mg L<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub> dozunda 0.103 g olarak belirlenmiştir.

Siddiqui vd. (2014) yaptıkları çalışmada, kabak bitkisinin tuz stresi koşullarında Na SiO<sub>2</sub>'in iyileştirici etkisini incelemişlerdir. Çalışmada Na SiO<sub>2</sub>'in tuzluluğun olumsuz etkisini hafifleterek kabak bitkilerinin büyüme özelliklerini iyileştirdiğini bildirmişlerdir. Ancak bizim yaptığımız çalışma kapsamında NaCl ve 3 farklı nanomateriyallerin, kök kuru ağırlığı açısından olumsuz etki yarattığını tespit etmiş bulunmaktayız. Bununla birlikte diğer araştırmacılarla benzer olarak, Doğan (2018) yapmış olduğu çalışmada, ağır metallerin çilek yetiştiriciliğinde olumsuz etkilerinin belirlenmesi ve bu olumsuzlukların giderilmesi amacıyla hümk asit ve silikon uygulamalarının, bitkilerin kök kuru ağırlığında olumlu etkilerini gözlemlemiştir.

**Çizelge 4. 10.** Bitki kök kuru ağırlık değerleri (g)

| Nanopartikül Uygulamaları    | Tuz Konsantrasyonları |             |             | Nanopartikül Ortalamaları |
|------------------------------|-----------------------|-------------|-------------|---------------------------|
|                              | 0 mM NaCl             | 15 mM NaCl  | 35 mM NaCl  |                           |
| 0 mg NP                      | 0,513 cdef            | 0,429 cdefg | 0,371 efg   | 0,438 BC                  |
| 7,5 mg/l SiO <sub>2</sub> NP | 0,495 cdefg           | 0,483 cdefg | 0,103 h     | 0,360 A                   |
| 15 mg/l SiO <sub>2</sub> NP  | 0,475 cdefg           | 0,508 cdef  | 0,402 defg  | 0,462 AB                  |
| 0,025 mM FeNP                | 0,355 fg              | 0,613 abc   | 0,552 cde   | 0,507 AB                  |
| 0,05 mM FeNP                 | 0,596 bc              | 0,587 bcd   | 0,489 cdefg | 0,557 A                   |
| 0,2 mg/l AgNP                | 0,529 cdef            | 0,519 cdef  | 0,347 fg    | 0,465 AB                  |
| 1 mg/l AgNP                  | 0,482 cdefg           | 0,482 cdefg | 0,313 fg    | 0,426 BC                  |
| <b>Tuz Ortalamaları</b>      | 0,492 A               | 0,517 A     | 0,368 B     |                           |

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında P≤0.05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

#### 4.11. Klorofil İndeksi (SPAD değeri)

Çalışmamızda farklı konsantrasyonlarda uygulanan NP'ler ve NaCl uygulamalarında klorofil indeksinin etkileri incelendiğinde; Çizelge 4.11'de görüldüğü üzere en yüksek değer 15 mM NaCl + 1 mg L<sup>-1</sup> AgNP dozunda 89.63 olarak belirlenirken, en düşük değer ise 35 mM NaCl + 0.025 mM FeNP dozunda 55.04 olarak belirlenmiştir. Farklı NaCl ve NP uygulamaların klorofil indeksi üzerine olan etkisi yapılan çoklu karşılaştırma testinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur (P<0.05).

Kuşvuran vd. (2008) yaptıkları çalışmalarında 100 mM NaCl uygulanan *Cucumis sp.* Genotiplerinde,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  iyon miktarı ve klorofil miktarı üzerine ortaya çıkan değişimleri incelemişlerdir. Sonuç olarak, NaCl stresi altında yaprakların klorofil miktarlarında azalma meydana geldiğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Bora (2014) yaptığı çalışmada, biber bitkisinde NaCl stresi uygulamalarının klorofil değerlerinde azalmalar gerçekleştiğini tespit etmiştir. Bizde çalışmamızda NaCl uygulanan uygulamalarda aynı sonuca ulaştık, fakat biz çalışmamızda bu durumdan farklı olarak tuz sterinin olumsuz etkisini AgNP'lerin azalttığı sonucuna ulaştık. Bizim çalışmamıza benzer olarak; Gökçe (2019), AgNP'lerinin domates tohumlarında yaptığı çalışmada, AgNP konsantrasyonlarındaki artışın pigment değeri üzerinde istatistiksel olarak önemli olduğunu belirlemiştir.

**Çizelge 4. 11.** Bitki klorofil indeksi SPAD değerleri

| Nanopartikül Uygulamaları  | Tuz Konsantrasyonları |            |             | Nanopartikül Ortalamaları |
|----------------------------|-----------------------|------------|-------------|---------------------------|
|                            | 0 mM NaCl             | 15 mM NaCl | 35 mM NaCl  |                           |
| 0 mg NP                    | 78,70 abc             | 64,95 cde  | 63,12cde    | 68,92                     |
| 7,5 mg/l $\text{SiO}_2$ NP | 69,16 bcde            | 63,98 cde  | 58,62 cde   | 63,92                     |
| 15 mg/l $\text{SiO}_2$ NP  | 58,52 cde             | 58,30 cde  | 72,36 abcde | 63,06                     |
| 0,025 mM FeNP              | 65,35 cde             | 87,48 ab   | 55,04 e     | 69,29                     |
| 0,05 mM FeNP               | 65,81 cde             | 57,58 de   | 56,73 de    | 60,04                     |
| 0,2 mg/l AgNP              | 69,85 abcde           | 57,03 de   | 77,25 abcd  | 68,04                     |
| 1 mg/l AgNP                | 69,20 bcde            | 89,63 a    | 65,00 cde   | 74,61                     |
| <b>Tuz Ortalamaları</b>    | 68,08                 | 68,42      | 64,02       |                           |

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında  $P \leq 0.05$  düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

#### 4.12. Yaprak Oransal Su İçeriği (YOSİ) (%)

Çalışmada uygulamaların bitkinin yaprak oransal su içeriği üzerine etkisi yapılan çoklu karşılaştırma testinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur ( $P < 0.05$ ). Farklı konsantrasyonlarda uygulanan NaCl ve NP'lerin yaprak oransal su içeriğinin etkileri incelendiğinde; en yüksek YOSİ 35 mM NaCl + 7.5 mg  $\text{L}^{-1}$   $\text{SiO}_2$ NP uygulamasında %92.87 olarak belirlenirken, en düşük YOSİ 35 mM NaCl uygulamasında %24.99 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.12).

Çalışmamız ile konu hakkında literatürde, daha önce yapılan çalışmalar benzer sonuçlar göstermiştir. Örneğin; Bora (2014) Jalapeno biber çeşidinin hidroponik sistemde gerçekleştirdiği çalışmasında, NaCl stresi uygulamalarının etkisi sonucu 0 mM dozunda YOSİ %96.87 bulunurken, 100 mM dozunda YOSİ'nin %67.29'a kadar düştüğünü gözlemlemiştir. Bizde çalışmamızda NaCl stresinin etkisi sonucunda YOSİ'nin düştüğünü belirledik, fakat bu durumdan farklı olarak araştırma sürecinde tuz stresinin etkisini  $\text{SiO}_2$ NP uygulamasının azalttığı sonucuna ulaştık.

**Çizelge 4. 12.** Yaprak Oransal Su İçeriği Değerleri (%)

| Nanopartikül Uygulamaları    | Tuz Konsantrasyonları |            |            | Nanopartikül Ortalamaları |
|------------------------------|-----------------------|------------|------------|---------------------------|
|                              | 0 mM NaCl             | 15 mM NaCl | 35 mM NaCl |                           |
| 0 mg NP                      | 62,83 de              | 53,98 fg   | 78,89 c    | 65,23 B                   |
| 7,5 mg/l SiO <sub>2</sub> NP | 58,33 ef              | 63,92 d    | 92,87 a    | 71,71 A                   |
| 15 mg/l SiO <sub>2</sub> NP  | 54,35 fg              | 45,67 h    | 52,71 g    | 50,91 D                   |
| 0,025 mM FeNP                | 46,05 h               | 35,23 ij   | 32,06 ij   | 37,78 F                   |
| 0,05 mM FeNP                 | 52,74 g               | 44,95 h    | 32,25 ij   | 43,31 E                   |
| 0,2 mg/l AgNP                | 52,59 g               | 36,75 ı    | 77,42 c    | 55,59 C                   |
| 1 mg/l AgNP                  | 84,71 b               | 64,60 d    | 65,17 d    | 71,49 A                   |
| <b>Tuz Ortalamaları</b>      | 58,80 B               | 49,30 C    | 61,62 A    |                           |

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında  $P \leq 0.05$  düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

#### 4.13. Nispi Büyüme Oranı (g kuru ağırlık/gün)

Araştırmamızda iki farklı tuz konsantrasyonu (15 ve 35 mM NaCl) ile 3 farklı nano materyal konsantrasyonlarının (1 ve 2 mg L<sup>-1</sup> AgNP, 0.025 ve 0.05 mM FeNP, 7.5 ve 15 mg L<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub>NP) böğürtlen bitkisinin nispi büyüme oranı üzerine olan etkisi yapılan çoklu karşılaştırma testinde istatistiki olarak önemli olduğu görülmüştür ( $P < 0.05$ ). Farklı konsantrasyonlarda uygulanan NaCl ve NP'lerin nispi büyüme oranının etkileri incelendiğinde; en yüksek nispi büyüme oranı 0.2 mg L<sup>-1</sup> AgNP uygulamasında 0.056 olarak tespit edilirken, en düşük nispi büyüme oranı 35 mM NaCl uygulamasında 0.003 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.13).

**Çizelge 4. 13.** Nispi Büyüme Oranı değerleri (g kuru ağırlık/gün)

| Nanopartikül Uygulamaları    | Tuz Konsantrasyonları |            |            | Nanopartikül Ortalamaları |
|------------------------------|-----------------------|------------|------------|---------------------------|
|                              | 0 mM NaCl             | 15 mM NaCl | 35 mM NaCl |                           |
| 0 mg NP                      | 0,024 c               | 0,011 ef   | 0,007 ghı  | 0,014 C                   |
| 7,5 mg/l SiO <sub>2</sub> NP | 0,020 d               | 0,008 fgh  | 0,008 fgh  | 0,012 C                   |
| 15 mg/l SiO <sub>2</sub> NP  | 0,013 e               | 0,010 efg  | 0,006 hij  | 0,010 D                   |
| 0,025 mM FeNP                | 0,011 ef              | 0,008 fgh  | 0,006 hij  | 0,008 D                   |
| 0,05 mM FeNP                 | 0,007 ghı             | 0,011 ef   | 0,008 fgh  | 0,009 D                   |
| 0,2 mg/l AgNP                | 0,056 a               | 0,034 b    | 0,013 e    | 0,034 A                   |
| 1 mg/l AgNP                  | 0,025 c               | 0,010 efg  | 0,013 e    | 0,016 B                   |
| <b>Tuz Ortalamaları</b>      | 0,022 A               | 0,013 B    | 0,009 C    |                           |

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında  $P \leq 0.05$  düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

#### 4.14. CAT Enzimi Aktivitesi

Çalışmada ele alınan, iki farklı tuz konsantrasyonu (15 ve 35 mM NaCl) ile 3 farklı nano materyal konsantrasyonlarının (1 ve 2 mg L<sup>-1</sup> AgNP, 0.025 ve 0.05 mM FeNP, 7.5 ve 15 mg L<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub>NP) boysenberry bitkisinde CAT enzim aktivitesi üzerine olan etkisi yapılan çoklu karşılaştırma testinde istatistiki olarak önemli olduğu

görülmüştür ( $P < 0.05$ ). Farklı konsantrasyonlarda uygulanan NaCl ve NP'lerin CAT enzim aktivitesinin etkileri incelendiğinde; en yüksek CAT aktivitesi 35 mM NaCl + 0.05 mM FeNP uygulamasında 17.82 olarak gerçekleşirken, en düşük CAT aktivitesi kontrol MS 0 uygulamasında 16.81 olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 4.14).

Günalp (2011) yaptığı çalışmada, patlıcan embriyo kültüründe Jasmonik Asit (JA) uygulamasının tuza toleransının etkilerini incelemiştir. Araştırma sonunda antioksidatif enzimlerden biri olan CAT enzimi aktivitesi kontrol grubu bitkiciklerinde çok düşük seviyelerde bulunmuş olup, JA uygulamasının katalaz enzimi aktivitelerini çok yüksek miktarlarda artırdığını tespit etmiştir. Benzer olarak bizde çalışmamızda, boysenberry bitkilerimizin CAT aktivitelerinin kontrol MS 0 uygulamasında düşük oranda bulunduğu sonucuna ulaştık. Çalışmamızda CAT aktivitesinin 35 mM NaCl + 0.05 mM FeNP uygulamasında yüksek sonuç vermesi, stres faktörlerinin antioksidan savunma sistemini harekete geçirerek savunma mekanizmalarını etkinleştirdiğini göstermektedir. Bu durumla birlikte; Marcek vd. (2015), in vitro koşullarda tuz stresinin (15 ve 35 mM NaCl) böğürtlen bitkileri üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Tuz stresinin (35 mM NaCl), böğürtlenin etkili bir antioksidatif savunma mekanizmasına sahip olduğunu gösteren CAT aktivitelerinde önemli bir artışa neden olduğunu kaydetmişlerdir.

**Çizelge 4. 14.** Bitki CAT enzim değerleri

| Nanopartikül Uygulamaları    | Tuz Konsantrasyonları |              |              | Nanopartikül Ortalamaları |
|------------------------------|-----------------------|--------------|--------------|---------------------------|
|                              | 0 mM NaCl             | 15 mM NaCl   | 35 mM NaCl   |                           |
| 0 mg NP                      | 16,81 j               | 17,42 bcdef  | 17,67 ab     | 17,30 AB                  |
| 7,5 mg/l SiO <sub>2</sub> NP | 17,27 cdefgh          | 16,98 hij    | 17,43 bcdef  | 17,23 AB                  |
| 15 mg/l SiO <sub>2</sub> NP  | 16,86 ij              | 17,57 abc    | 17,45 bcde   | 17,29 AB                  |
| 0,025 mM FeNP                | 17,44 bcdef           | 17,40 bcdef  | 17,45 bcde   | 17,43 A                   |
| 0,05 mM FeNP                 | 16,99 hij             | 17,37 bcdefg | 17,82 a      | 17,39 A                   |
| 0,2 mg/l AgNP                | 17,38 bcdefg          | 17,23 cdefgh | 17,50 abcd   | 17,37 A                   |
| 1 mg/l AgNP                  | 17,03 ghij            | 17,13 efghij | 17,19 defghi | 17,12 B                   |
| <b>Tuz Ortalamaları</b>      | 17,11 C               | 17,30 B      | 17,50 A      |                           |

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında  $P \leq 0.05$  düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

#### 4.15. SOD Enzimi Aktivitesi

Araştırmamızda iki farklı tuz konsantrasyonu (15 ve 35 mM NaCl) NP uygulamalarının boysenberry bitkisinin SOD enzim aktivitesi üzerine olan etkisi yapılan çoklu karşılaştırma testinde istatistiki olarak önemli olduğu görülmüştür ( $P < 0.05$ ). Farklı konsantrasyonlarda uygulanan NaCl ve NP'lerin SOD enzim aktivitesinin etkileri incelendiğinde; en yüksek SOD aktivitesi 35 mM NaCl uygulamasında 311.55 olarak tespit edilirken, en düşük SOD aktivitesi 15 mg L<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub>NP uygulamasında 53.93 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.15).

Günalp (2011) yaptığı çalışmada, patlıcan embriyo kültüründe Jasmonik Asit (JA) uygulamasının tuza toleransının etkilerini incelemiştir. Çalışma sonucunda hem kontrol, hem JA içeren ve hem de sadece NaCl içeren ortamlarda SOD aktivitesinin bulunduğu belirlenmiş olup, JA veya tuz uygulanan ortamların tümünde kontrole göre önemli derecede artış tespit etmiştir. Benzer bir şekilde çalışmamızda, artan tuz konsantrasyonlarında SOD aktivitesinin arttığı gözlemlenmiştir. Bunun dışında, Gökçe (2019) yaptığı çalışmada, AgNP'lerinin domates tohumlarında fizyolojik, morfolojik ve biyokimyasal etkilerini araştırmıştır. Çalışma sonucunda, domates bitkisinin gövde dokularında SOD etkinliklerinde azalma olduğunu tespit etmiştir.

**Çizelge 4. 15.** Bitki SOD enzim değerleri

| Nanopartikül Uygulamaları    | Tuz Konsantrasyonları |               |             | Nanopartikül Ortalamaları |
|------------------------------|-----------------------|---------------|-------------|---------------------------|
|                              | 0 mM NaCl             | 15 mM NaCl    | 35 mM NaCl  |                           |
| 0 mg NP                      | 112,98 fghij          | 164,38 defg   | 311,55 a    | 196,30 ABC                |
| 7,5 mg/l SiO <sub>2</sub> NP | 89,19 ghij            | 146,07 defghi | 200,22 bcde | 145,16 BCD                |
| 15 mg/l SiO <sub>2</sub> NP  | 53,93 j               | 263,49 ab     | 61,85 j     | 126,42 CDE                |
| 0,025 mM FeNP                | 94,61 ghij            | 79,73 hij     | 68,23 ij    | 80,86 E                   |
| 0,05 mM FeNP                 | 101,54 ghij           | 96,34 ghij    | 59,20 j     | 85,69 DE                  |
| 0,2 mg/l AgNP                | 88,04 ghij            | 239,31 bc     | 184,79 cdef | 170,71 A                  |
| 1 mg/l AgNP                  | 198,63 bcde           | 155,70 defgh  | 212,81 bcd  | 189,05 AB                 |
| <b>Tuz Ortalamaları</b>      | 105,56 B              | 163,57 A      | 156,95 A    |                           |

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında  $P \leq 0.05$  düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

## 5. SONUÇLAR

Boysenberry böğürtlen çeşidinde *in vitro* koşullarda farklı konsantrasyonlarda uygulanan nanomateryallerin (Na SiO<sub>2</sub>, FeNP, AgNP) tuzluluk toleransına olan etkileri incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar alınmıştır.

1. Uygulanan kimyasal solüsyonlar sürgün ağırlığı üzerine etki göstermiş ve en yüksek yaş sürgün ağırlığına 35 mM NaCl + 0.05 mM FeNP uygulamasında (0.453 g) rastlanmıştır.
2. Yapılan çalışma yaş kök ağırlığını etkilemiş ve en yüksek yaş kök ağırlığına 15 mM NaCl + 0.025 mM FeNP uygulamasında (0.571 g) rastlanmıştır.
3. NaCl ve NP'lerin sürgün uzunluğuna etkileri incelendiğinde; en yüksek sürgün uzunluğu 15 mM NaCl + 1 mg L<sup>-1</sup> AgNP dozunda 61.10 mm olarak belirlenmiştir.
4. Kök uzunluğu üzerine en yüksek değer 15 mM NaCl + 0.025 mM FeNP uygulamasından (54.07 mm) ölçülmüştür.
5. Gövde çapı üzerine en yüksek değer 15 mg L<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub> uygulamasında (2.46 mm) kaydedilmiştir.
6. Yaprak sayısı açısından en yüksek değer kontrol MS 0 grubundan elde edilmiştir.
7. Yaprak boyu açısından en yüksek değer 15 mM NaCl + 1 mg L<sup>-1</sup> AgNP uygulamasından (18.70 mm) elde edilmiştir.
8. NaCl ve NP'lerin yaprak eni üzerine olan etkileri incelendiğinde; en yüksek yaprak eni 15 mM NaCl + 1 mg L<sup>-1</sup> AgNP uygulamasından (14.46 mm) ölçülmüştür.
9. Yapılan çalışma gövde kuru ağırlığını etkilemiş ve en yüksek gövde kuru ağırlığı 15 mM NaCl + 0.025 mM FeNP uygulamasından (0.841 g) elde edilmiştir.
10. Kök kuru ağırlığı açısından en yüksek değer kontrol MS 0 grubundan (0.771 g) ölçülmüştür.
11. Yapılan çalışma klorofil indeks değerini etkilemiş ve en yüksek değer 15 mM NaCl + 1 mg L<sup>-1</sup> AgNP uygulamasından, 89.63 olarak ölçülmüştür.
12. Yaprak oransal su içeriğine ait en yüksek değer 35 mM NaCl + 7.5 mg L<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub>NP konsantrasyonundan elde edilmiştir.
13. En yüksek nispi büyüme oranı 0.2 mg L<sup>-1</sup> AgNP uygulamasında gerçekleşmiştir.
14. CAT enzim aktivitesi üzerine yapılan en yüksek değer 35 mM NaCl + 0.005 mM FeNP konsantrasyonu olarak belirlenmiştir.
15. SOD enzim aktivitesi üzerine yapılan en yüksek değer ise 35 mM NaCl konsantrasyonu olarak tespit edilmiştir.

## 6. KAYNAKLAR

- Abbasi Khalaki, M., Ghorbani , A., Moameri, M., 2016. Effects of Silica and Silver Nanoparticles on Seed Germination Traits of *Thymus kotschyanus* in Laboratory Conditions. *Journal of Rangeland Science*. 6(3), 221- 231. (In Persian).
- Agastian, P. Kingsley, S. J. & Vivekanandan, M. (2000). Effect Of Salinity On Photosynthesis And Biochemical Characteristics İn Mulberry Genotypes. *Photosynthetica*, 38(2), 287-290.
- Ağaoğlu, S., Çelik, M., Atila, S., 2003. Bazı Ahududu Çeşitlerinin Ayaş (Ankara) Koşullarına Adaptasyonu Üzerine Ön Değerlendirmeler. Ulusal Kivi ve Üzümsü Meyveler Sempozyumu, *Bildiri Kitabı*, 319-324, Ordu.
- Ağaoğlu, Y. S. 1986. Üzümsü Meyveler. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları:984, *Ders Kitabı*:290, Ankara, 377s.
- Ahmad M.A., Nida S., Monther M. T., (2019). Effect of Nano Technology in Combination with Soil Solarization to Control Panama Disease of Banana in Jordan Valley. *Yüz.Yıl Üni.Tar. Bil. Der.* 29 / (Mayıs 2019): 16-23. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.466531>.
- Ahmad, P., John, R., Sarwat, M., Umar, S. (2008): Responses Of Proline, Lipid Peroxidation And Antioxidative Enzymes İn Two Varieties Of *Pisum Sativum* L. Under Salt Stress. *International Journal of Plant Production*, 2 (4), 353-365.
- Akbar Mozafari, A., Havas, F., & Ghaderi, N. (2018). Application Of İron Nanoparticles And Salicylic Acid İn İn Vitro Culture Of Strawberries (*Fragaria*× *Ananassa Duch.*) To Cope With Drought Stress. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 132(3), 511-523.
- Akhoundnejad, Y., Baran, Ş., Karakaş, Ö., Mısırdalı H., 2018. Farklı Dozlardaki Gümüş Nanopartiküllerinin Taze Soğan (*Allium Cepa*) Üzerine Etkisi. Şırnak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi.
- Aktaş H, 2002. Biberde Tuza Dayanıklılığın Fizyolojik Karakterizasyonu ve Kalıtımı, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Almutairi, Z. M. (2017). Expression Profiling Of Certain MADS-Box Genes İn *Arabidopsis Thaliana* Plant Treated By Silver Nanoparticles. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*. 53(1), 30-36.
- Altay, G.D., 2017. Yeni Bazı Böğürtlen Çeşitlerinin Farklı Mikoriza Ortamlarındaki Gelişme Performanslarının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitkisel Üretim Ve Teknolojilerianabilim Dalı.
- Anjum, N. A., Gill, S. S., Duarte, A. C., Pereira, E. and Ahmad, I. 2013. Silver nanoparticles in soil–plant systems. *Journal of Nanoparticle Research*, 15(9): 1896.
- Anonim 2008, Food Safety Authority Of Ireland, (2008). Relevance For Food Safety Of Applications Of Nanotechnology. In The Food And Feed Industry. [http://www.fsai.ie/publications/reports/ Nanotechnology\\_report.pdf](http://www.fsai.ie/publications/reports/ Nanotechnology_report.pdf).

- Armin, M. , S. Akbari ve S. Mashhadi . 2014 . Yapraktan nano-Fe uygulamasının zaman ve konsantrasyonunun buğdayın verim ve verim bileşenlerine etkisi . *International Journal of Biosciences* 4 (9): 69 - 75.
- Arnon, D.T. 1949. Copper Enzymes in Insolated Chloroplast Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 23: 1-15.
- Ashraf, M., 1994. Organic Substances Responsible for Salt Tolerance in *Eruca sativa*, *Biologia Plantarum*, 36, 255–259.
- Ashraf, M., Foolad, M.R. (2007): Improving Plant Abiotic-Stress Resistance By Exogenous Application Of Osmoprotectants Glycinebetaine And Proline. *Environmental and Experimental Botany*, 59, 206-216.
- Askary, M., Talebi, S., Amini, F., & Bangan, A. D. (2016). Effect Of Nacl and Iron Oxide Nanoparticles On *Mentha Piperita* Essential Oil Composition. *Environmental and Experimental Biology*. 14, 27-32.
- Augusto, C.S.S. 2002. Micropropagation of Blackberry cv. “Brazos”. 114 *Scientia Agraria*, 3(1-2): 113-132. Biyoloji Anabilim Dalı.
- Avcı, S., 2013. Bazı Böğürtlen Çeşitlerinin Malatya Ekolojik Koşullarına Adaptasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı.
- Ayala-Astorga, G.I., Alcaraz-Melendez, L. (2010): Salinity effects on protein content, lipid peroxidation, pigments, and proline in *Paulownia imperialis* (Siebold & Zuccarini) and *Paulownia fortunei* (Seemann & Hemsley) grown *in vitro*. *Electronic Journal of Biotechnology*, 13 (5), 1-15.
- Baalbaki, R.Z., R.A. Zurayk, S.N. Bleik and A. Talhuk, 1990 Germination and seedling development of drought susceptible wheat under moisture stress. *Seed Sci. Technol.*, 17: 291-302.
- Barut E (2004). Dünya ve Türkiye’de Üzümsü Meyve Yetiştiriciliği ve Ticareti. *Türktarım Dergisi* 156: 60-67 (in Turkish).
- Belkhodja R, Morales F, Abadia A, Gomez-Aparisi J, Abadia J, 1994. Chlorophyll Fluorescence as a Possible Tool for Salinity Tolerance Screening in Barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant Physiology*, 104: 667-673.
- Beykaya, M. ve Çağlar, A. 2016. Bitkisel özütler kullanılarak gümüş nanopartikül (AgNP) sentezlenmesi ve antimikrobiyal etkinlikleri üzerine bir araştırma. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16(3): 631-641.
- Bobrowski, Vera L., P.C. Mello-Farias and J. A. Peters. 1996 Micropropagation of Blackberry cultivars. *Brasil de Agrociencia*. 2:17-20.
- Bora, M., 2014. Değişik Vejetasyon Dönemlerine Kadar Uygulanan Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Biberde Meydana Getirdiği Fizyolojik, Morfolojik ve Kimyasal Değişikliklerin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

- Bowen - Forbes, CS , Zhang, Y. ve Nair, MG ( 2010 ). Böğürtlen ve ahududu meyvelerinin antosiyanin içeriği, antioksidan, anti-inflamatuar ve antikanser özellikleri . *Gıda Bileşimi ve Analizi Dergisi* , 23 , 554 - 560.
- Brecht, M.O., Datnoff, L.E., Kucharek, T.A., Nagata, R.T., 2004. Influence of silicon and chlorothalonil on the suppression of gray leaf spot and increase plant growth in St. Augustinegrass. *Plant Disease*, 88(4): 338-344.
- Briat, JF, Dubos, C. ve Gaymard, F. (2015). Demir besleme, biyokütle üretimi ve bitkisel ürün kalitesi. *Bitki Biliminde Eğilimler*, 20 (1), 33-40.
- Broadley, M., Brown, P., Çakmak, I., Rengel, Z. ve Zhao, F. (2012). Besinlerin işlevi: mikro besinler. *Gelen yüksek bitkilerin MARSCHNER mineral beslenme* (s. 191-248). Akademik Basın.
- Busby AL, Himelrick DV (1999) Propagation of blackberries (*Rubus* sp.) by stem cuttings using various IBA formulation. *Acta Hort* 505: 327-332.
- Cardona, W. A. Gutiérrez, J. S. Monsalve, O. I. & Bonilla, C. R. (2017). Salinity effect on the vegetative growth of Andean blackberry plants (*Rubus glaucus* Benth.) inoculated and non-inoculated with mycorrhizal fungi. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 11(2), 253-266.
- Chang, J. S., Chang, K. L. B., Hwang, D. F., and Kong, Z. L. (2007). *In vitro* cytotoxicity of silica nanoparticles at high concentrations strongly depends on the metabolic activity type of the cell line. *Environmental Science and Technology*, 41(6), 2064- 2068.
- Costantino, L., A. Albasino, G. Rastelli and S. Benvenuti, 1992. Activity of Polyphenolic Crude Extracts as Scavengers of Superoxide Radicals and Inhibitors of Xanthine Oxidase. *Plant Med.* (58) 342-344.
- Cousineau J.C., Donnelly D.J. 1991. Adventitious shoot regeneration from leaf explants of tissue cultured and greenhouse-grown raspberry. *PLANT CELL, TISS. ORG. CULT.* 27: 249-255
- Cuin, T.A., Shabala, S. (2008): Compatible solutes mitigate damaging effects of salt stress by reducing the impact of stress-induced reactive oxygen species. *Plant Signal Behaviour*, 3, 207-208.
- Çakmak, I., 1994. Activity of Ascorbate-Dependent H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Scavenging Enzymes and Leaf Chlorosis are Enhanced in Magnesium and Potassium Deficient Leaves, But Not in Phosphorus Deficient Leaves. *J. Exp. Bot.*, 45:1259- 1266.
- Çalbay, Ö. (2014). Bakır oksit ve silikon dioksit nanopartiküllerinin *Allium cepa*'daki genotoksik etkileri. Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Çekiç, F. Ö. Ekinci, S. İnal, M. S. Ünal, D. 2016. Silver nanoparticles induced genotoxicity and oxidative stress in tomato plants. *Turk J Biol* 41: 700-707 doi:10.3906/biy-1608-36.
- Çelikbaş, A., 2019. Bazı Nano Partiküllerin Anadolu Karaçamı (*Pinus Nigra* Arnold. Subsp. *Pallasiana* Lamb. (Holmboe)) Tohumlarının Çimlenmesi Üzerindeki Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı.

- Çetin, E. S., Toy, D., Adar, M., Göktürk, Baydar, N., 2011. Tuz Stresinin in Vitro Koşullarda Bazı Amerikan Asma Anaçlarında Sürgün Gelişimi ve Prolin Miktarları Üzerine Etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15-1 ( 2011), 1-7.
- Çetiner, M.S., N.Y. Yalçın, T. Ağar. 1993. “Nessy” ve “Theodor Reimers” Böğürtlen Çeşitlerinin in vitro Klonal Çoğaltılması. *Doğa Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi*, Yayın No: 9, 55-64.
- Çıracı S, Özbay E, Gülseren O, Demir HV, Bayındır M, Oral A, Senger T, Aydın A, Dana A. 2005. Türkiye’de Nanoteknoloji. *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*, Ağustos sayısı.
- Danaee, E. Naderi, R. Kalatejari, S. & Ladan-Moghadam, A. R. (2013). Evaluation the effect of nanosilver with salicylic acid and benzyladenine on longevity of gerbera flowers. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, 3(8), 682-690.
- Dekkers, S., Krystek, P., Peters, R. J., Lankveld, D. P., Bokkers, B. G., van Hoeven-Arentzen, P. H., Bouwmeester, H., and Oomen, A. G. (2011). Presence and risks of nanosilica in food products. *Nanotoxicology*, 5(3), 393-405.
- Delfani, M., Firouzabadi, M.B., Farrokhi, N., Makarian, H., 2014. Some physiological responses of black-eyed pea to iron and magnesium nanofertilizers. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 45, 530–540.
- Djanaguiraman, M., Nair, R., Giraldo, J. P., & Prasad, P. V. V. (2018). Cerium oxide nanoparticles decrease droughtinduced oxidative damage in sorghum leading to higher photosynthesis and grain yield. *ACS omega*, 3(10), 14406-14416.
- Doğan, M., 2018. Çilekte Kadmiyum Toksikitesi Altındaki Bitkiler Üzerine Hümk Asit Ve Silikonun Etkilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 46 Syf.
- Ekhtiyari, R. MOHEBBI, H. & Mansouri, M. (2011). The study of the effects of nano silver technology on salinity tolerance of (*Foeniculum vulgare* mill.).
- Ekmekçi, E., Apan, M., Kara, T., 2005. Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, *Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2005,20(3):118-125.
- Elamawi RM, Al-Harbi RE (2014) Biyosentezlenmiş gümüş nanopartiküllerin bakla, domates ve arpanın tohum çürümesine neden olan *fusarium oxysporum* mantarı üzerindeki etkisi . *J Plant Prot Path Mansoura Univ* 5 (2): 225–237.
- Eren, A., 2020. Biyolojik Olarak Sentezlenen Gümüş Nanopartiküllerin Buğday (*Triticum aestivum* L.) Tohumlarının Çimlenmesine Etkisi. *ISPEC Journal of Agr. Sciences* 2020 : 4(2), E-ISSN:2717-7238.
- Erig, A.C., A. De Rossi and G.R. Fortes. 2002. Benzylamino purine and indol Butyric acid on the in vitro multiplication of blackberry (*Rubus ideaus*), cv. “Tupy”. *Cienc. Rural*, 32(5): 765-770.

- FAOSTAT (2021) Food and Agriculture Organization of the United Nation Statistical Database.
- Fiola JA & Swartz HJ (1986) Somatic embryogenesis, organogenesis and proliferation in vitro from Rubus embryos. *Acta Hort.* 183:91-98.
- Ghafariyan, H. M. Malakouti, M. J. Dadpour, M. R. Stroeve, P. Mahmoudi, M. 2013. Manyetik Nanopartiküllerin Soya Klorofil Üzerindeki Etkileri. *Environ. Sci. Technol.* 2013, 47, 18, 10645–10652
- Gill BS, Appels R, Botha-Oberholster A-M, Buell CR, Bennetzen JL, Chalhoub B, Chumley F, Dvorak J, Iwanaga M, Keller B, Li W, McCombie WR, Ogihara Y, Quetier F, Sasaki T, 2004. A Workshop Report on Wheat Genome Sequencing: International Genome Research on Wheat Consortium. *Genetics*, 168: 1087-1096.
- Gonzales, M.V., Lopez, M., Valdes, A.E., Ordas, R.J., 2000. Micropropagation of three berry fruit species using nodal segments from field-grown plants, *Annals of applied Biology*, 137(1), p. 73.
- Gonzalez-Jimenez, S. L., Castillo-Gonzalez, A. M., del Rosario Garcia-Mateos, M., Valdez-Aguilar, L. A., Ybarra-Moncada, C., & Avitia-Garcia, E. (2020). RESPONSE OF BLACKBERRY (*Rubus* spp.) CV. TUPY TO SALINITY. *REVISTA FITOTECNIA MEXICANA*, 43(3), 299-306.
- Gottschalk, F., Sonderer, T., Scholz, RW ve Nowack, B. (2010). Olasılıklı malzeme akışı analizi ile tasarlanmış nanomalzemelere çevresel maruziyeti modelleme olanakları ve sınırlamaları. *Çevresel toksikoloji ve kimya* , 29 (5), 1036-1048.
- Gök, S. (1996). Bazı üzüm çeşidi ve anaçlarının meristem kültürü yöntemiyle çoğaltılması. (Yüksek Lisans Tezi), Çukrova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Gökçe, Z.Z., 2019. Gümüş Nanopartiküllerinin Domates (*Lycopersicon Esculentum* Mill.) Tohumları Üzerindeki Fizyolojik Ve Biyokimyasal Etkilerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı.
- Graham J, McNicol RJ & Kumar A (1990) Use of the GUS gene as a selectable marker for Agrobacterium-mediated transformation of Rubus. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 20: 35-39.
- Greenway H, Munns R, 1980. Mechanisms of Salt Tolerance in Non-Halophytes. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 31: 149-190.
- Guerriero, G., Hausman, J.-F., Legay, S., 2016. Silicon and the plant extracellular matrix. *Front. Plant Sci.* 7, 463.
- Haghighi M, Afifipour Z, Mozafarian M. 2012. The effect of N-Si on tomato seed germination under salinity levels. *J Biol Environ Sci* 6:87–90.
- Haghighi, M., Pessarakli, M., 2013. Influence of silicon and nano-silicon on salinity tolerance of cherrytomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) at early growth stage. *Scientia Horticulturae* 161, 111–117.

- Hall, H. K., & Langford, G. (2005, December). The 'Boysenberry': development of the cultivar and industries in California, Oregon and New Zealand. In IX International Rubus and Ribes Symposium 777 (pp. 103-108).
- Halvorsen, B.L., K. Holte, M.C.W. Myhrstad, I. Barikmo, E. Hvattum, S.F. Remberg, A.B. Wold, Haffner, H. Baugerod, L.F. Andersen, J. Moskaug, D.R. Jacobs and R. Blomhoff, 2001. A Systematic Screening of Total Antioxidants in Dietary Plants. American Society for Nutritional Sciences 461-471.
- Harris, K., 2002. Oregon Caneberries. What Research is Revealing about Black Raspberries. (<http://www.oregonberries.com>).
- Hatami, M. and M. Ghorbanpour, 2013. Effect of nanosilver on physiological performance of pelargonium plants exposed to dark storage. *J. Hort. Res.*, 21: 15-20.
- Hatfield G. Country remedies: Traditional East Anglian plant remedies in the twentieth century. Woodbridge: Boydell; 1994. p. 55.
- Heinonen, I. M., P.J. Lehtonen, and A.I. Hopia, 1998. Antioxidant Activity of Berry Phenolics on Human Low-density Lipoprotein and Liposome Oxidation. *J. Agri. Food Chem.* (46): 25-31.
- Hosseini G. and Thengane R.J. 2007. Estimation of genetic parameters for salinity tolerance in early growth stages of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) Genotypes. *International Journal of Botany*. 3(1): 103-108.
- Hummer, K.E. and J. Janick, 2007. Rubus iconography: Antiquity to the renaissance. *Acta Hort.* 759:89-105.
- Iqbal, M., Raja, N., Mashwani, Z. R., Hussain, M., Ejaz, M., Yasmeen, F., 2017. Effect of Silver Nanoparticles on Growth of Wheat Under Heat Stress. Iran, *J Sci Technol Trans Sci*, (2019), 43:387-395.
- Jafari Najaf-Abadi, A., Hamidoghli, Y., 2009. Micropropagation Of Thornless Trailing Blackberry (Rubus Sp.) By Axillary Bud Explants. *Australian Journal of Crop Science*, 3(4):191-194, ISSN: 1835-2707.
- Jelali, N., Dell'Orto, M., Rabhi, M., Zocchi, G., Abdelly, C., & Gharsalli, M. (2010). Physiological and biochemical responses for two cultivars of *Pisum sativum* ("Merveille de Kelvedon" and "Lincoln") to iron deficiency conditions. *Scientia horticulturae*, 124(1), 116-121.
- Johnston, C. T. (2010). Probing the nanoscale architecture of clay minerals. *Clay Minerals*, 45(3), 245-279.
- Kaegi R, Sinnet B, Zuleeg S, Hagendorfer H, Mueller E, Vonbank R, Boller M, Burkhardt M (2010) Release of silver nanoparticles from outdoor facades. *Environ Pollut* 158(9):2900-2905. doi:10.1016/j.envpol.2010.06.009.
- Kähkönen, M. P., A. I., Hopia, H. J. Vuorela, J. P. Rauha, K. Pihlaja, T. S. Kujala and M. Heinonen, 1999. Antioxidant Activity of Plant Extracts Containing Phenolic Compounds. *J. Agri. Food Chem.* (47): 3954-3962.

- Kalaji, M. H. – Pietkiewicz, S. 1993. Salinity effects on plant growth and other physiological processes. In: *Acta Physiologiae Plantarum*, vol. 15, 1993, no. 2, p. 89–124. Online. ISSN 1861-1664.
- Kalteh M, Alipour ZT, Ashraf S, Aliabadi MM, Nosratabadi AF (2014) Effect of silica nanoparticles on basil (*Ocimum basilicum*) under salinity stress. *J Chem Health Risks* 4:49–55.
- Karimi, J. and S. Mohsenzadeh. 2016. 'Effects of silicon oxide nanoparticles on growth and physiology of wheat seedlings'. *Russian Journal of plant physiology*, 63(1): 119-123.
- Kaume, L., Howard, L. R., & Devareddy, L. (2012). The blackberry fruit: a review on its composition and chemistry, metabolism and bioavailability, and health benefits. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(23), 5716-5727.
- Kaveh, R., Y.S. Li, S. Ranjbar, R. Tehrani, C.L. Brueck and B. Van Aken, 2013. Changes in *Arabidopsis thaliana* gene expression in response to silver nanoparticles and silver ions. *Environ. Sci. Technol.*, 47: 10637-10644.
- Keutgen, A. & Pawelzik, E. 2007. Modifications of taste-relevant compounds in strawberry fruit under NaCl salinity. *Food Chemistry* 105: 1487–1494.
- Khan, M.I.R., M. Asgher, and N.A. Khan, Alleviation of salt-induced photosynthesis and growth inhibition by salicylic acid involves glycine betaine and ethylene in mungbean (*Vigna radiata* L.). *Plant Physiology and Biochemistry*, 2014. 80: p. 67–74.
- Koçak, A., 2012. Bazı Yerel Taze Fasulye Genotiplerinin Tuza ( NaCl ) Tolerans Düzeylerinin Belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 54 Syf.
- Kurt, H., Turan, A., Ruşen, M., (2003). Bazı Ahududu ve Böğürtlen Çeşitlerinin Giresun Ekolojik Koşullarına Adaptasyonu. (2000-2003 Sonuçları). Ulusal Kivi ve Üzümsü Meyveler Sempozyumu, Bildiri Kitabı, 365-368, Ordu.
- Kuşvuran, Ş., Yaşar, F., Abak, K., Ellialtıoğlu Ş., 2008. Tuz Stresi Altında Yetiştirilen Tuza Tolerant ve Duyarlı *Cucumis* sp.'nin Bazı Genotiplerinde Lipid Peroksidasyonu, Klorofil ve İyon Miktarlarında Meydana Gelen Değişimler. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi (J. Agric. Sci.), 18(1): 13-20.
- Lea MC (1889) On allotropic forms of silver. *Am J Sci* 37: 476–491.
- Levitt, J., 1980. Responses of Plants to Environmental Stresses: Volume II- Water, radiation, salt and other stresses. Academic Press, New York, pp. 365-488.
- Liu, S.Y.; Shieh, J.P.; Tzeng, J.I.; Chia-Hui, H.; Cheng, Y.L.; Huang, K.L.; Wang, J.J. Noveldepots of ketorolac esters have long-acting antinociceptive and anti-inflammatory effects. *Anesth. Analg.* 2005, 101, 785–92.

- Ma, F., Chen, R., Li, P., Zhang, Q., Zhang, W., and Hu, X. (2013). Preparation of an immunoaffinity column with amino-silica gel microparticles and its application in sample cleanup for aflatoxin detection in agri products. *Molecules*, 18(2), 2222- 2235.
- Mai, H.J., Bauer, P. 2016. From the proteomic point of view: Integration of adaptive changes to iron deficiency in plants. *Current Plant Biol.* 5, 45-56.
- Manshard, R. 1992. Biotechnology of perennial fruit crop. (Ed: F.A. Hammersc- haig and R.E. Litz) CAB İnternational, Papaya, 489- 511.
- Mansuroğlu, S., Gürel, E., (2001). Bitki Biyoteknolojisi Doku Kültürü ve Uygulamaları, Mikro Çoğaltım. Selçuk Üni. Yay. 374 s. (262-281).
- Marček, T., Velić, D., Sabo, M., Dugalić, K., Velić, N., Pranjić, A., ... & Klarić, I. (2015). Salinity effects on blackberry plants (*Rubus fruticosus* L.) grown in vitro. In *8th International Scientific/Professional Conference, Agriculture in Nature and Environment Protection, Vukovar, Croatia, 1-3 June 2015* (pp. 298-302). Croatian Soil Tillage Research Organization (CROSTRO).
- Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, 657-680.
- Martini S, Addario CD, Colacevich A, Focardis, *et al.* Antimicrobial activity against *Helicobacter pylori* strains and antioxidant properties of blackberry leaves (*Rubus ulmifolius*) and isolated compounds. *Int J Antimicrob Ag* 2009;34:50-9.
- Mathews H, Wagoner W, Cohen C, Kellog J, Bestwick R (1995) Efficient genetic transformation of red raspberry, *Rubus ideaus* L. *Plant Cell Rep* 14:471–476
- Mc Pheeters, K. and R.M. Skirvin. 1989. “Somaclonal Variations Among Ex Vitro “Thornless Evergreen” Trailing Blackberries”. *Euphytic.* 42, 155-162.
- Meng R, Chen THH, Finn CE, Li J (2004) Improving *in vitro* plant regeneration from leaf and petiole explants of ‘Marion’ blackberry. *HortScience* 39(2): 316-320.
- Miller, G., Suzuki, N., Ciftci-Yilmaz, S., Mittler, R. (2009): Reactive oxygen species homeostasis and signalling during drought and salinity stresses. *Plant and Cell Environment*, 33, 453-467.
- Miranda, R. S. Mesquita, R. O. Freitas, N. S. Prisco, J. T. Filho, E. G. 2014. Nitrate: ammonium nutrition alleviates detrimental effects of salinity by enhancing photosystem II efficiency in sorghum plants. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, ISSN 1807-1929.
- Mozafari, A., Havas, F., Ghaderi, N., 2017. Application Of Iron Nanoparticles And Salicylic Acid İn İn Vitro Culture Of Strawberries (*Fragaria* × *Ananassa* Duch.) To Cope With Drought Stress. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)* (2018) 132:511–523.

- Munns, R., Tester, M. (2008): Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology, 59, 651-681.
- Muralitharan, M.S., Chandler, S., Van Steveninck, R.F.M., 1992. Effects of NaCl and Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> on growth and solute composition of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum*). Aust. J. Plant Physiol. 19, 155±164.
- Murashige T, Skoog F, 1962. A Revised Medium for Rapid Growth and Bioassays with Tobacco Tissue Cultures. Physiologia Plantarum, 15, 473-497.
- Mwai G.N. 2001. Growth responses of spiderplant (*Cleome gynandra L.*) to salinity. M.Sc Thesis. Maseno University, Maseno, Kenya.
- Nikalje, A. P., 2015. Nanotechnology and its applications in medicine. Med Chem, 5 (2): 81-89.
- Nowack B (2010) Nanosilver revisited downstream. Science 330:1054–1055. doi:10.1126/science.1198074.
- Ocsoy, I., Paret, M. L., Ocsoy, M. A., Kunwar, S., Chen, T., You, M., & Tan, W. (2013). Nanotechnology in plant disease management: DNA-directed silver nanoparticles on graphene oxide as an antibacterial against *Xanthomonas perforans*. *Acs Nano*, 7(10), 8972-8980.
- Oğuzperdahçı, T., 2019. Tuz Stresinin Biyolojik Sentez Demir Nanopartikülleri İle Sulu Ortamdan Ağır Metal Giderimine Etkisi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Orlikowska T. (1984). Micropropagation of Roodknop cv black currant. Fruit Science Reports 11, 1:5-17.
- Parler MC. University student contributors. Folk beliefs from Arkansas. Vol.15. Fayetteville: University of Arkansas; 1962-3. p. 51.
- Pehlivan, M., Güleriyüz, M., 2004. Ahududu ve Böğürtlenlerin İnsan Sağlığı Açısından Önemi, Bahçe Dergisi, Cilt : 33, Sayı: 1-2, s.51-57.
- Pei, ZF, Ming, DF, Liu, D., Wan, GL, Geng, XX, Gong, HJ, Zhou, WJ: Silikon, buğday (*Triticum aestivum* L.) fidelerinde polietilen glikolün neden olduğu su eksikliği stresine toleransı geliştirir . - J. Plant Growth Regul. 29 : 106–115, 2010.
- Prathna, T.C., Sharma, S.K. and Kennedy, M. 2018. Nanoparticles in household level water treatment: an overview. Separation and Purification Technology, 199: 260-270.
- Pullaiah T. Encyclopedia of world medicine plant, New Delhi: Daya Publishing House a unit of Astral International (P) Ltd.; 2006.1. p. 1697.
- Ravai, M., 1996. Caneberries an Important Food in a Healty Diet. Nutr. Today (31) 143-147.

- Reinhardt D.H and Rost T.L. 1995. Primary and lateral root development of dark- and light-grown cotton seedlings under salinity stress. *Bot. Acta.* 108: 403-365.
- Ružić Đ., Cerović R. (1998): The rapid method of blackberry propagation. *Acta Agriculturae Serbica* 3, 6: 55-61.
- Salama HMH (2012) Effects of silver nanoparticles in some crop plants, common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and corn (*Zeamays* L.). *Int Res J Biotechnol* 3:190–197.
- Sánchez, F. J., De Andres, E. F., Tenorio, J. L., & Ayerbe, L. (2004). Growth of epicotyls, turgor maintenance and osmotic adjustment in pea plants (*Pisum sativum* L.) subjected to water stress. *Field Crops Research*, 86(1), 81-90.
- Sengottaiyan, A., Mythili, R., Selvankumar, T., Aravinthan, A., Kamala- Kannan, S., Manoharan, K., Thiyagarajan, P., Govarthanan, M. And Kim, J.H. 2016. Green synthesis of silver nanoparticles using *Solanum indicum* L. and their antibacterial, splenocyte cytotoxic potentials. *Research on Chemical Intermediates*, 42(4): 3095-3103.
- Shams G, Ranjbar M, Amiri A (2013) Effect of silver nanoparticles on concentration of silver heavy element and growth indexes in cucumber (*Cucumis sativus* L. negeen). *J Nanopart Res* 15:1630.
- Sharma P, Jha AB, Dubey RS, Pessarakli M (2012) Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. *J Bot* 12:134–136.
- Shen XH, Wan JZ, Luo WY (1990) Propagation *in vitro* of Chinese Gooseberry (*Actinidia chinensis*) through the development of axillary buds. *Scientia Horticulturae* 42: 45-54.
- Siddiqui, M.H., M.H. Al-Whaibi, M. Faisal and A.A. Al Sahli. 2014.' Nano-silicon dioxide mitigates the adverse effects of salt stress on Cucurbita pepo L'. *Environmental Toxicology Chemistry*, 33:2429-2437.
- Singh M, Singh S, Prasad S, Gambhir S. "Nanotechnology in medicine and antibacterial effect of silver nanoparticles". *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 3(3), 115-122, 2008.
- Snir I (1981) Micropropagation of red raspberry. *Scientia Horticulturae* 14: 139-143.
- Shelar, G.B. and A.M. Chavan, 2015. Myco-synthesis of silver nanoparticles from *Trichoderma harzianum* and its impact on germination status of oil seed. *Biolife*, 3: 109-113.
- Sobczykiewicz D (1992) Micropropagation of raspberry (*Rubus idaeus* L.). In: Bajaj YPS (ed) *Biotechnology in agriculture and forestry*, Vol 18: high-tech and micropropagation II. Springer, Berlin, pp 339–353.

- Swanston-Flat, S.K.; Day, C.; Bailey, C.J.; Flatt, P.R. Traditional plant treatment for diabetes: Studies in normal and streptozotocin diabetic mice. *Diabetologia* 1990, 33, 462–464.
- Syu, Y.-Y.; Hung, J.-H.; Chen, J.-C.; Chuang, H.-W. Impacts of size and shape of silver nanoparticles on Arabidopsis plant growth and gene expression. *Plant Physiol. Biochem.* 2014, 83, 57–64.
- Szabados, L., Savoure, A., 2009. Proline: a multifunctional amino acid. *Trends Plant Sci.* 15, 89–97.
- Taiz L, Zeiger E, Møller IM, Murphy A (2015) Plant physiology and development. Sinauer Associates, Incorporated, Sinauer Associates Incorporated, Sunderland.
- Tang, X.; Mu, X.; Shao, H.; Wang, H.; Brestic, M. Global plant-responding mechanisms to salt stress: Physiological and molecular levels and implications in biotechnology. *Crit. Rev. Biotechnol.* 2015, 35, 425–437.
- Thuesombat P, Hannongbua S, Akasit S, Chadchawan S (2014). Effect of silver nanoparticles on rice (*Oryza sativa* L. cv. KDML 105) seed germination and seedling growth. *Ecotoxicol Environ Saf* 104: 302-309.
- Tubana, B.S., Babu, T., Datnoff, L.E., 2016. A review of silicon in soils and plants and its role in US agriculture: history and future perspectives. *Soil Sci.* 181, 393–411.
- TÜİK, 2014. Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri Veri Tabanı. Erişim Tarihi: 09.09.2019. <http://tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>.
- TÜİK, 2019. Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri Veri Tabanı.
- Türkan, I., Bor, M., Özdemir, F., & Koca, H. (2005). Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. acutifolius* Gray and drought-sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. *Plant Science*, 168(1), 223-231.
- Vannini, C., G. Domingo, E. Onelli, B. Prinsi, M. Marsoni, L. Espen and M. Bracale, 2013. Morphological and proteomic responses of *Eruca sativa* exposed to silver nanoparticles or silver nitrate. *PLoS One*, 8: e6875.
- Verma, R. Gangrade, T. Punasiya, R. Ghulaxe, C. 2014. *Rubus fruticosus* (blackberry) use as an herbal medicine. G.R.Y. Institute of Pharmacy, “Vidhya Vihar” Borawan, Khargone, Madhya Pradesh, India.
- Wainwright H, Flegmann AW (1986) Studies of the micropropagation of *Ribes* species. *Acta Hort* 183: 315-322.
- Winicov I, 1996. Characterization of Rice (*Oryza sativa* L.) Plants Regenerated from Salt-Tolerant Cell Lines. *Plant Science*, 113: 105-111.

- Wood, G. A., Andersen, M. T., Forster, R. L. S., Braithwaite, M., & Hall, H. K. (1999). History of Boysenberry and Youngberry in New Zealand in relation to their problems with Boysenberry decline, the association of a fungal pathogen, and possibly a phytoplasma, with this disease. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 27(4), 281-295.
- Wu, H., Shabala, L., Shabala, S., & Giraldo, J. P. (2018). Hydroxyl radical scavenging by cerium oxide nanoparticles improves Arabidopsis salinity tolerance by enhancing leaf mesophyll potassium retention. *Environmental Science: Nano*, 5(7), 1567-1583.
- Xiong, L. ve Zhu, JK ( 2002 ). Ozmotik strese bitki tepkilerinin moleküler ve genetik yönleri. *Plant Cell Environ.* 25 , 131 –139.
- Yıldız, A. (2011). *Hayrat (Trabzon) Koşullarında Yetiştirilen Bazı Ahududu Ve Böğürtlen Çeşitlerinin Adaptasyonu* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Yin L, Colman BP, McGill BM, Wright JP, Bernhardt ES (2012) Effects of Silver Nanoparticle Exposure on Germination and Early Growth of Eleven Wetland Plants. *PLoS ONE* 7(10): e47674. doi:10.1371/journal.pone.0047674.
- Zhu, J.-K., 2007. *Plant Salt Stress*. University of California, Riverside, California, USA, doi: 10.1002/9780470015902.a0001300.pub2.
- Zimmerman RH (1991) Micropropagation of temperate zone fruit and nut crops. In: Debergh PC, Zimmerman RH (eds) *Micropropagation*. Kluwer, The Netherlands, pp 231–246 *Plant Cell Tiss Organ Cult* (2009) 99:17–25 25.

## ÖZGEÇMİŞ

**ZEHRA KURT**

### ÖĞRENİM BİLGİLERİ

|                            |                                                                                     |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Yüksek Lisans<br>2018-2021 | Akdeniz Üniversitesi<br>Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Bölümü,<br>Antalya |
| Lisans<br>2016-2018        | Akdeniz Üniversitesi<br>Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Antalya           |
| Ön Lisans<br>2013-2015     | Akdeniz Üniversitesi<br>Teknik Bilimler M.Y.O., Organik Tarım Bölümü,<br>Antalya    |

### ESERLER

#### Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

1-Ceylan R.F., Bayraktar Ç., Demirtaş S. **Kurt Z.**, “Tohum Dış Ticaretinde Rekabet Gücünün Analizi ve Değerlendirilmesi”, *Tarım ve Doğa Dergisi*, 21, 22, 2018

2-Nasırcılar A.G., Ulukapı K., **Kurt Z.**, “Effects of Salicylic Acid on Germination and Vegetative Growth Properties of Radish (*Raphanus sativus* L.) Cultivars Grown under Drought Stress Conditions”, *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, vol.8, no.11, pp.2293-2299, 2020

3-Ulukapı K., **Kurt Z.**, Şener S., “Su Kısıtı Koşullarında Biber (*Capsicum annuum* L.) Bitkisinde Mikoriza Uygulamasının Vejetatif ve Generatif Gelişme Üzerine Etkileri”, Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, vol.8, pp.927-931, 2020

4- Ulukapı K., Nasırcılar A.G., **Kurt Z.**, “Determination of Salt Tolerance Levels of Some Radish Cultivars and Evaluation of the Effectiveness of Salicylic Acid on Germination in Saline Conditions”, Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, vol.8, pp. 632-637, 2020

5-Ulukapı K., **Kurt Z.**, Şener S., “The Effects of Mycorrhiza Application on Vegetative and Generative Growth in Pepper (*Capsicum annuum* L.) Plants under Water Deficiency Conditions”, Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, vol.8, no.4, pp.927-931, 2020