



T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**MAGNEZYUM NANOPARÇACIKLARININ YEM BÖRÜLCESİNİN (*VIGNA
UNGUICULATA* L. WALP) IN VİTRO REJENERASYONU ÜZERİNE ETKİSİNİN
BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Rabia KOÇAK

TEMMUZ 2020

GÜMÜŞHANE

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

BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

**MAGNEZYUM NANOPARÇACIKLARININ YEM BÖRÜLCESİNİN (*VIGNA
UNGUICULATA L. WALP*) IN VİTRO REJENERASYONU ÜZERİNE ETKİSİNİN
BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Rabia KOÇAK

**Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
“Biyoteknoloji Anabilim Dalı”
Yüksek Lisans Programında Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 10.07.2020
Tezin Sözlü Savunma Tarihi: 13.08.2020**

**TEMMUZ 2020
GÜMÜŞHANE**

TEZ BEYANNAMESİ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoteknoloji Anabilim Dalı'nda, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlamış olduğum “ Magnezyum Nanoparçacıklarının Yem Börülcesinin (*Vigna Unguiculata* L. Walp) In Vitro Rejenerasyonu Üzerine Etkisinin Belirlenmesi ” isimli tez çalışmasında; bütün bilgi ve belgeleri genel akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel ve yazılı bütün bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak hazırlayıp sunduğumu, başka kaynaklardan yararlandığım bilgileri metin ve kaynaklarda eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksi durumda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 10 /07/2020

Rabia KOÇAK

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAGNEZYUM NANOPARÇACIKLARININ YEM BÖRÜLCESİNİN (*Vigna unguiculata* L. Walp) IN VİTRO REJENERASYONU ÜZERİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

Rabia KOÇAK

Gümüşhane Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoteknoloji Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Melih OKCU

2020, 50 sayfa

Bu çalışma farklı dozlardaki MgO NP'nin yemlik börülce çeşidinde in vitro rejenerasyona etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Araştırmada magnezyum nanopartiküllerinin farklı dozları yer almıştır. Araştırma Tam şansa bağlı faktöriyel deneme desenine göre, analiz 4 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Araştırmada Morfogenesis, Kallus oluşum oranı (%), Sürgün Sayısı (adet), Sürgün Oluşum Oranı (%), Sürgün Uzunluğu (cm), Eksplant başına sürgün sayısı (adet), Kök oluşum oranı (%), Eksplant başına kök sayısı (adet), Kök uzunluğu (cm) gibi karakterler incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre börülce bitkisine uygulanan farklı dozlardaki MgO NP'nin tüm karakterler üzerine etkisi önemli bulunmuştur. Morfogenesis'de en iyi sonuçlar Mg3NP (185 mg), Mg4NP (370 mg) ve Mg5NP (555 mg) uygulamalarından elde edilmiştir. Sürgün oluşum

oranında dozlar karşılaştırıldığında en fazla sürgün oluşum oranı %82.50 ile Mg5NP (555 mg) uygulaması ve %72.50 ile Mg4NP (370 mg) uygulamasından elde edilmiştir. Sürgün sayısı, eksplant başına sürgün sayısı ve sürgün uzunluğunda en yüksek değerler sırasıyla 61.25 (adet), 17.50 (adet) ve 2.075 (adet) ile Mg4 (370 mg) uygulamasından elde edilmiştir. Kök oluşum oranında en yüksek değerler Mg1 (kontrol) %27.50, Mg2 (370 mg) %27.50 ve Mg4NP(370 mg) %22.50 uygulamalarından elde edilmiştir. Eksplant başına kök sayısında 6.75 (adet) ile Mg2 (370 mg), Kallus oluşumunda %10 ile Mg5NP (555 mg) ve %9.50 ile Mg4NP (370 mg) uygulaması ve Kök uzunluğunda ise 1.575 (cm) ile Mg2 (370 mg) uygulaması en yüksek değerleri vermiştir.

Sonuç olarak; İncelenen parametreler içerisinde Mg4NP (370 mg) uygulaması en iyi sonucu vermiş ve daha sonraki çalışmalar için tavsiye edilebileceği kanaatine varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Börülce, MgO nanopartikülleri, *Vigna unguiculata* L. Walp, Sürgün, Kök Oluşumu.

ABSTRACT
MS THESIS

**DETERMINATION OF THE EFFECT OF MAGNESIUM NANOPARTICLE ON
THE IN VITRO REJENERATION OF COWPEA FORAGE (*Vigna Unguiculata* L.
Walp)**

Rabia KOÇAK

Gumushane University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biotechnology

Supervisor: Assoc. Prof. Melih OKCU

2020, 50 pages

This study was carried out to determine the effect of different doses of MgO NP on in vitro regeneration in cowpea forage variety. Different doses of Magnesium nanoparticles were included in the research. The research was conducted in 4 recurrence according to the factorial experimental designs based on full chance. In the study Morphogenesis, Callus formation rate (%), number of shoot (pcs), shoot formation rate (%), shoot length (cm), shoot number per explant (pcs), root formation rate (%), number of roots per explant (pcs), root length (cm) were examined.

According to the findings, the effect of different doses of MgO NP applied to the cowpeas on all characters was found to be significant. The best results in morphogenesis were obtained from Mg3NP (185 mg), Mg4NP (370 mg) and Mg3NP (555 mg). When the

doses were compared in terms of shoot formation rate, the highest shoot formation rate was obtained from Mg5NP (555 mg) application with 82.50% and Mg4NP (370 mg) application with 72.50%. The highest rates in shoot number, number of shoots per explant and shoot length were obtained respectively from Mg4 (370 mg) application as 61.25 (pcs) 17.50 (pcs) and 2.075 (pcs). The highest rates in root formation ratio were obtained from Mg1 (control) 27.50%, Mg2 (370 mg) 27.50% and Mg4NP (370mg) applications. Mg2 (370 mg) application with 6.75 (pcs) in root number per explant, Mg3NP (555 mg) application with 10% and Mg4NP (370 mg) application with 9.50% in callus formation and Mg2 (370 mg) application with 1.575 (cm) in root length have given the highest rates.

As a result, among the parameters examined, Mg4NP (370 mg) application has given the best result and it has been concluded that it can be recommended for the subsequent studies.

Keywords: Cowpea, MgO nanoparticles, *Vigna unguiculata* L.Walp, Root Formation, Shoot.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca, tezin planlanması, yürütülmesi ve değerlendirilmesinde katkılarıyla beni yönlendiren, yol gösteren, bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım, çalışmalarım boyunca benden yardımını esirgemeyen danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Melih OKCU' ya, bütün yardımları için teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam esnasında bana manevi olarak destek olan ve yol gösteren Sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Zühal OKCU' ya en içten dileklerle teşekkür ederim.

Çalışmanın önemli bir parçası olan ve sonuçların değerlendirilmesinde büyük önem taşıyan laboratuvar imkanlarını sunan bana yardım eden Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Kamil HALİLOĞLU ' na, magnezyum nanoparçacıklarının temininde yardımını esirgemeyen Atatürk Üniversitesi Erzurum M.Y.O Gıda Teknolojisi Bölümü Öğretim Üyesi Prof.Dr. Hayrunnisa NADAROĞLU' na, teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca bana yön veren ve her kararında beni destekleyen her zaman yanımda olan en değerlim aileme, en içten dileklerle teşekkürlerimi sunarım.

Rabia KOÇAK
Gümüşhane 2020

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	IV
ABSTRACT	VI
TEŞEKKÜR	VIII
İÇİNDEKİLER	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	XI
TABLolar DİZİNİ	XIII
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ	XIV
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Önceki Çalışmalar	5
1.3. Çalışmanın Amacı	12
1.4. Çalışmanın Kapsamı	13
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	14
2.1. Materyal	14
2.1.1. Bitki Materyali ve Mg Nanopartikülü	14
2.1.2. Rejenerasyon İçin Kullanılacak Eksplantlar	16
2.2. Metot	16
2.2.1. Uygulama	16
2.2.2. Doku Kültürü Metotları	17
2.2.2.1. Büyüme Düzenleyicileri ve Saklama Koşulları	17
2.2.2.2. Sterilizasyon Yöntemleri	17
2.2.2.3. Sterilizasyonda Kullanılan Solüsyonların Hazırlanması	18
2.2.2.4. Kallus ve Bitki Rejenerasyon Ortamlarının Hazırlanması	18
2.2.2.5. Besi Ortamları ve Kültür Koşulları	19
2.2.2.6. Bitki Doku Kültürü Ortamlarında Kullanılan Kimyasallar ve Hazırlanışları	19
2.2.3. In vitro Çalışmaları	22
2.2.3.1. Eksplant İzolasyonu ve Kültüre Alınması	22
2.2.3.2. Sürgün Rejenerasyonu	22
2.2.3.3. Sürgünlerin Köklendirilmesi	22
2.2.4. Araştırmada İncelenen Özellikler	22

2.2.4.1.	Morfogenesisis	22
2.2.4.2.	Kallus Oluşum Oranı	22
2.2.4.3.	Sürgün Sayısı	23
2.2.4.4.	Sürgün Oluşum Oranı	23
2.2.4.5.	Sürgün Uzunluğu (cm)	23
2.2.4.6.	Eksplant Başına Sürgün Sayısı	23
2.2.4.7.	Kök Oluşum Oranı.....	23
2.2.4.8.	Eksplant Başına Kök sayısı	23
2.2.4.9.	Kök Uzunluğu.....	24
2.2.5.	İstatiksel Analizler	24
3.	ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	28
3.1.	Morfogenesisis	28
3.2.	Sürgün Oluşum Oranı	29
3.3.	Sürgün Sayısı	30
3.4.	Eksplant Başına Sürgün Sayısı	32
3.5.	Sürgün Uzunluğu	34
3.6.	Kök Oluşum Oranı (%).....	35
3.7.	Eksplant Başına Kök Sayısı.....	36
3.8.	Kallus Oluşumu	38
3.9.	Kök Uzunluğu.....	39
4.	SONUÇ ve ÖNERİLER	42
5.	KAYNAKLAR	45
	ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2. 1. MgO SEM analiz sonucu	15
Şekil 2. 2. MgO XRD.....	15
Şekil 2. 3. MgO nanopartikülü	16
Şekil 2. 4. Magnezyum nano partiküllerinin Mg1 uygulamasının ülkem börülce çeşidi üzerine etkisi	24
Şekil 2. 5. Magnezyum nanopartiküllerinin Mg2 uygulamasının ülkem börülce çeşidi üzerine etkisi	25
Şekil 2. 6. Magnezyum nano partiküllerinin Mg3 uygulamasının ülkem börülce çeşidi üzerine etkisi.....	25
Şekil 2. 7. Magnezyum nano partiküllerinin Mg4 uygulamasının ülkem börülce çeşidi üzerine etkisi	26
Şekil 2. 8. Magnezyum nano partiküllerinin Mg5 uygulamasının ülkem börülce çeşidi üzerine etkisi	26
Şekil 2. 9. Magnezyum nanopartiküllerinin Mg4 uygulamasının ülkem börülce çeşidi üzerine etkisi.....	27
Şekil 2.10. Ülkem börülce çeşidine ait Mg4 uygulamasının sürgün uzunluğu görünümü	27
Şekil 3. 1. Börülceye uygulanan farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının morfogenezis üzerine etkisi.....	29
Şekil 3. 2. Börülceye uygulanan farklı dozlardaki magnezyum nano parçacıklarının sürgün oluşum oranı üzerine etkisi.....	30
Şekil 3. 3. Mg4 uygulamasının eksplantında sürgün ve kök gelişimi	32
Şekil 3. 4. Börülceye uygulanan farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının sürgün sayısı üzerine etkisi.....	32
Şekil 3. 5. Börülceye uygulanan farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının eksplant başına sürgün sayısı üzerine etkisi.....	33
Şekil 3. 6. Börülceye uygulanan farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının sürgün uzunluğu üzerine etkisi	35
Şekil 3. 7. Börülceye uygulanan farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının kök oluşum oranı üzerine etkisi	36

Şekil 3. 8. Börülceye uygulanan farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının eksplant başına kök sayısı üzerine etkisi	38
Şekil 3. 9. Ülkem börülce bitkisinin Mg4 uygulamasında kallus oluşumu.....	39
Şekil 3.10.Börülceye uygulanan farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının kallus oluşumu üzerine etkisi.....	39
Şekil 3.11.Börülceye uygulanan farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının kök uzunluğu üzerine etkisi	41



TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. 1. Yem b�r�lcesi 1-1	13
Tablo 2. 1. MS ortamına ilave edilen bitki büyüme düzenleyicileri ve hazırlanışları.....	17
Tablo 2. 2. MS ortamı içerisinde yer alan makro ve mikro elementler	20
Tablo 2. 3. MS ortamı içerisinde yer alan Mg nano elementi	20
Tablo 3. 1. Farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının yem b�r�lcesi bitkisinde morfogenezis ve sürgün oluşum oranlarına ait ortalama değerler	28
Tablo 3. 2. Farklı dozlardaki magnezyumnano parçacıklarının yem b�r�lcesi bitkisinde sürgün sayısı ve eksplant başına sürgün sayısı oranlarına ait ortalama değerler.....	31
Tablo 3. 3. Farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının yem b�r�lcesi bitkisinde sürgün uzunluğu ve kök oluşum oranlarına ait ortalama değerler	34
Tablo 3. 4. Farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının yem b�r�lcesi bitkisinde eksplant başına kök sayısı ve kallus oluşum oranlarına ait ortalama değerler.....	37
Tablo 3. 5. Farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının yem b�r�lcesi bitkisinde kök uzunluğu oranlarına ait ortalama değerler	40

SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

BAP	: 6- benzilaminopurin
HCl	: Hidroklorik Asit
IBA	: Indole-3-butrik asit
l, ml, µl	: Litre, Mililitre, Mikrolitre
MgCl ₂	: Magnezyum klorür
MS	: Murashige ve Skoog bazal besin ortamı
MSO	: Hormonsuz Murashige ve Skoog Temel Besin Ortamı
NaOCl	: Sodyum Hipoklorit
NaOH	: Sodyum Hidroksit
µM	: Mikro Molar
g	: Gram
mm	: Milimetre
mg	: Miligram
mL	: Mililitre
µg	: Mikrogram
L	: Litre
pH	: Hidrojenin gücü
ppm	: Milyonda bir birim
°C	: Santigrat derece
%	: Yüzde
cm	: Santimetre
m	: Metre
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Börülce (*Vigna unguiculata* L.Walp) özellikle Afrika, Güney Amerika, Asya ve Amerika Birleşik Devletleri'nde oldukça yaygın tek yıllık bir bitki olup, dünya genelinde en önemli baklagil bitkilerinden birisidir (Xiong vd., 2016). Fakir topraklarda gelişme kabiliyetine sahip olan ve azot fiksasyonu yardımıyla kendinden sonra gelen ürünün verimini artıran iyi bir ön bitkidir (Miller vd., 1984; Pemberton ve Smith, 1990).

Bitkisel kaynaklardan elde edilen protein dünya protein ihtiyacının %70'ni oluşturmaktadır. Bu protein kaynaklarının %66'nı tahıllar, %48.5' ni yemeklik tane baklagiller, %15.5'ni ise diğer bitkisel kaynaklar oluşturmaktadır. Hayvansal içerikli besinlerin pahalı olması, tahıl proteininin bazı aminoasitleri sınırlı oranda ihtiva etmesi, protein gereksinimlerinin giderilmesinde yemeklik tane baklagilleri vazgeçilmez bir alternatif konumuna getirmiştir (Şehirli, 1988).

İnsan beslenmesinde yeşil sebze ve kuru tane olarak, hayvan beslenmesinde yem bitkisi olarak da değerlendirilen börülce, baklagil familyasına ait olup taze baklalarında %2.0-4.3, taze tanelerinde %4.5-5.0 protein bulunur. Olgunluga ulaşmış kuru halde börülce tanelerinde protein kapsamı çeşit ve çevre şartlarına bağlı olarak %20.42-34.60 arasında değişiklik göstermektedir. Bunun yanı sıra taneleri %50-67 oranında karbondioksit, %1.3 yağ, %3.9 selüloz ve %3.6 oranında kül ihtiva eder (Şehirli, 1988). Tohumlarındaki protein, tahıl tohumlarına göre Lysine ve Tryptophan aminoasitleri bakımından zengin, hayvansal proteinlere göre Methionine ve Cystine açısından ise yetersizdir (Davis vd., 1991).

Ülkemizde 2019 yılı itibarıyla, 13.084 dekar alanda 1.392 ton börülce üretilmiş ve 106 (kg/dekar) verim alınmıştır (URL-1, 2019). 2019 yılı verilerine göre il bazında Manisa 7240 dekarlık alanda 685 ton üretim ile ilk sırayı alırken, bu ilimizi 2290 dekarlık alanda 232 ton üretim ile Uşak, 1621 dekarlık alanda 233 ton üretim ile Muğla, 610 dekarlık alanda 61 ton üretim ile Denizli, 400 dekarlık alanda 68 ton üretim ile Balıkesir, 382 dekarlık alanda 54 ton üretim ile İzmir, 231 dekarlık alanda 20 ton üretim ile Isparta, 90 dekarlık alanda 5 ton üretim ile Aydın, 75 dekarlık alanda 13 ton üretim ile Hatay, 70 dekarlık alanda 7 ton üretim ile Kütahya, 55 dekarlık alanda 12 ton üretim ile Çanakkale ve 20 dekarlık alanda ise 2 ton üretim ile Tekirdağ takip etmiştir (URL-1, 2019).

Börölce bitkisinde tane verim kayıplarına neden olan faktörler; yabancı otlar, böcek zararlıları ve hastalıkları gibi biyotik faktörler ile kuraklık ve sıcaklık gibi abiyotik faktörlerdir (Singh vd., 1997). Yetiştiricilikte bu gibi olumsuz etkenler, hem verimi düşürmekte hem de zararın çok yoğun olduğu yerlerde üreticiler bu gibi ürünleri yetiştirmekten vazgeçmektedirler. Dolayısıyla bu problemleri ortadan kaldırmak için klasik yöntemler yetersiz kalmaktadır ve hızlı bir şekilde bunların giderilmesi için biyoteknolojik metodların daha ileri seviyelere getirilmesi gerekmektedir (Cubero ve Hernandez, 1991; Weigand ve Bishara, 1991; Ondrej ve Hunady, 2007). Baklagiller rejenarasyon ve transformasyon için ‘inatçı’ (rekalsinrat) kabul edilir. Genel anlamda rejenerasyon büyük bir sorun oluşturmaktadır. Baklagillerde çok sayıda klasik ve biyoteknolojik çalışma yapılmasına rağmen nanoteknoloji konusunda nano parçacıkların etkisinin araştırılması üzerine çok az sayıda çalışma yapıldığı görülmektedir.

‘Nano’ kelimesi Yunan dilinde cüce anlamına gelir ve herhangi bir fiziksel büyüklüğün bir milyarda biri olarak ifade edilir. Metrenin milyarda biri olarak tanımlanan 1 nanometre (nm), aynı zamanda 6 karbon atomu veya 10 su molekülünün eninden oluştuğu ifade edilmektedir. İnsan saçının bir telinin yaklaşık 80.000 nm ve kırmızı kan hücresinin ise 7.000 nm genişliğinde olduğu bildirilmektedir (Sahoo vd., 2007). Nanoteknoloji teriminin, atomların ve moleküllerin, moleküler boyutlarda yeni malzeme ve cihazların üretilmesiyle kontrol edilebileceğini ilk kez 1959 yılında ünlü fizikçi Richard Feynman tarafından söylendiği ‘Aşağıda herkese yetecek yer var’ ifadesiyle ortaya çıktığı düşünülmektedir (Feynman, 1960; Sahoo vd., 2007) . Ayrıca bu terimin 1974 yılında Profesör Tanguchi vd ., (1974) tarafından popularize edildiği ifade edilmektedir (Bulovic vd., 2004).

Mutlidisipliner bir bilim dalı olan nanoteknoloji, nano boyutta malzemeleri kontrol eden, bilim ve teknolojiyi içerisine alan bir bilim dalıdır (Arnall, 2003). Bir başka deyişle, boyut olarak 100 nanometreden küçük maddelerin olduğu ve bunların kontrol edilerek atomik seviyede değiştirilip, kullanışlı hale getirilmesi olarak tanımlanır (Bergeson, 2004). Çok farklı alanlarda gelişen disiplinlerarası bir araştırma sahası olan nanoteknoloji, tarımda bitki koruma ve beslenmede, tarımsal uygulamalarda pestisit dağıtımını, nanosensörleri, pestisit bozulmasını, mikro besinlerin kullanımını kapsamaktadır (Ghormade vd., 2011).

Boyuta bağlı olarak aynı malzemelerin büyük parçacıkları ile kıyaslandığında nano malzemeler üstün ve yeni özellikler gösterebilmektedir. Geniş bir alanda nanomalzemeler veya parçacıklar, yeryüzünde fitokimyasal ürünler, volkanik ürünler ve egzoz dumanları

gibi doğal olarak bulunabilmektedirler (Enderby vd., 2004; Yazıcı, 2009). Tozlar veya parçacıklar olarak bilinen ve boyutları 1-100 nm aralığında olan nano parçacıklar, nano boyutlu malzemelerin ve nano teknolojinin temelini oluştururlar (Ateş, 2017). Yeni nesil nano teknoloji ürünü malzemeleri olan nano parçacıklar, sistemlerin fonksiyonelliğinde büyük bir gelişim sağlarlar. Boyutlarının küçük olması, malzemelerin hacimsel yapıları ile karşılaştırıldığında üstün özellik olarak değerlendirilmektedir (Yazıcı, 2009; Lines, 2008; Doğan, 2007).

Sahip olduğu üstün özellikler sayesinde nano parçacıklar, katalizörler, tıp, elektronik, boya sanayii, ambalaj, biyo sensörler, kozmetik, biyomühendislik, otomobil, tekstil gibi alanlarda kullanılmaktadır. Tıpta gen tedavisinde, kanser hastalıklarının erken teşhis ve tedavisinde, hedefe yönelik ilaç taşınımı gibi çoğu alanda nanoparçacıklar bilim insanlarına imkan tanımaktadır. Tıp alanının yanı sıra mühendislik bilim dallarında da aktif bir biçimde kullanılmaktadır (Mboniyirivüze vd., 2015). Tarımın sürdürülebilir büyümesi, yeni, akıllı ve yenilikçi tekniklerle nanoteknoloji sayesinde büyük ölçüde hızlandırılabilir (Tilman vd., 2002; Prasanna ve Hossain, 2007; Ditta, 2012; Mishra vd., 2014).

Nanoteknoloji, çevresel faktörlerin ve hedeflenmiş eylemlerin izlenmesi yoluyla minimum kimyasal girdiyle (yani, gübreler, böcek ilaçları, herbisitler, vb.) üretimi en üst düzeye çıkarmaya odaklanan hassas tarım üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilir (Hussein vd., 2005). Bu durum toprakta ve suda agrokimyasal birikiminin kısıtlanmasını sağlar (De-Legue ve Rubiales, 2009; Rickman vd., 2003). Bilgisayarlar, küresel uydu konumlandırma sistemleri ve uzaktan algılama cihazları hassas tarımda yüksek düzeyde yerleştirilmiş çevresel faktörleri ölçmek için kullanılmaktadır. Böylece bitkilerin maksimum verimlilikle büyüüp büyümediğini bilmek veya sorunların doğasını ve yerini kesin olarak belirlemek için yardımcı olacaktır. Bu teknoloji tarımsal atıkları ve çevre kirliliğini en aza indirmeye yardımcı olarak toprak sağlığını ve koşullarını korumak için etkili yöntemler sunar (Raliya vd., 2017; Duhan vd., 2017). Nanoteknolojik yaklaşımlar hassas tarımın işleyişini büyük ölçüde artırabilir (Panpatte ve Jhala, 2019).

Nanopartiküller, elektronik, tıp, ilaç, mühendislik ve tarım gibi farklı alanlarda uygulamalara sahip olmalarını sağlayan dikkat çekici özelliklere sahiptir. 100 nm'den daha küçük boyutlu malzemeler nanopartiküller (NP'ler) olarak bilinir (Thomas vd., 2012). NP'ler gıdada işlenmiş gıdaların paketlenmesinde, raf ömrünün belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Akıllı ve yenilikçi tekniklerle yüksek verim, düşük pestisit, herbisit girişi oluşturulmasıyla sistem yerini almaktadır. Bunlara ilaveten yüzey

altı suları ve tarlaların temizlenmesi amacıyla da nanoparçacıklar kullanılmaktadır (Demirbilek, 2015). Gübre sektöründe de nanokompozit gübre üretmek için nanoparçacıklar kullanılabilmektedir (Zhang vd., 2017; Giroto vd., 2017).

Bitki gelişiminde ve fizyolojisinde önemli rol oynayan ve makro besin elementi olan magnezyum, kloroplasttaki anahtar fotosentetik enzimlerin aktivitesini düzenleyen sentetik klorofil yolunun bir bileşenidir (Sawicki vd., 2017; Chen ve Fan, 2018). magnezyum eksikliğinde bitki büyümesini baskılayıp, verimi düşmektedir (Stagnari vd., 2011). Magnezyum diğer besin elementlerinden daha fazla enzim aktive eden (Epstein ve Bloom, 2005) ve bitkilerde nükleofilik ligandlarla ilgili yapısal ve düzenleyici görevleri olan makro besin elementidir (Shaul, 2002; Cakmak ve Kirkby, 2008). Nükleik asitlerin ve ATP'nin işlevinde ve sentezinde gerekli elementlerden biridir (Sreedhara ve Cowan, 2002; Igamberdiev ve Kleczkowski, 2015).

Magnezyum oksit geniş bir band aralığına sahip önemli bir inorganik malzemedir (Al-Gaashani vd., 2012). Bu malzeme, kataliz, katalizör destekleri, toksik atık ıslahı, refrakter materyaller ve adsorbanlar, ağır yakıt yağlarında katkı maddesi, yansıtıcı ve yansıma önleyici kaplamalar, süper iletken ve ferroelektrik ince filmler gibi substrat, süper iletkenler ve lityum iyon piller gibi birçok uygulamada kullanılmaktadır (Ouraipryvan vd., 2009; Mirzaei ve Davoodnia, 2012). Tıpta MgO mide ekşimesi, mide ağrısı ve kemik yenilenmesi için kullanılır (Bertinetti vd., 2009; Boubeta vd., 2010). Son zamanlarda MgO nanoparçacıkları tümör tedavisinde uygulama için umut vaat etmektedir (Di vd., 2012). Bunun yanı sıra MgO antibakteriyel ajan olarak önemli bir potansiyele sahiptir (Tang ve Lv, 2014). Magnezyum oksit nanoparçacıklarının çok farklı inorganik metal oksitler arasında toksik olmayan ve temini daha kolay olan avantajlara sahip bir antibakteriyel madde olduğu belirlenmiştir (Cai vd., 2018). Yine yapılan bir başka çalışmada MgO NP'lerin domates bitkisinde Jasmonik asit (JA), Salisilik asit (SA) ve etilen (ET) sinyal yollarını inaktive ederek *R.solanaceum*'a karşı direnç gösterdiği bildirilmiştir (Imada vd., 2016). Bu özellikler sayesinde ürünün korunmasında kimyasal böcek ilaçlarına etkin bir alternatif olarak MgO NP'lerin kullanılabileceği ifade edilmektedir (Cai vd., 2018). Yer fıstığında MgO NP'lerinin bitkinin fotosentezinde artışa neden olduğu ve bunun da ışığı emme ile birlikte kullanma yeteneğini attırdığı bildirilmiştir. Ayrıca NP'lerin antioksidan sistemleri uyarmasıyla, bitkinin çimlenmesini ve büyümesini hızlandırdığı bildirilmiştir (Mageshwari vd., 2013).

Nanoteknoloji tarım sektöründe, nanopestisitler ve nanofertilizatörler şeklinde yararlıdır. Ayrıca bu bilim dalı kullanılarak, sentezlenen nanomalzemeler bitkinin verimini önemli ölçüde etkileyen zararlıları ve patojenleri kontrol etmede etkili olan koruma sağlar (Prasad vd., 2017).

NP'lerin bitki doku kültüründeki geniş uygulama alanları, eksplantlar, kallus indüksiyonu, organogenez, somatik embriyogenez, somaklonal varyasyon, genetik transformasyon ve sekonder metabolit gelişiminden mikrobiyal kontaminantların ortadan kaldırılmasını içerir. Nanoteknoloji kavramını bitki doku kültürü tekniklerine, sentezine, saflaştırılmasına ve istenen bitki kaynaklı verime entegre ederek bileşikler geliştirilebilir. Tıbbi ürünler olarak birçok fitokimyasal kullanıldığı için bu tür yaklaşımlar önemli endüstriyel uygulamalara sahip olabilir. ZnO NP'lerin MS ortamına dahil edilmesinin, kontaminasyon içermeyen kültürlerle sonuçlandığı açıklanmıştır (Helaly vd., 2014).

İnsan ve hayvan beslenmesinde büyük bir öneme sahip olan börülce bitkisi üzerine nanopartiküllerin etkisinin incelenmesi, literatürde eksikliği görülmekte olan bir çalışmadır. Bu kapsamda börülce bitkisinin Mg nanopartiküllerinin farklı dozlarının uygulanmasıyla birlikte çalışma negatif ve pozitif kontrol uygulamaları ile desteklenerek nanopartiküllerin bitki doku kültüründe gerçekleştirdikleri etkilerin kontrollü bir şekilde gözlemlenmesi hedeflenmektedir.

1.2. Önceki Çalışmalar

Börülce bitkisinin sürgün ucu meristem eksplantından tamamen sürgün oluşumunu sağlamak için büyüme düzenleyicilerine gerek olmadığını bildiren araştırmacılar ,0.005-0.1 μ M BAP ve 0.05 μ M NAA içeren ortamları kullanarak çok yüksek oranda sürgün rejenerasyonu gözlemlemeyi başarmışlardır (Kartha vd., 1981) .

Muthukumar vd., (1995) in vitroda geliştirdikleri börülcelerin primer yapraklarından elde ettikleri 3 günlük bitkiciklerden petiol ile beraber primer yaprakları oluşturmuşlardır. Elde edilen yapraklar 8×10^{-7} M 2, 4, 5 trichlorofenoksiasetik asit, 1×10^{-2} M L Glutamine ve 1×10^{-4} M adenin sulfat içeren Gamborg B5 ortamına kültüre aldıktan sonra Petiol eksplantta kallus oluşumu gözlenmiş ve kallus 5×10^{-6} M BAP içeren ortamda ise yüksek oranda sürgün rejenerasyonu oluşmuştur. Sürgünler köklendirilmek için B5 ortamına alınarak sonrasında toprağa aktarılmıştır.

Brar vd., (1997)' nin sürgün ucu eksplantlarından sürgün rejenerasyonu elde ettikleri çalışmada in vitroda gelişen Georgia çeşidi börülcelerden 5 mm'lik sürgün uçlarını elde edilmiştir. Sonrasında 1, 2.5 ve 5 mg/l AP, 1, 2.5 ve 5 mg/l Kinetin ile 0.01, 0.10 veya 0.50 mg/l 2,4-D veya NAA içeren ortamda kültüre alınan bitkiciklerde Kinetin içeren ortamlarda BAP içeren ortamlara göre daha fazla sürgün elde edilmiştir. 2, 4-D veya 5.0 mg/l BAP-0.01 mg/l NAA içeren ortamdan en fazla sürgün elde edilmiştir. Bütün eksplantlarda kallus oluşmuştur. Kök oluşumu Kinetin içeren ortamlarda görülmüştür. Sürgünleri köklendirmek için 0.1 mg/l NAA 13 içeren ortam kullanılmıştır ve hızlı çoğaltım için sürgün ucunun uygun eksplant olduğu tespit edilmiştir.

Pellegrineschi (1997)'nin yaptığı çalışmada börülcenin bazı çeşitlerinde somaklonal varyasyon oluşmuştur. Ayrıca hipokotil ve kotiledon eksplantından sürgün rejenerasyonu elde edilmiştir. Apikal bölgeleri çıkarılan embriyolar rejenerasyon ortamına alınmıştır. Yüksek sitokinin içeren besi ortamlarında primer hipokotil ve kotiledonlar 45 gün bekletildikten sonra sürgün oluşmuştur.

17 börülce genotipi kullanarak bitki rejenerasyon protokolü elde edilen çalışmada öncelikle kotiledon eksplantlarını içerisinde 15-35 mg/l BAP bulunan 1/3 MS ortamında 15 gün bekletip sonra 1mg/l BAP içeren besin ortamına aktarmışlar ve yedi gün bu besin ortamında bekletilen eksplantlarda kotiledonların üst kısımlarında sürgün rejenerasyonu gözlenmiştir. Rejenerasyon oranı %1-11 ve eksplant başına sürgün sayısı 4-12 arasında bulunmuştur. Çalışmada kullanılan börülcelerin genotipinin, uygulanan kültür süresi ve büyüme düzenleyici miktarlarının rejenerasyon oranı ve eksplant başına sürgün sayısı üzerindeki etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. 15 mg/l BAP bulunan besi ortamı kullanılarak 5 gün sonunda en fazla eksplant başına sürgün, 35 mg/l BAP ile 5 gün muamele edilen ortamda ise en fazla sürgün sayısı elde edilmiştir. Oluşan bitkilerde köklenmeyi sağlamak için bitkiler tekrar MS ortamına aktarılmıştır (Brar vd., 1999).

Prem Anand vd., (2000), 2,4-D bulunduran MS ortamı kullanılarak börülcenin primer yapraklarından embriyogenik kallus oluşturmuşlardır. Süspansiyon kültürü için Yeşil-beyaz kallus kullanılmıştır. 4.52 μ M 2,4-D içeren ortamda yuvarlak, kalp ve torpedo şeklinde embriyolar görülmüştür. Oluşan embriyolar 0.05 μ M 2,4-D, 5 μ M Absisik asit ve %3 manitollü ortamlarda olgunlaştırılmıştır.

Börülcenin kotiledon boğum eksplantları kullanılarak sürgün rejenerasyonu elde eden araştırmacılar TDZ içeren MS ve Gamborg B5 ortamı kullanmışlardır. Öncelikle 10 μ mol/l TDZ uygulanan eksplantlardan sürgün ucu uzaklaştırılmıştır ve dikey kesilmiş ince

hücre tabakaları elde edilmiştir. Sürgün rejenerasyonu için en uygun ortam olarak 1.0 µmol/l IBA ve 1.0 µmol/l TDZ içeren MSB5 ortamı uygun bulunmuştur. Eksplant başına 32.5 adet sürgün elde edilen çalışmada bitkilerde genotipik değişiklik görülmemiştir. Elde edilen bitkicikler toprağa alıştırılmıştır (Van Le vd., 2002).

Choi vd., (2003/4), börülcenin olgun ve olgunlaşmamış kotiledon eksplantlarını kullanarak yaptıkları çalışmada 0.1-2.0 mg/l BAP içeren ortam kullanmışlardır. Sürgün organojenesi için tam kotiledon eksplantları uygun bulunmuştur. 1 mg/l BAP içeren ortamda % 67.5 sürgün oluşumu ile eksplant başına 10.1 adet adventif sürgün elde edilmiştir ve oluşan sürgünler ½ MS besin ortamında köklendirilmiştir. Sonrasında bitkiler saksılara ve tarlaya aktarılmıştır.

Odutayo vd., (2005), yüzey sterilizasyonu yaptıkları börülcelerden elde ettikleri embriyoları farklı konsantrasyonlarda sitokinin-oksin içeren ortamlarda kültüre almışlardır. Embriyonun yaralanan kısımlarında kallus oluşmuştur. 5 hafta bekletilen kalluslar üzerinde sürgün oluşmuştur.

Ramakrishnan vd., (2005) 'nin börülce bitkisinden somatik embriyogenesis elde ettikleri çalışmada suspansiyon kültür kullanılmıştır. Primer yapraklar kallus oluşturmak için 2,4-D, Casein hydrolysate ve Glutamik asit-5-amid içeren MS ve Gamborg B5 vitaminleri içeren besin ortamında kültüre alınarak kallus oluşumu gözlenmiştir. Kalluslar 0.5 mg 2,4-D içeren MMS ortamında bekletilmiştir. Sıvı MMS ortamında büyük oranda somatik embriyoların ilk aşamaları gözlenmiştir. Ortamların hepsinde somatik embriyo oluşumu 2,4-D konsantrasyon oranına paralel gözlenmiştir. 0.1 mg/l 2,4-D, 20 mg/l L-Proline (pro), 5µM Absisik asit ve %2 Mannitol içeren B1 ve B5 ortamlarında olgun monokotildonari somatik embriyo meydana gelmiştir. B5 ortamının Embriyoları olgunlaştırmak için, MS ve MMS ortamına göre daha uygun olduğu kanaatine varılmıştır. 5 gün sıvı ortamda bekletilen eksplantlardan en fazla somatik embriyogenesis meydana gelmiştir. Sukrozun kallus oluşumunda, mannitolun embriyoların olgunlaşmasında ve maltozun ise embriyoların çimlenmesinde en iyi etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Bitkinin tamamını elde etmek için %3 maltoz, 2500 mg KNO₃ ve 0.05 mg TDZ içeren B5 ortamı kullanılmıştır. Tarlaya aktarılan bitkiler ise morfolojik olarak normal ve fertil özellik göstermişlerdir.

Mao vd., (2006), börülcenin sürgün ucu eksplantından elde ettikleri sürgün rejenerasyonundan 8.88 µM BAP, 1.0 g/l casein hydrolysate, 342 µM glutamine, % 3.0 sukroz, % 0.3 fitagel (pH 5.8) içeren ortamda en fazla sürgün elde etmiştir. Ortamın 5.8

veya 7.0 pH'da sürgün rejenerasyonunda aynı etkiyi gösterdiği gözlenmiştir. En fazla sürgün oluşumunda eksplant başına 8 sürgün elde edilmiştir. Sürgün uzaması için 14 μ M GA3 uygulaması yeterli olmuştur. IBA kullanılmasının sürgünlerin köklendirilmesine herhangi bir etki etmediği sonucuna varılmıştır. Seraya aktarılan bitkiler normal gelişim göstermiştir.

Aasim vd., (2008) Akkız çeşidi börülcenin 3-4 günlük sürgün ucu eksplantından MS ortamından sürgün rejenerasyonu elde etmişlerdir. MS ortamında 0.50 mg/l BAP ile 0, 0.10, 0.30 ve 0.50 mg/l NAA kullanmışlar ve NAA içeren ortamlarda büyük oranda kallus oluşmu gözlenmiştir. 0.5 mg/l BAP bulunan MS ortamında 2.60 adet sürgün ile en fazla sürgün elde edilmiştir. 0.5 mg/l IBA içeren MS ortamında elde edilen bu sürgünler köklendirmeye alınmıştır.

Diallo vd., (2008) börülcenin kotiledon boğum eksplantlarını kullanarak sürgün elde ettikleri çalışmada ise en fazla 8.30 sürgün 1 mg/l BAP içeren B5 ortamında iki kotiledon ile beraber 5-6 günlük kotiledon boğumundan meydana gelmiştir. Kinetin içeren ortamda da optimum sürgün uzunluğuna ulaşılmıştır.

Yusuf vd., (2008) börülce bitkisinin embriyonik eksenini kullanarak BAP içeren besin ortamında sürgün rejenerasyonu elde etmişlerdir. 600 adet eksplant kullanılan çalışmada 237 eksplantta sürgün rejenerasyonu gözlenmiş ve eksplant başına ortalama 6.0 adet sürgün elde edilmiştir.

Raveendar vd., (2009) börülcenin dört genotipini (VBN-1, VBN-2, Co-6 and Co (CP) - 7) kullanarak öncelikle 13,3 μ M BAP ile 3 gün muamele edip sonrasında 6,6 μ M BAP içeren MSB5 ortamında 3 hafta kadar beklettikten sonra farklı oranda sürgün elde etmişlerdir. Elde edilen eksplantlar 0,5 μ M BAP içeren besin ortamında kültüre alındıktan sonra sürgünler MSO ortamında köklendirilmiştir ve 12 gün sonunda bitkiler dış koşullara adapte olmuştur. *V. unguiculata* Co (CP) -7 genotipi en fazla sürgünü vermiştir.

Kumari vd., (2011) soğan bitkisini kullanarak yapmış oldukları çalışmada bitkinin köklerine uyguladıkları dört farklı ZnO NP dozu sonucunda, NP yapılarının hem sitotoksik hem de genotoksik etki göstererek hücre bölünmesi oranında değişiklik oluşturduğunu kanıtlamışlardır. Ayrıca mısır, salatalık gibi bitkiler üzerinde test edilen ZnO NP'lerinin de tohum oluşumunu ve kök gelişimini belirli oranda engellediği tespit edilmiştir (Lin vd., 2007).

Silika-gümüş NP'leri kullanılan çalışmada muhtelif bitki patojenlerine karşı antimikrobiyal aktivitenin gerçekleştiği görülmüştür. Enfekte olmuş yeşil kabak

bitkilerinde ise Silika-gümüş NP'lerin uygulanması külleme kontrolü için faydalı olmuştur (Park vd., 2006).

Torney vd., (2007) kapaklı mezopöz silika NP'lerini kullanarak protoplastlara, hücrelere ve tütün yapraklarına DNA aktarmayı başarmışlardır.

Çim bitkisinde ZnO NP'lerinin hücre içerisine alımı ve bitki içerisindeki dağılımı incelenen çalışmada ZnO NP'lerinin hücrede birikimi ile oluşan toksik etkiye araştırılmıştır. Bitkinin yeşil aksamında azalma olduğu görülmüştür. Fakat iyonik haldeki ZnO yapısı ZnO NP yapısına göre daha kolay alınabildiğinden özellikle sürgünlerde bu yapının birikimine daha fazla rastlanmıştır (Lin vd., 2008).

Nanopartikül derişimlerinin etkisini inceleyen araştırmacılar marul tohumlarının kök-gövde boy ölçümleri alarak Pd, Au, Si, Cu nanopartiküllerinin düşük ve yüksek derişimde çimlenmeye etkisini tespit etmişlerdir. Nanopartiküllerin doğrudan değil de, dolaylı bir yol ile bitki büyüme mekanizmasında yerini alması 15 gün sonunda bitki gelişiminde önemli ölçüde artışa neden olmuştur. (Shah vd., 2009).

Arabidopsis thaliana bitkisi üzerinde nanopartikül formunda olan Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_3O_4 ve ZnO metallerinin 400, 2000, 4000 mg/dm³ olmak üzere üç farklı dozda uygulaması yapılan çalışmada NP yapısındaki metallerin etkilerine bakıldığında; yaprak sayısı, tohum çimlenmesi ve kök uzaması üzerine en olumsuz etkiyi ZnO nanopartikül yapılarının, en düşük olumsuz etkiyi ise Al_2O_3 yapısının oluşturduğu gözlenmiştir. Daha küçük boyutta olan nanopartiküllerin oluşturdukları hasarın çok daha ciddi boyutta olduğu tespit edilmiştir (Lee vd., 2010).

Salatalık bitkisi üzerinde Fe_3O_4 , TiO_2 ve karbonlu NP'ler uygulanarak yapılan çalışmada bu yapıların salatalık bitkisi üzerine etkilerine bakılmıştır. Salatalık tohum çimlenme oranını ve kök uzamasını NP'lerin olumsuz yönde etkilediğini tespit etmişlerdir (Mushtaq vd., 2011).

Zhang vd., (2011)'nin nanopartiküllerin boyutlarının ve derişimlerinin etkisinin değerlendirilmesi amacıyla yaptıkları çalışmada, 7 nm ve 25 nm boyutlarındaki seryum dioksit nanopartikülü üretilerek salatalık bitkisine uygulanmıştır. Bitkinin 7 nm boyutundaki seryum dioksit nanopartikülü 25nm boyutundaki partiküle göre çok daha kolay ve fazla miktarda alabildiği gözlenmiştir.

Nekrasova vd., (2011) *Elodea densa* adlı bitkide bakır iyonlarını ve bakır nanopartiküllerini uygulamıştır. Çalışma sonucunda bitkide artmış olan lipid peroksidasyon miktarı azalmıştır. Ayrıca katalaz, süperoksit dismutaz enzimlerinin

aktivitelerinde artış söz konusu iken, fotosentezin 1 mg/dm³ bakır nanopartikül dozuyla birlikte baskılandığı gözlenmiştir.

Prasad vd., (2012) ZnO NP yapılarının fıstık bitkisi üzerinde oluşturduğu etkileri incelemiştir. Bitkinin çimlenmesi, büyümesi ve veriminin araştırıldığı bu çalışma kapsamında 1000 ppm ZnO NP konsantrasyonunun tohum çimlenmesinde ve bitki canlılığının korunmasında etkin bir role sahip olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca düşük dozda uygulanan NP miktarının hem yapraklardaki klorofil sayısını artırdığı, hem de erken çiçeklenmeye sebep olduğu gözlenmiştir. Fakat 2000 ppm dozunda uygulanan ZnO NP yapısı ortaya çıkan inhibisyon etkisinin temel sebebi olarak nitelendirilmiştir. Normal çinko yapısına kıyasla 15 kat daha düşük dozda etkinliğini gösterebilen ZnO NP formunun özellikle doz ayarlamaları konusunda daha dikkatli bir yol izlenmesi gerektiği ifade edilmiştir.

Siddiqui vd., (2014) domates tohumunda silikon dioksit (SiO) nanoparçacıkları kullanarak tohumun çimlenme yüzdesini artırmayı başarmışlardır.

Delfani vd., (2014) *Vigna Sinensis*'de demir ve magnezyum nano gübrelerini baklaya uygulayarak bakla başına tohum sayısını ve tohum protein içeriğini büyük oranda artırmıştır.

Kanola bitkisi üzerinde yapılan araştırmada iyonik formdaki çinko, ZnO nanopartikülleri ve yığın formdaki çinko yapıları bitkiye uygulanmıştır. Biyokimyasal bileşikler ile antioksidant enzim aktiviteleri, çinko birikimi ve bu yapıların bitki büyümesi üzerine uzun dönemdeki etkileri araştırılan bu çalışmada iyonik çinko formu büyüme engelleyici etki bakımından en çok etkiyi göstermiştir. Nanopartikül uygulanan bitkilerde ise büyümeyi engelleyen bir durum söz konusu olmamıştır. Bitkilerdeki toksik etki incelendiğinde çinko NP yapısı iyonik formdaki çinko ve yığın formdaki çinko yapısına oranla bitkide daha az toksik birikime neden olmuştur. Her üç yapıda da antioksidant enzim aktivitesi ve biyokimyasal bileşikler oluşumu bakımından bitkiye etkinin olduğu görülmesine rağmen fenolik bileşiklerin üretiminde herhangi bir değişiklik olmadığı gözlenmektedir (Kouhi vd., 2015).

Buğdayda MgONP 'lerin uygulanmasıyla daha yüksek mahsul üretimi sağlanmıştır. Önceden yapılan araştırmalarda da MgONP 'lerin toprak sağlığını iyileştirme olasılığı gösterdiği ve doğal besin mobilizasyonunu sağladığı görülmüştür (Rathore ve Tarafdar, 2015). Yapılan birçok çalışma, farklı metal nano ölçekli parçacıkların bitki büyümesini artırdığını göstermiştir (Tarafdar vd., 2014).

Oloumi vd., (2015) meyan kökü fideleri üzerinde bakır oksit (CuO) ve çinko oksit (ZnO)'in etkilerini incelemişlerdir. Fidelerde antosiyaninler, flavonoidler, glisirhizin, fenolik bileşikler ve tanenlerin içeriğinin arttığı gözlenmiştir.

Yeşil sentez yoluyla elde edilen Ce₂O₃ nanopartikülleri ile yapılan bir çalışmada nanopartiküllerin antioksidan aktiviteleri incelenmiş ve bu nanopartiküllerin yüksek derecede antioksidant aktivite sergilediği görülmüştür (Nadaroglu vd., 2016).

Imada vd., (2016) MgONP'leri domates bitkisinde uyguladıkları araştırmada salisilik asit (SA-), jasmonik asit (JA-) ve etilen (ET-) sinyal yollarını aktive ederek *R.solanacearum*'a karşı sistemik direnç oluşturmayı hedeflemişlerdir. Çalışma sonucunda MgONP'lerin mahsul korumada kimyasal böcek ilaçlarına göre daha etkili bir alternatif olarak kullanılabileceği belirtilmektedir.

Bitki doku kültüründe nanoteknoloji uygulamaları kullanılarak olumlu sonuçlar gösteren çok sayıda araştırma vardır. Nanopartiküller (NP'ler), tohum çimlenmesini geliştirme, bitki büyümesini ve verimini artırma, bitki genetik modifikasyonunu sağlama, biyoaktif bileşik üretimini geliştirme ve bitkiyi koruma gibi amaçlar için birçok alanda kullanılmaktadır (Wang vd., 2016; Ruttkay-Nedecky vd., 2017).

Kondak (2019) Farklı konsantrasyonlardaki MgO nanopartiküllerinin ve MgSO₄'ün Kırık ve Odeska ekmeklik buğday çeşitleri üzerine etkilerini tespit etmiştir. Elde edilen sonuçlara göre MgO nanopartiküllerinin MgSO₄ uygulamasından daha iyi sonuç verdiğini belirlemiştir. Sürgün ve kök oluşturmada Kırık çeşidi en iyi sonuçları vermiştir. Kırık çeşidinde sürgün uzunluğu 16,89 cm, Odeska çeşidinde ise 13,64 cm Kırık'de sürgün uzunluğu 13,73 cm Odeska'da 10,50 cm olarak bulunmuştur. MgO nanopartiküllerin uygulamasından sürgün uzunluğu 15,48 cm, kök uzunluğu 12,45 cm olarak tespit edilmiş, MgSO₄ uygulamasından ise bu değerler 15,05 cm ve 11,78 cm olarak belirlenmiştir. Dozlar bakımından en uzun sürgünler 925mg/L uygulamasından elde edilmiş (15,71 cm) bunu sırasıyla 545 mg/L (15,52cm) ve 740 mg/L (15,41 cm) uygulamaları takip etmiştir. Çimlenme ve sürgün oluşturmada 92,4-185-370-545-740 mg/L konsantrasyonları arasındaki MgO nanopartiküllerinin ve MgSO₄ konsantrasyonlarının bundan sonraki çalışmalara tavsiye edilebileceği bildirilmiştir.

1.3. Çalışmanın Amacı

Doku kültürü uygulamaları, geleneksel yöntemlerle çoğaltılamayan, üretimi zor olan bitkilerin çoğaltılması için hızlı bir teknik olarak görülmekle birlikte, patojenlerden arı bitki elde edilmesi, gen kaynaklarının muhafazası, biyokimyasal ürünleri ve aynı özellikte binlerce bitkiyi elde etmek için uygulanan bir yöntemdir. Ayrıca ticari üretim için uyumunun hızlı olması avantaj sağlamaktadır.

Nanoteknolojinin tanımı ilk kez 1974 yılında Norio Taniguchi tarafından yapılmıştır. Norio Taniguchi' ye göre nanoteknoloji “ileri düzey duyarlılıkla mevcut teknolojilerin küçültülmesine dayalı bir teknoloji” dir (Taniguchi, 1974). Nanoteknoloji disiplinler arası bir bilim dalıdır. Biyoloji, kimya, fizik, tıp, eczacılık, mühendislik, elektronik gibi pek çok bilim dalıyla koordineli bir şekilde çalışarak sonuçları ortaya koyan nanoteknoloji multidisiplinerdir. Yapılan multidisipliner çalışmalar sayesinde nano materyallerin sentezi ile kullanım alanı yaygınlaşmaya başlayan nanoteknolojinin temel konuları arasında ilerleyen teknolojide var olan gelişmelerin daha küçük boyutlarda ve daha duyarlı bir formda üretilmesi yer almaktadır.

Nanopartikül uygulamalarının dahil olduğu bilimsel çalışmalar canlı organizmalarda ve bitkilerde yürütülmektedir. Bitkilerin hücre duvarlarında bulunan por çaplarının, genellikle deneysel çalışmalarda kullanılan nanopartiküllerin boyutlarına nazaran daha küçük olduğu bilinmektedir (Chichiricò ve Poma, 2015). Fakat nanopartiküller bitki hücrelerine geçişi aquaporinleri (Miwa vd., 2010), membran taşıma sistemlerini (Gojon vd., 2009), çevresel besinlerdeki organik kimyasallara veya proteinlere taşıyıcı olarak tutunarak (Rico vd., 2011), hücre duvarındaki yapısal maddelere çapraz bağlanıp yeni porlar oluşturarak (Fleischer vd., 1999) ya da endositozu (Eggenberger vd., 2009) kullanarak gerçekleştirmektedir. Bu şekilde kendilerine geçiş için yol bulabilen NP yapılarının floem ve ksilem ile taşınarak bitki organizmalarında farklı dokularda birikim gösterebildiği bilinmektedir (Cifuentes vd., 2010).

İnsan ve hayvan beslenmesinde bu kadar büyük bir öneme sahip olan börülce bitkisi üzerine nanopartiküllerin etkisinin incelenmesi, literatürde eksikliği görülmekte olan bir çalışmadır. Bu kapsamda börülce bitkisinin Mg nanopartiküllerinin farklı dozlarının uygulanmasıyla birlikte çalışma negatif ve pozitif kontrol uygulamaları ile desteklenerek nanopartiküllerin bitki doku kültüründe gerçekleştirdikleri etkilerin kontrollü bir şekilde gözlemlenmesi hedeflenmektedir.

1.4. Çalışmanın Kapsamı

Araştırmada yem b r lcesinde Mg nanoparçacıklarının in vitro rejenerasyona etkisinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Hedeflenen amaca ulaşabilmek için laboratuvar çalışmaları yapılmıştır. Laboratuvar çalışmalarında 1 adet  lkem yem b r lcesi çeşidi incelemeye alınmıştır. Bu çeşit ve temin edildiği yer Tablo 1’de verilmiştir. Bu bitkilerde morfolojik ve kalite özellikleri de incelenmiştir. Çalışmada Mg nanoparçacıkları kullanılmıştır. Elde edilen bütün sonuçlara bakılarak yem b r lcesinde Mg nano parçacıklarının in vitro rejenerasyona etkisinin kriterleri belirlenmiştir.

Tablo 1. 1. Yem b r lcesi 1-1

Türkçe Adı	Latince Adı	�eşit	Temin Edildiği Yer
Yem B�r�lcesi	<i>Vigna unguiculata</i> L. Walp	�lkem	Ondokuzmayıs Üniversitesi

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal

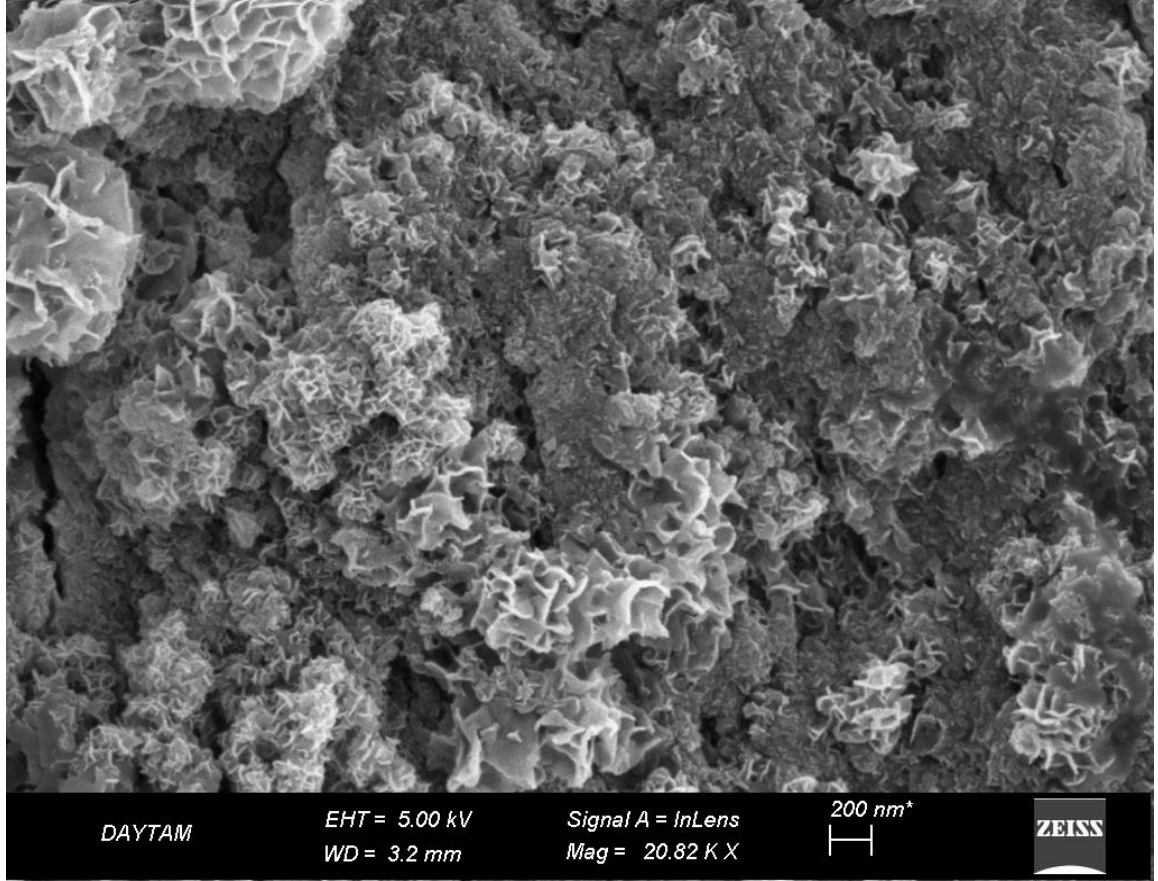
Bu çalışma Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümünde bulunan, Doku Kültürü Laboratuvarı ve Donanımlı Bitki Analiz Laboratuvarı'nda yürütülmüştür. Çalışmada kullanılan ekipmanların laboratuvarda mevcut olanları şunlardır;

- 1) Kabin: class I hepa filtreli çift kişilik
- 2) Otoklav
- 3) Santrifüj
- 4) İklimlendirme Kabini
- 5) +4°C ve -20°C buzdolapları
- 6) Manyetik Karıştırıcı
- 7) Çalkalayıcı
- 8) Hassas terazi
- 9) Ph metre
- 10) Etüv
- 11) Saf su cihazı

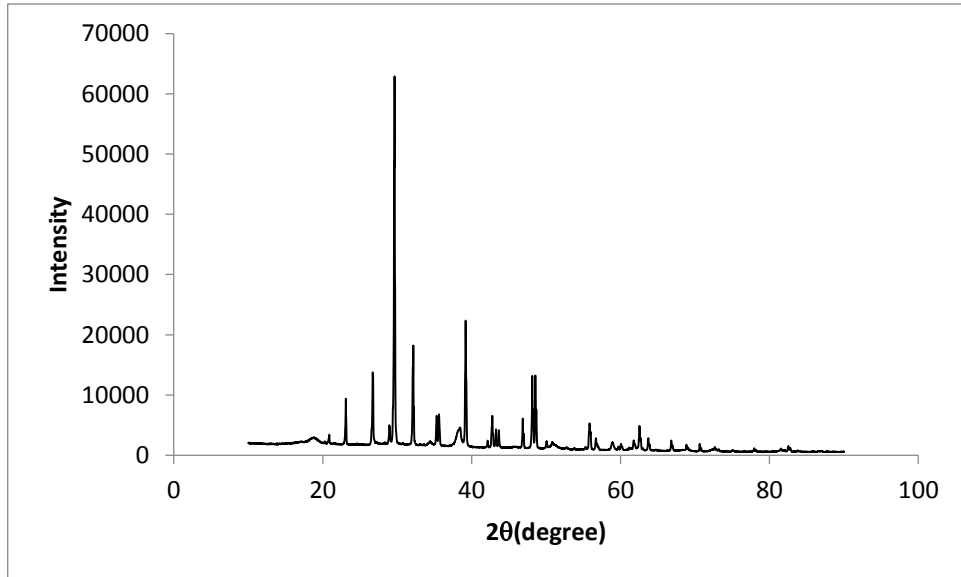
2.1.1. Bitki Materyali ve Mg Nanopartikülü

Bu tez kapsamında kullanılan börülce çeşidi Ondokuzmayıs Üniversitesi'nden temin edilmiştir. Kullanılan çeşit yemlik börülce olarak adlandırılan *Vigna unguiculata* L. Walp. türünün Ülkem adlı çeşididir.

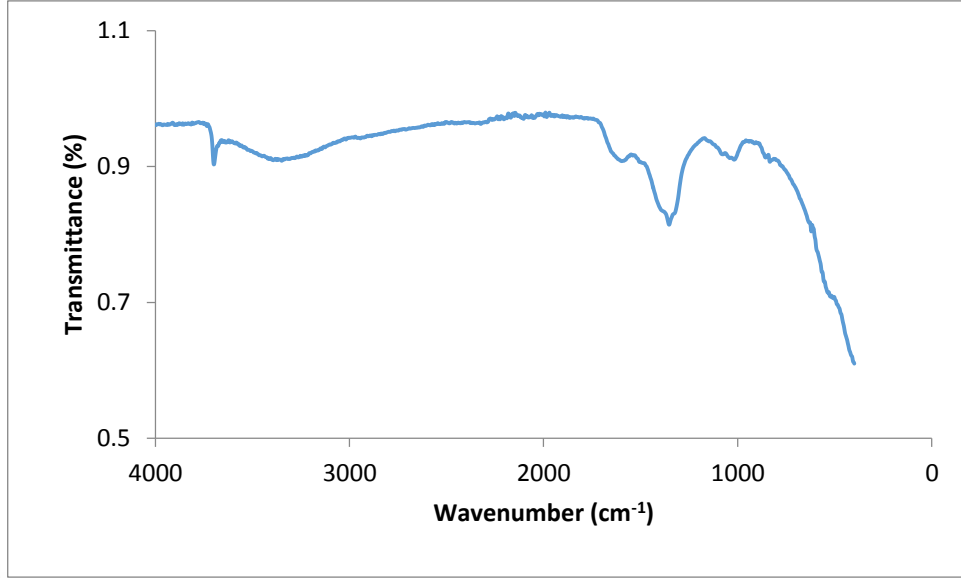
Mg nanopartikülü ise Atatürk Üniversitesi Erzurum M.Y.O. Gıda Teknolojisi bölümünden temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan MgO nanopartikülünün boyutları aşağıdaki gibidir.



Şekil 2. 1. MgO SEM analiz sonucu



Şekil 2. 2. MgO XRD



Şekil 2. 3. MgO nanopartikülü

2.1.2. Rejenerasyon İçin Kullanılan Eksplantlar

Çalışmalarda *Vigna unguiculata* L. Walp türünün Ülkem adlı çeşidinin olgunlaşmış tohum embriyolarından elde edilen plumulalar eksplant olarak kullanılmıştır.

2.2. Metot

2.2.1. Uygulama

Öncelikle olgunlaşmamış embriyo tohumları musluk suyundan geçirilmiştir.

Daha sonra steril saf su ile iyice yıkanmıştır ve sonrasında sterilizasyon uygulanmıştır.

%70 lik ethanolle 5 dk % 50 lik sodyum hipokloritle 20 dk tohumlara sterilizasyon yapılmıştır.

Sterilizasyon sonrası tohumların kimyasaldan arındırılması amacıyla 6 defa steril saf su ile yıkama yapılmıştır.

Tohumların bulunduğu şişelere steril saf su eklenmiştir ve bir gece suda bekletilmiştir.

Yumuşayan tohumlar ertesi gün kesilerek embriyoların plumula kısımları çıkartılmıştır ve önceden hazırlanmış MgONP içerikli MS Besiyerlerine ekim gerçekleştirilmiştir.

Eksplantlar 4 hafta besiyerlerinde bekletilmiştir ve sonrasında köklendirme ortamı içeren besiyerlerine tekrar alınmıştır ve 4 hafta daha bekletilmiştir.

Ardından her bir eksplant için çeşitli parametrelerde ölçümler yapılmıştır.

2.2.2. Doku Kültürü Metotları

2.2.2.1. Büyüme Düzenleyicileri ve Saklama Koşulları

Çalışmada kullanılacak kimyasal maddeler Merck KgaA (Damstadt, Almanya), ve Sigma Aldrich Chemical Co. (St Lo. MO, ABD), Duchefa Biochemie (Hollanda) firmalarından temin edilmiştir. BAP stok solüsyonları 10 mg olarak 1N NaOH ile çözüldükten sonra 10 ml su eklenerek 1mg/ml olarak hazırlanmıştır ve 4 °C'de saklanmıştır. IBA stok solüsyonları 10 mg olarak 1N NaOH ile çözüldükten sonra üzerine 10 ml su eklenerek 1mg/ml olarak hazırlanmıştır ve -20 °C'de saklanmıştır (Tablo 2.1.).

Tablo 2. 1. MS ortamına ilave edilen bitki büyüme düzenleyicileri ve hazırlanışları

Hormon Tipi	Çözücü	Seyreltici	Muhafazası	Çalışma Konsantrasyonu	Kullanılacak miktar
BAP	1N NaOH	Su	4°C	1 mg/ml	1.0 mg/l
IBA	1N NaOH	Su	- 20 °C	1 mg/ml	0.5 mg/l

2.2.2.2. Sterilizasyon Yöntemleri

Bitki doku kültürü çalışmalarında kullanılan steril kabin içi, çalışma yapılmadan 30 dk önce %70'lik etil alkol ve %50 lik NaClO kullanılarak temizlenmiştir ardından UV lambası ile sterilize edilmiştir. Çalışmadan önce en az yarım saat açık kalan UV lambası, çalışmaya başlamadan hemen önce kapatılarak kültüre alma işlemlerine başlanmıştır. Bistüri, pens, kaşık gibi doku kültüründe kullanılan bütün aletler önce otoklavda steril

edilmiştir. Kabin içine alınan aletler %70'lik alkole batırılıp, aleve tutularak yüzeyleri sterilize edilerek kullanıma hazır hale getirilmiştir. Eksplant kesimi için kullanılan 10x10 cm niteliklerindeki kurutma kağıtları ise alüminyum folyo ile sarılarak otoklavda sterilize edilmiştir.

Bitki doku kültürü için kullanılan tohumlar, üzerlerindeki tozdan arındırmak amacıyla musluk suyuyla yıkanmıştır. Ardından %70'lik etil alkolde 6 dakika süreyle 220 rpm'de çalkalayıcıda karıştırılmıştır. Steril kabin içerisinde alkolden çıkarılan tohumlar 3 defa otoklavlanmış saf su ile durulanmış, akabinde %50'lik sodyum hipoklorit çözeltisinde 30 dakika süreyle çalkalanarak muamele edilmiştir. Tekrar steril kabin içerisine alınan tohumlar 3 defa saf su ile durulanarak işlem sonlandırılmıştır.

Besi ortamları 105 kPa basınç altında 121°C'de 30 dakika süreyle otoklavda bekletilerek steril edilmiştir. Yüksek sıcaklıktan dolayı yapısında bozulma olabilecek organik moleküller (vitaminler, bitki büyüme düzenleyicileri vb.) için sterilizasyon işlemleri 0.22 µm çapında porlara sahip olan selüloz nitrat filtreler (milipor) aracılığıyla gerçekleştirilmiştir.

2.2.2.3. Sterilizasyonda Kullanılan Solüsyonların Hazırlanması

%96'lık saf etil alkolden alınan 700 ml alkolün hacmi 1000 ml'ye tamamlanarak hazırlanmıştır.

NaOCl (Sodyum Hipoklorit) içeren ticari bir marka olan ACE çamaşır suyundan 500 ml alınarak son hacim saf suyla 1000 ml'ye tamamlanmıştır. Elde edilen solüsyon amber şişeye doldurularak oda sıcaklığında saklanmıştır.

2.2.2.4. Kallus ve Bitki Rejenerasyon Ortamlarının Hazırlanması

Bir litrelik hacme sahip beher içerisine manyetik balık atılarak, 600 ml distile su koyulup manyetik karıştırıcı üzerinde karıştırma işlemi başlatılmıştır. Ardından daha önceden hazırlanan MS Makro element solüsyonundan 50 ml, MS mikro element ve demir şelat solüsyonundan ise 10'ar ml alınarak beher içerisine karıştırılmıştır. 20 g sakaroz, 1.95 g MES Hydrate tartıldıktan sonra karışıma ilave edilmiştir ve üzerine MgONP ilave edilmiştir. Bu materyaller eriyinceye kadar karıştırılması sağlanmıştır. İyice karıştırıldıktan sonra hacim 950 ml olarak ayarlanmıştır. Karışımın pH'ı 1N NaOH ve 1N HCl solüsyonları ile 5.8' e ayarlanmıştır. Bu işlem ardından hacim 985 mL olarak ayarlanıp,

içerisine 2 g jel yapıcı madde olan Phytigel ilave edilerek otoklav şişelerine aktarılmıştır. Şişelerdeki besi yeri sıvıları otoklavda 30 dakika süreyle 105 kPa basınç altında 121°C sıcaklıkta sterilize edilmiştir.

Otoklav içerisinde bozulan vitamin ve hormon karışımı otoklav işleminin ardından besin ortamı içerisine filtre edilerek ilave edilmiştir. Bu işlem için öncelikle 50 ml hacme sahip beher içerisine MS vitamin solüsyonundan 10 ml, askorbik asit solüsyonundan (50 mg/L) 1 ml ilave edilerek son hacmin saf su yardımıyla 15 ml olması sağlanmıştır. BAP stok solüsyonları 10 mg olarak 1N NaOH ile çözüldükten sonra 10 ml su eklenerek 1mg/ml olarak hazırlanmıştır ve 4 °C'de saklanmıştır. IBA stok solüsyonları 10 mg olarak 1N NaOH ile çözüldükten sonra üzerine 10 ml su eklenerek 1mg/ml olarak hazırlanmıştır ve -20 °C'de saklanmıştır (Tablo 2.1).

Otoklavdan çıkan besi ortamının sıcaklığı yaklaşık 40-45°C'ye ulaştığında 0,22 µm por çapına sahip selüloz nitrat yapısındaki filtreden geçirilerek vitamin ve hormon karışımı besin ortamına ilave edilmiştir.

2.2.2.5. Besi Ortamları ve Kültür Koşulları

Denemelerde MS mineral tuz ve vitaminleri (Murashige ve Skoog 1962) kullanılmıştır. Ortam hazırlığında ise otoklavlanmış saf su kullanılmış ve besin ortamının pH'sı 1N NaOH ve 1N HCl kullanılarak 5.8'e ayarlanmıştır. Daha sonra ortamlar otoklavda 30 dakika süreyle 105 kPa basınç altında 121°C sıcaklıkta sterilize edilmiştir. Bütün kültürler beyaz floresan ışığı (Preheat Daylight-42 µmol photons m⁻² s⁻¹) altında 16 saat ışık foto periyodunda 24±1°C sıcaklıkta bekletilmiştir.

2.2.2.6. Bitki Doku Kültürü Ortamlarında Kullanılan Kimyasallar ve Hazırlanışları

Bitki doku kültüründe Murashige and Skoog (1962) besi ortamından faydalanılmıştır. Bu ortamın hazırlanmasında makro elementler, mikro elementler, demir şelat ajanları ile birlikte organik materyaller kullanılmıştır. Bu materyallerin MS ortamındaki miktarları Tablo 2.2'de gösterilmiştir. Tablo 2.3.'de ise MS ortamında yer alan Mg nano elementinin miktarları verilmiştir.

Tablo 2. 2. MS ortamı içerisinde yer alan makro ve mikro elementler

BİLEŞİK	KONSANTRASYON (mg/l)
Makro Elementler	(MS, 1962)
MgSO ₄ .7H ₂ O	370
KH ₂ PO ₄	170
KNO ₃	1900
NH ₄ NO ₃	1650
CaCl ₂ .2H ₂ O	440
Mikro Elementler	(MS, 1962)
H ₃ BO ₃	6.2
MnSO ₄ .H ₂ O	15.6
ZnSO ₄ .7H ₂ O	8.6
Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	0.25
CuSO ₄ .5H ₂ O	0.025
CoCl ₂ .6H ₂ O	0.025
KI	0.83
FeSO ₄ .7H ₂ O	27.8
Na ₂ EDTA	37.3

Tablo 2. 3. MS ortamı içerisinde yer alan Mg nano elementi

Mg Konsantrasyonu	1L	0.25 L
Mg 1(Kontrol)	0 mg	0 mg
Mg 2	370 mg	92.5 mg
Mg3 NP	185mg	46.25 mg
Mg4 NP	370mg	92.5 mg
Mg5 NP	555mg	138.75 mg

MS ortamı hazırlamak için kullanılan makro element aşağıdaki gibi 20X stok solüsyonu şeklinde hazırlanmıştır.

Hassas terazi kullanılarak Tablo 2.2’de bulunan makro element miktarlarının tartımı 20 katlarına denk gelecek şekilde gerçekleştirilmiştir. Tartımı gerçekleştirilen maddeler sırasıyla 2 litrelik bir beherde bulunan 600 ml’lik saf su içerisine ilave edilmiştir. Manyetik karıştırıcı üzerine alınan beher içerisine manyetik balık bırakılmıştır ve çözeltinin iyice karışması sağlanmıştır. Akabinde mezür kullanılarak karışımın hacmi 1 litreye tamamlanarak, solüsyon amber şişe içerisine alınmıştır. Etiketleme işleminin ardından stok solüsyon 4°C ‘de muhafaza edilmiştir.

MS ortamı hazırlamak için kullanılan mikro element aşağıdaki gibi 100X stok solüsyonu şeklinde hazırlanmıştır.

Hassas terazi kullanılarak Tablo 2.2’de bulunan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ve Na_2EDTA haricindeki mikro elementlerin tartımı 100 katlarına denk gelecek şekilde gerçekleştirilmiştir. Tartımı yapılan maddeler sırasıyla 2 litrelik bir beherde bulunan 600 ml’lik saf su içerisine ilave edilmiştir. Manyetik karıştırıcı üzerine alınan beher içerisine manyetik balık bırakılmıştır ve çözeltinin iyice karışması sağlanmıştır. Tüm materyallerin çözelti içerisinde çözünme süreçleri tamamlandıktan sonra mezür kullanılarak karışımın hacmi 1 litreye tamamlanarak, solüsyon amber şişe içerisine alınmıştır. Etiketleme işleminin ardından stok solüsyon 4°C ‘de muhafaza edilmiştir.

MS ortamı hazırlamak için kullanılan demir şelat aşağıdaki gibi 100X stok solüsyonu şeklinde hazırlanmıştır.

Tablo 2.2’de verilen $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ve $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ maddelerinin miktarı 100 kat olacak şekilde hassas terazi kullanılarak tartıldıktan sonra 300 ml saf su içeren bir beher, içerisine manyetik balık koyularak ısıtıcısı olan manyetik karıştırıcı üzerine alınmıştır. Akabinde $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ beher içerisine bırakılarak tamamen çözünmesi sağlanmıştır. Çözünme işleminin sona ermesiyle birlikte hazırlanan materyalin hacmi mezür ile oda sıcaklığındaki saf su ile 400 ml’ye tamamlanmıştır. Başka bir beher içerisine alınan 300 ml saf su içerisine yine manyetik balık bırakılarak, ısıtıcısı olan manyetik karıştırıcı üzerine alınmıştır ve hassas terazi ile tartılan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ maddesi beher içerisine alınarak ısıtıcıyla çözünmesi sağlanmıştır. Çözünme işlemi tamamen sona erdiğinde mezür yardımıyla karışımın son hacmi 400 ml’ye tamamlanmıştır. Elde edilen iki çözelti karıştırılarak son hacim mezür yardımıyla 1 litreye tamamlanmıştır. Açık sarı renge sahip

olan çözelti amber şişeye alınmıştır. Etiketleme yapıldıktan sonra 4°C’de muhafaza edilmiştir.

2.2.3. In vitro Çalışmaları

2.2.3.1. Eksplant İzolasyonu ve Kültüre Alınması

Denemede kullanılan olgunlaşmış tohumların embriyolarından elde edilen plumula eksplantlar in vitro’ da BAP içeren MS besin ortamında kültüre alınmıştır.

2.2.3.2. Sürgün Rejenerasyonu

Su içinde bir gün bekletilerek su ile şişen tohumlar bisturi ile nazikçe açılarak embriyoya zarar vermeyecek şekilde plumula elde edilmiştir. İn vitroda izole edilen plumula eksplantları 1.0 mg/l BAP içeren MS ortamlarında 24 ± 1 °C’de 16 saat ışık foto periyodunda dört ile altı hafta sürgünler oluşana kadar kültüre alınmıştır.

2.2.3.3. Sürgünlerin Köklendirilmesi

Rejenere olan sürgünler kesilerek 0.5 mg/l IBA içeren MS besin ortamında, steril petrilerde kültüre alınmıştır. Dört ile altı hafta sonra köklenen sürgünlere bulaşmış agar çeşme suyu ile köklere zarar vermeden uzaklaştırılmıştır.(Aasim vd. 2008).

2.2.4. Araştırmada İncelenen Özellikler

2.2.4.1. Morfogenesis

Morfogenesis, gelişim sürecinde eksplantlarda meydana gelen şekilsel (şişme, uzama, vb gibi) değişikliklerdir. Şekilsel değişikliklere sahip eksplantlar 30 gün sonra sayılmışlardır.

2.2.4.2. Kallus Oluşum Oranı

Kallus oluşum oranı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Aydın 2010).

Kallus oluşum oranı (%)= (oluşan kallus sayısı /kültüre alınan eksplant sayısı)x 100

2.2.4.3. Sürgün Sayısı

Kültür sürecinde meydana gelen sürgünlerin sayısıdır.

2.2.4.4. Sürgün Oluşum Oranı

Kültür sürecinde meydana gelen sürgün sayısının eksplant sayısına oranıdır. Sürgün oluşum oranı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Aydın 2010).

$$\text{Sürgün oluşum oranı(\%)} = (\text{oluşan sürgün sayısı} / \text{kültüre alınan eksplant sayısı}) \times 100$$

2.2.4.5. Sürgün Uzunluğu (cm)

Bitkinin eksplant ile sürgün ucu arasındaki uzunluğunun ölçülmesiyle elde edilir. Ölçüm milimetrik cetvel ile yapılmıştır.

2.2.4.6. Eksplant Başına Sürgün Sayısı

Kültür sürecinde meydana gelen sürgün sayısının eksplant sayısına bölünmesi ile elde edilmiştir.

$$\text{Eksplant başına sürgün sayısı} = (\text{oluşan sürgün sayısı} / \text{kültüre alınan eksplant sayısı})$$

2.2.4.7. Kök Oluşum Oranı

Kültür sürecinde meydana gelen kök sayısının eksplant sayısına oranıdır. Kök oluşum oranı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Aydın 2010).

$$\text{Kök oluşum oranı (\%)} = (\text{oluşan kök sayısı} / \text{kültüre alınan eksplant sayısı}) \times 100$$

2.2.4.8. Eksplant Başına Kök sayısı

Kültür sürecinde meydana gelen kök sayısının eksplant sayısına bölünmesi ile elde edilmiştir.

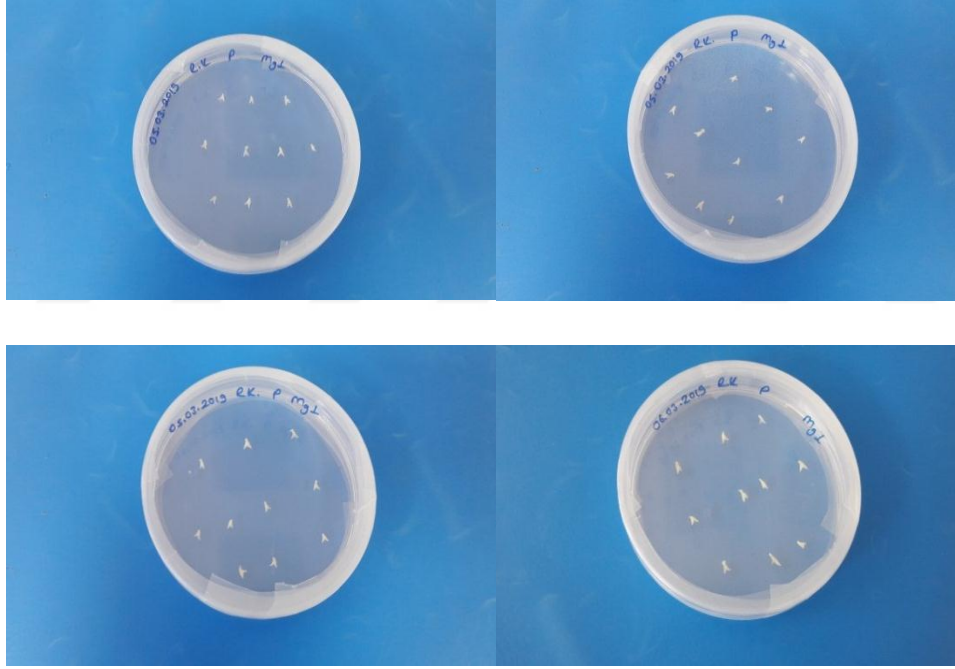
$$\text{Eksplant başına kök sayısı} = (\text{oluşan kök sayısı} / \text{kültüre alınan eksplant sayısı})$$

2.2.4.9. Kök Uzunluğu

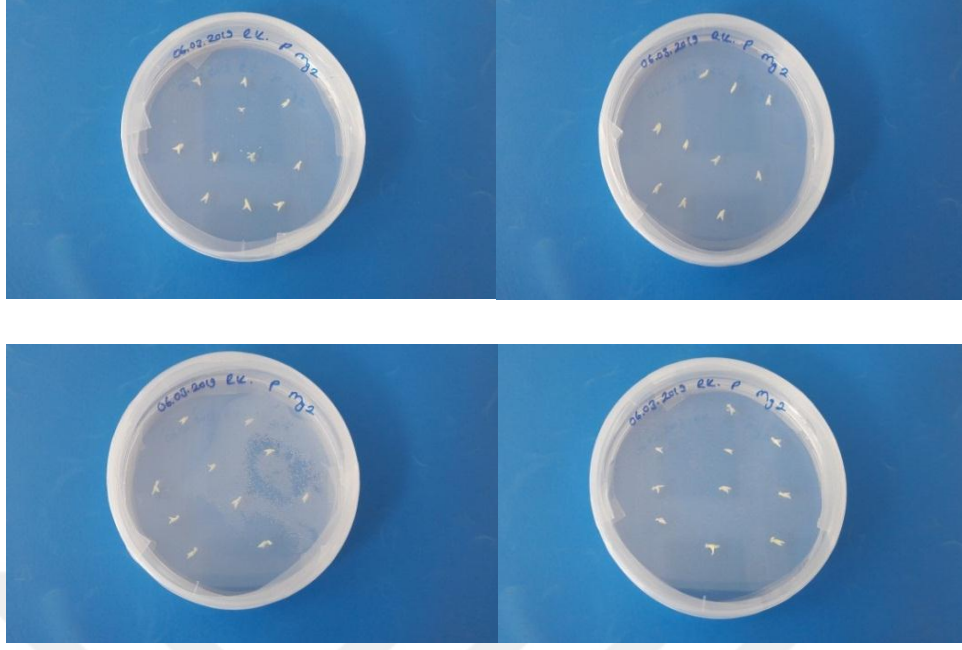
Köklerin uzunluğu milimetrik cetvel kullanılarak ölçülmüştür.

2.2.5. İstatiksel Analizler

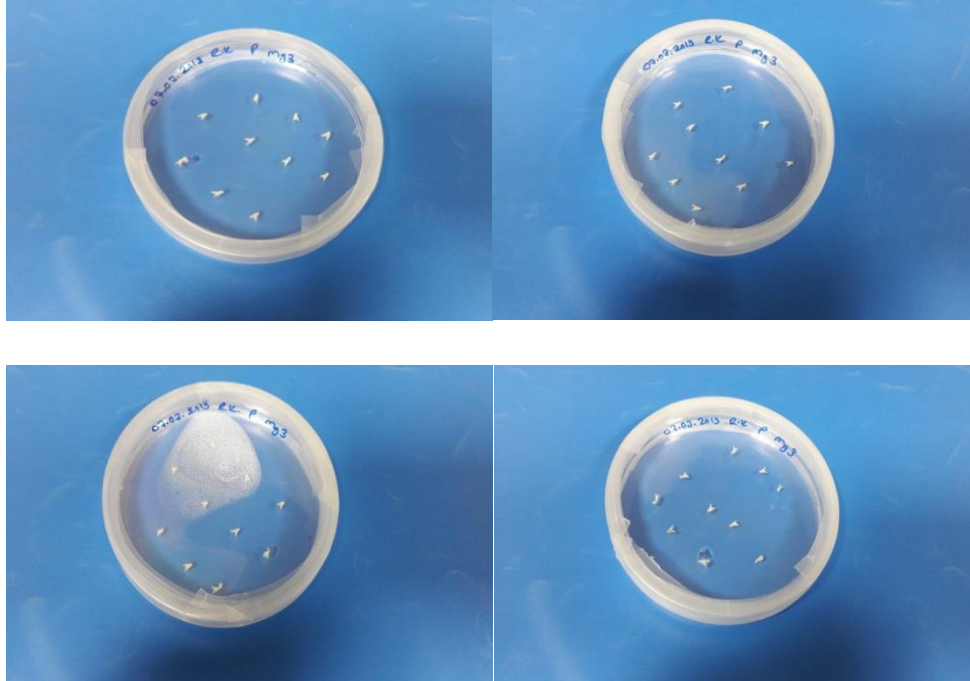
Tam şansa bağlı faktöriyel deneme desenine göre, analiz 4 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Her bir petri tek bir tekerrür olarak değerlendirilmiştir. Her bir petriye 20 adet eksplant konulmuştur. Tam şansa bağlı deneme planına göre Genel Linear modelde varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuştur. Konulara ait ortalamalar arasındaki farklar % 5 önem seviyesinde Duncan çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir.



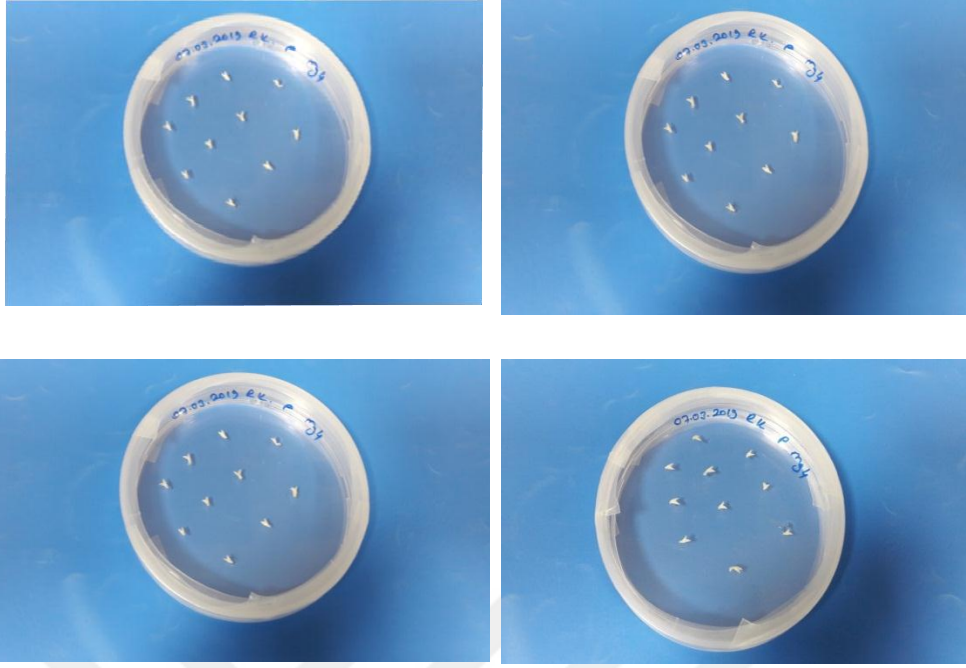
Şekil 2. 4. Magnezyum nano partiküllerinin Mg1 uygulamasının ülkem börülce çeşidi üzerine etkisi



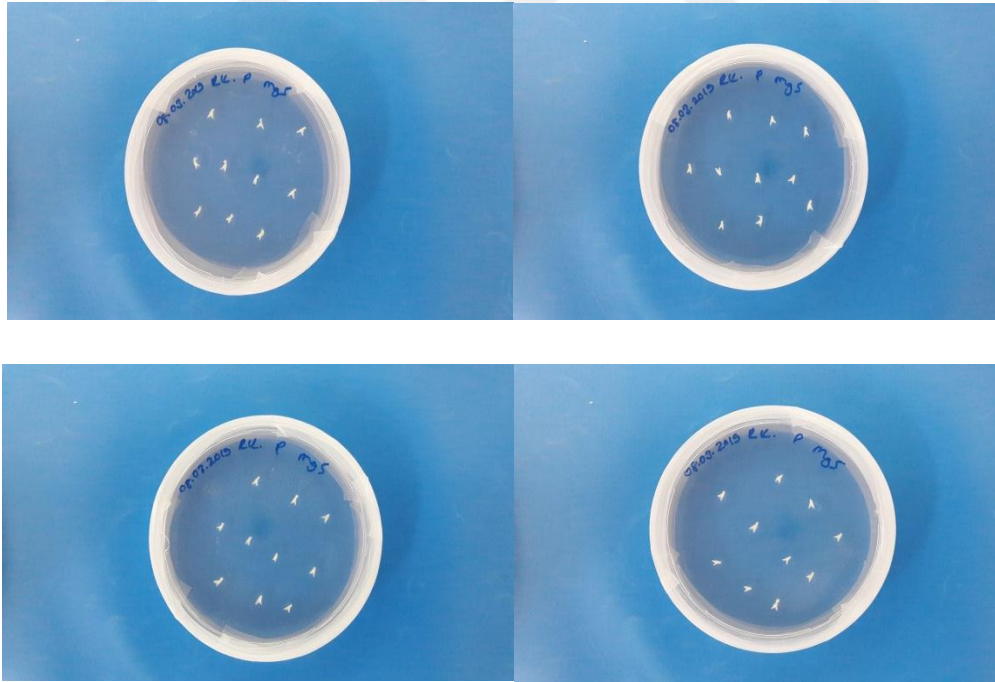
Şekil 2. 5. Magnezyum nano partiküllerinin Mg_2 uygulamasının *ülkem* bürölce çeşidi üzerine etkisi



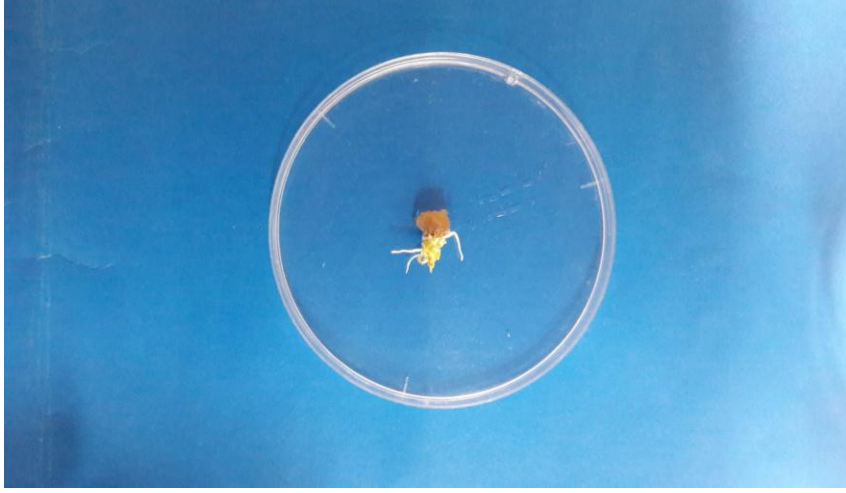
Şekil 2. 6. Magnezyum nano partiküllerinin Mg_3 uygulamasının *ülkem* bürölce çeşidi üzerine etkisi



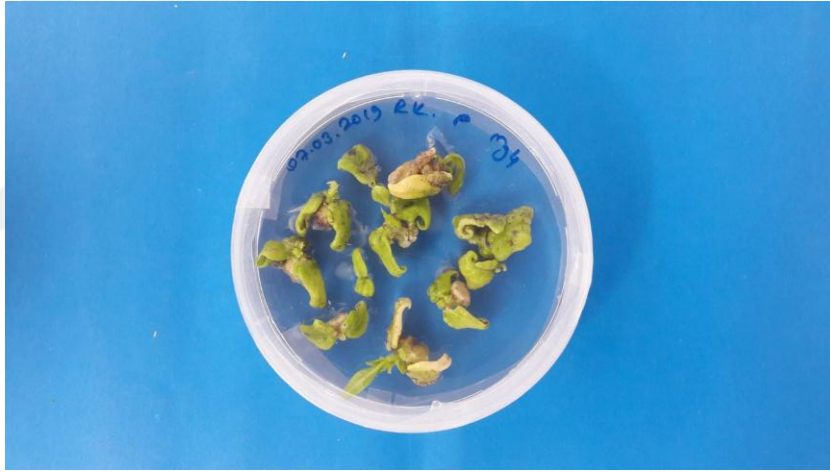
Şekil 2. 7. Magnezyum nano partiküllerinin Mg4 uygulamasının ülkem b r lce çeşidi üzerine etkisi



Şekil 2. 8. Magnezyum nano partiküllerinin Mg5 uygulamasının  lkem b r lce çeşidi üzerine etkisi



Şekil 2. 9. Magnezyum nano partiküllerinin Mg4 uygulamasının
ülkem börülce çeşidi üzerine etkisi



Şekil 2.10. Ülkem börülce çeşidine ait Mg4 uygulamasının
sürgün uzunluğu görünümü

3. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Uygulanan farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının yem börülcesinin in vitro rejenerasyonu üzerine etkilerini incelemek amacıyla yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıdaki başlıklar altında sunulmuş ve tartışılmıştır.

3.1. Morfogenesis

Yem b r lcesine farklı magnezyum nanoparçacıklarının uygulanmasıyla belirlenen morfogenesis a t ortalamalar ve ilgili varyans analiz sonuçları Tablo 3.1 'de verilmiştir.

Tablo 3. 1. Farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının yem b r lcesi bitkisinde morfogenesis ve sürgün oluşum oranlarına a t ortalama değerler

Magnezyum Nanoparçacık Uygulamaları	Morfogenesis	Değişim (%)	Sürgün Oluşum Oranı (%)	Değişim (%)
Mg1 (Kontrol)	9.25	-	60 ab	-
Mg2	9.25	-	42.50 bc	-29.17
Mg3	10	8.11	30 c	-50
Mg4	10	8.11	72.50 a	20.83
Mg5	10	8.11	82.50 a	37.50
Ortalama	9.7		57.50	
Varyasyon Kaynakları	SD	F Değerleri		
Tekerrür	4			
Magnezyum Nanoparçacık Uygulamaları	4	1,350*	1837,5**	
Hata	15			

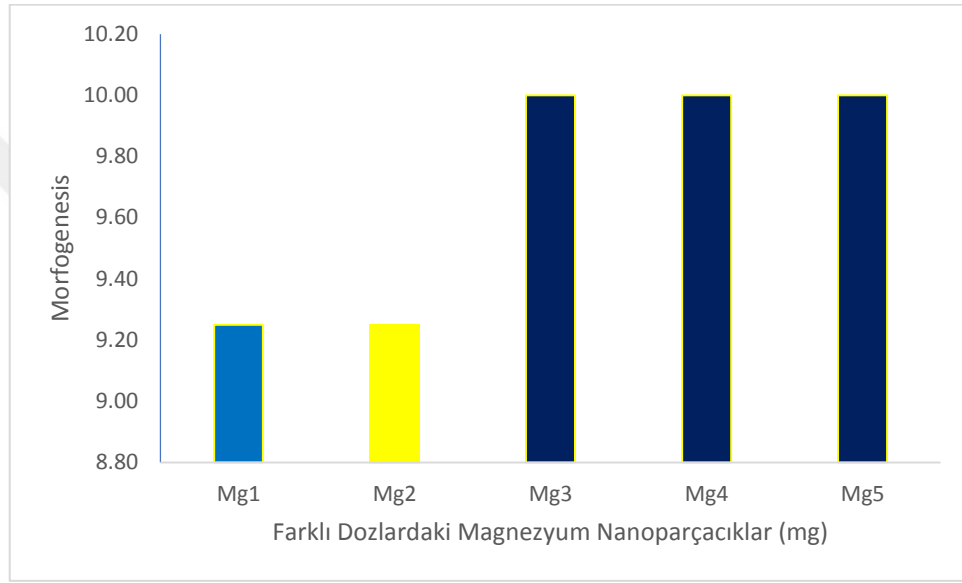
*F Değeri ise $p < 0,05$ ihtimal sınırında önemlidir.

**F Değeri ise $p < 0,01$ ihtimal sınırında çok önemlidir.

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir.

Morfogenesis üzerine farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının etkisi istatistiki olarak $p<0,05$ seviyesinde önemli bulunmuştur (Tablo 3.1).

Mg1(Kontrol) ve Mg2 dozları aynı seviyede olurken, diğer uygulamaların (Mg3,Mg4 ve Mg5) tamamında ise morfogenesis sayısı 10 olmuştur. Kontrole göre Mg3,Mg4 ve Mg5 uygulamalarında morfogenesis sayısında (%8.11) oranında artış gözlenmiştir (Tablo 3.1. ve Şekil 3.1)



Şekil 3. 1. Börülceye uygulanan farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının morfogenesis üzerine etkisi

3.2. Sürgün Oluşum Oranı

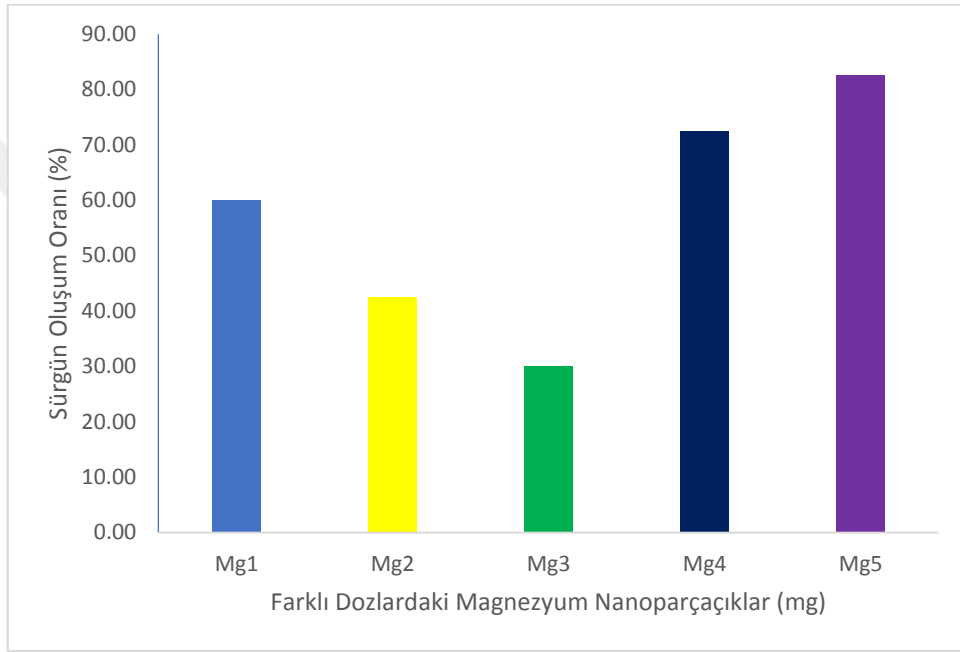
Yem börülcesinde belirlenen sürgün oluşum oranına ait ortalamalar ve ilgili varyans analiz sonuçları Tablo 3.1 'de verilmiştir.

Sürgün oluşum oranı farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının etkisi istatistiki olarak $p<0,01$ seviyesinde önemli bulunmuştur (Tablo 3.1).

Yem börülcesine uygulanan farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının etkisine göre sürgün oluşum oranları %20.83 ile %37.50 arasında değişiklik göstermiştir. Sürgün oluşum oranında en yüksek değer Mg5 uygulamasından %37.50, en düşük ise değer Mg2 uygulamasından %20.83 ile elde edilmiştir. Mg1 (Kontrol) uygulamasından

%60, Mg2 uygulamasından %42.50 ve Mg4 uygulamasından ise %72.50 sürgün oluşumu oranı elde edilmiştir.

Araştırmada Kontrole göre Mg4 ve Mg5 uygulamaları sürgün oluşum oranını sırasıyla %20.83 ve %37.50 oranında artırmışken, diğer uygulamaların tamamı azaltıcı yönde etki göstermiştir. Bu azalış Mg3 uygulaması ile %50 ile en fazla olmuştur (Tablo 3.1 ve Şekil 3.2).



Şekil 3. 2. Börülceye uygulanan farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının sürgün oluşum oranı üzerine etkisi

3.3. Sürgün Sayısı

Doku kültürü uygulamaları, geleneksel yöntemlerle çoğaltılamayan, üretimi zor olan Yem börülcesi bitkisine farklı dozlardaki nanoparçacıkların uygulanmasıyla belirlenen sürgün sayılarına ait ortalamalar ve ilgili varyans analiz sonuçları Tablo 3.2.'de verilmiştir.

Tablo 3. 2. Farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının yem b r lcesi bitkisinde sürgün sayısı ve eksplant başına sürgün sayısı oranlarına ait ortalama değerler

Magnezyum Nanoparçacık Uygulamaları	Sürgün sayısı (adet)	Değişim (%)	Eksplant Başına Sürgün sayısı (adet)	Değişim (%)
Mg1 (Kontrol)	21.75 b	-	6.50 bc	-
Mg2	21.75 b	-	6.75 bc	3.85
Mg3	3.75 b	-82.76	1.25 c	-80.77
Mg4	61.25 a	181.61	17.50 a	169.23
Mg5	36.25 ab	66.67	10.00 ab	53.85
Ortalama	28.95		8.40	
Varyasyon Kaynakları	SD	F Değerleri		
Tekerrür	4			
Magnezyum Nanoparçacık Uygulamaları	4	3,459*	5,675**	
Hata	15			

*F Değeri ise $p < 0,05$ ihtimal sınırında önemlidir.

**F Değeri ise $p < 0,01$ ihtimal sınırında çok önemlidir.

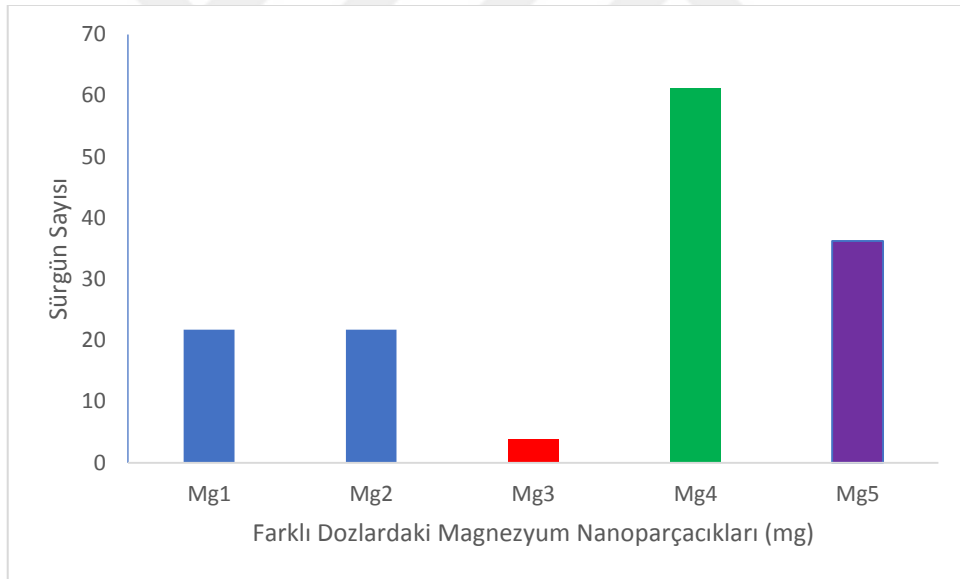
Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir.

Sürgün sayısı üzerine farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının etkisi istatistiki olarak $p < 0,05$ seviyesinde önemli bulunmuştur (Tablo 3.2).

Çalışmada en fazla sürgün sayısı 61,25 ile Mg4 uygulamasından elde edilirken, bu uygulamayı 36.25 ile Mg5 uygulaması takip etmiştir. Mg1 (kontrol) ve Mg2 uygulamaları 21.75 ile aynı değeri verirken, Mg3 uygulaması ise 3.75 ile en düşük değeri vermiştir. Farklı magnezyum nanoparçacıkları sürgün sayısını kontrol uygulamasına kıyasla artırmıştır. Kontrole göre sürgün sayısındaki bu artış Mg4 uygulamasında %181.61, Mg5 uygulamasında %66.67 daha fazla olmuştur. Mg3 uygulaması ise azaltıcı yönde etki göstermiştir (Tablo 3.2; şekil 3.3; şekil 3.4).



Şekil 3. 3. Mg4 uygulamasının eksplantında sürgün ve kök gelişimi



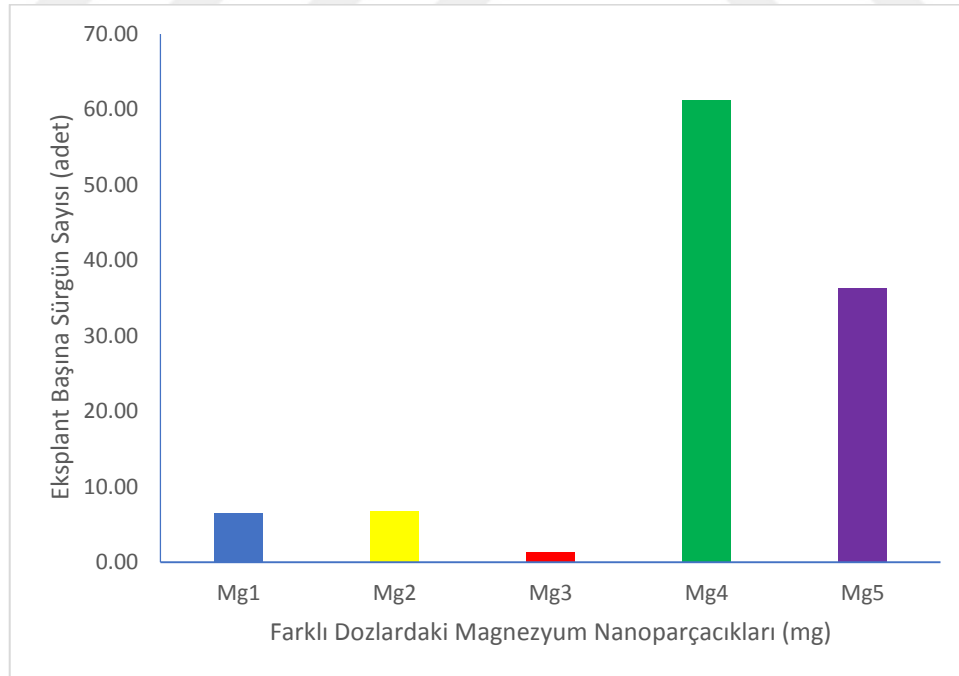
Şekil 3. 4. Börülceye uygulanan farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının sürgün sayısı üzerine etkisi

3.4. Eksplant Başına Sürgün Sayısı

Çalışmada kullanılan faktörlere bağlı olarak elde edilen eksplant başına sürgün sayısına ait değerler ve ilgili varyans analiz sonuçları Tablo 3.2' de verilmiştir.

Eksplant başına sürgün sayısı bakımından farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının etkisi istatistiki olarak $p<0,01$ seviyesinde önemli bulunmuştur (Tablo 3.2). Farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının yem b r lcesinde belirlenen ortalama eksplant başına sürgün sayısı değerleri 1.25-17.50 adet arasında değişiklik göstermiştir. Uygulamalar bakımından en fazla eksplant başına sürgün sayısı 17.50 adet ile Mg4 uygulamasından, en az ise 1.25 adet ile Mg3 uygulamasından elde edilmiştir. Diğer uygulamalardan elde edilen eksplant başına sürgün sayısı değerleri ise Mg1 (kontrol) 6.25 adet, Mg2 6.50 adet ve Mg5 10 adet olarak tespit edilmiştir. Kontrol uygulamasına göre eksplant başına sürgün sayısı değerlerinde olan azalma Mg3 uygulamasında kendini göstermiştir (Tablo 3.2; Şekil 3.5).

B r lce’de eksplant başına sürgün sayısını Aasim (2010) farklı BAP ve NAA dozları uygulayarak elde ettiği değerin 0.33 ile 2.94 adet arasında değiştiiğini, yine aynı araştırmacının farklı TDZ dozları uygulayarak elde ettiği değerin 1.89 ile 2.78 arasında değiştiiğini bildirmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgular Aasim (2010)’un sonuçlarından daha yüksek çıkmıştır.



Şekil 3. 5. Börülceye uygulanan farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının eksplant başına sürgün sayısı üzerine etkisi

3.5. Sürgün Uzunluğu

Börülce bitkisine farklı dozlardaki nanoparçacıkların uygulanmasıyla belirlenen sürgün uzunluğuna ait ortalamalar ve ilgili varyans analiz sonuçları Tablo 3.3 'de verilmiştir.

Tablo 3. 3. Farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının yem börülcesi bitkisinde sürgün uzunluğu ve kök oluşum oranlarına ait ortalama değerler

Magnezyum Nanoparçacık Uygulamaları	Sürgün uzunluğu (cm)	Değişim (%)	Kök Oluşum Oranı (%)	Değişim (%)
Mg1 (Kontrol)	0.4750 d	-	27.50	-
Mg2	1.2000 c	152.63	27.50	-
Mg3	0.1750 d	-63.16	19.75	-28,18
Mg4	2.0750 a	336.84	22.50	-18.18
Mg5	1.4500 b	205.26	10.00	-63.64
Ortalama	1.0750		21.45	
Varyasyon Kaynakları	SD	F Değerleri		
Tekerrür	4			
Magnezyum Nanoparçacık Uygulamaları	4	88,901**	1,905*	
Hata	15			

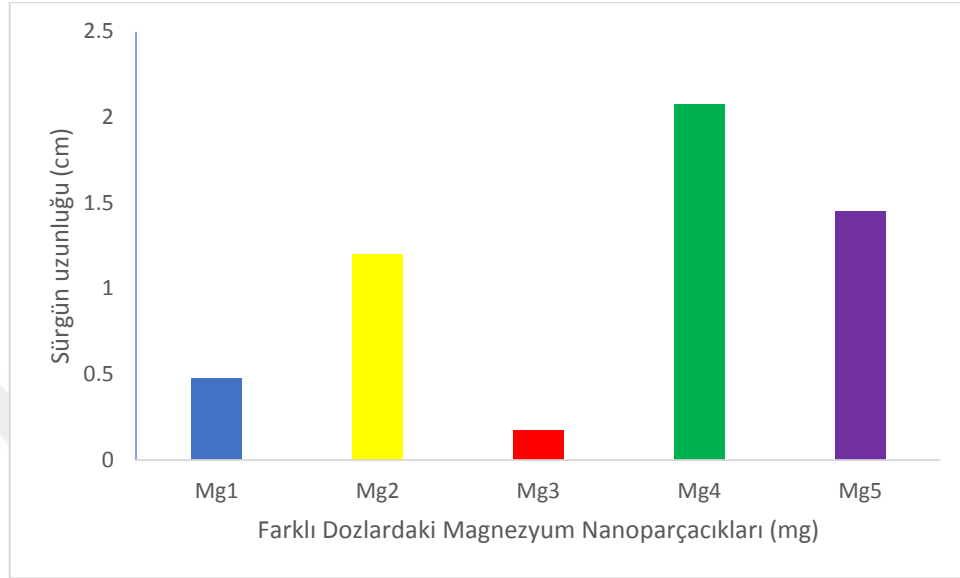
*F Değeri ise $p < 0,05$ ihtimal sınırında önemlidir.

**F Değeri ise $p < 0,01$ ihtimal sınırında çok önemlidir.

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir.

Tablo 3.3 incelendiğinde farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının sürgün uzunluğu üzerine etkisi istatistiki olarak $p < 0,01$ ihtimal seviyesinde önemli bulunmuştur (Tablo 3.3). Sürgün uzunluğu Mg3 uygulamasında en az (0.1750 cm), Mg4 uygulamasında ise en yüksek (2.0750 cm) değeri vermiştir. Mg4 uygulamasını, Mg5 (1.4500 cm) ve Mg2 (1.200 cm) uygulamaları takip etmiştir. Sürgün uzunluğunu Mg3 uygulaması haricinde

uygulanan diğer Mg2, Mg4 ve Mg5 uygulamaları kontrole göre artırıcı yönde etki etmiştir. En yüksek artış % 336.84 ile Mg4 uygulamasından elde edilmiştir (Tablo 3.3.; Şekil 3.6.).



Şekil 3. 6. Börülceye uygulanan farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının sürgün uzunluğu üzerine etkisi

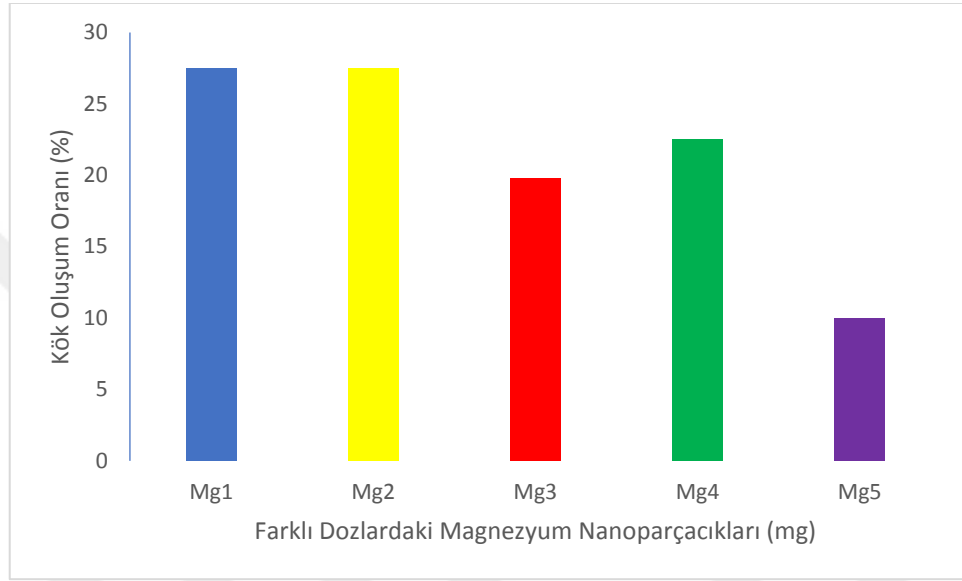
Konu ile ilgili yapılan çalışmalarda da börülce bitkisinde sürgün uzunluğunun farklılık gösterdiği ve Aasim (2010) farklı BAP ve NAA dozları uygulamasıyla sürgün uzunluğunun 2.28-3.98 cm arasında değiştiğini bildirmiştir. Kondak (2019) yaptığı çalışmada, farklı konsantrasyonlardaki MgO nanopartiküllerinin ve MgSO₄'ün Odeska ve Kırık buğday çeşitlerinde sürgün uzunluklarına etkilerini belirlemiştir. Sırasıyla elde edilen sürgün uzunlukları 15,05 ve 15,48 olarak tespit edilmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgular Aasim (2010) ve Kondak (2019)'dan düşük çıkmıştır.

3.6. Kök Oluşum Oranı (%)

Farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının börülce bitkisinde belirlenen kök oluşum oranları ve ilgili varyans analiz sonuçları Tablo 3.3 'te verilmiştir.

Kök oluşum oranı üzerine farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının etkisi istatistiki olarak $p < 0,05$ seviyesinde önemli bulunmuştur (Tablo 3.3). Uygulanan magnezyum nanoparçacıkların kök oluşum oranı ortalamaları %10-27.5 arasında değişmiştir. Kök oluşum oranı bakımından magnezyum nanoparçacıkları arasında en

yüksek değer %27.50 ile Mg1 (kontrol) ve Mg2 uygulamalarından elde edilirken, %22.50 ile Mg4 uygulaması ve %19.75 ile Mg3 uygulamaları takip etmiştir. En düşük %10 ile Mg5 uygulamasından elde edilmiştir. Magnezyum nanoparçacıklarının kontrole göre değişimlerinde %63,64 oranında azalma ile en yüksek değer Mg5 uygulamasında elde edilmiştir (Tablo 3.3.; Şekil 3.7.).



Şekil 3. 7. Börülceye uygulanan farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının kök oluşum oranı üzerine etkisi

3.7. Eksplant Başına Kök Sayısı

Börülce’de farklı dozlarda magnezyum nanoparçacıklarının uygulanmasıyla belirlenen eksplant başına kök sayısına ait ortalamalar ve ilgili varyans analiz sonuçları Tablo 3.4’ de verilmiştir.

Tablo 3.4. incelendiğinde farklı dozlarda magnezyum nanoparçacıklarının eksplant başına kök sayısına etkisi istatistiki olarak $p < 0,05$ seviyesinde önemli bulunmuştur (Tablo 3.4). Farklı dozlarda magnezyum nanoparçacıklarının uygulaması yapılan börülcede belirlenen en fazla eksplant başına kök sayısı Mg2 uygulamasından (6.75 adet) elde edilirken, bu uygulamayı Mg1 (kontrol) (2.75 adet) uygulaması takip etmiştir.

Araştırma sonuçları incelendiğinde, uygulanan farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının Mg2 uygulaması dışında kontrole göre azalma meydana gelmiştir. Eksplant başına kök sayısında meydana gelen en fazla azalış Mg3 uygulamasına (%99.96)

uygulamasında tespit edilmiştir. Mg2 uygulaması eksplant başına kök sayısına artırıcı yönde etki göstermiş olup, bu artışın %145.45 oranında olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.4.; Şekil 3.8).

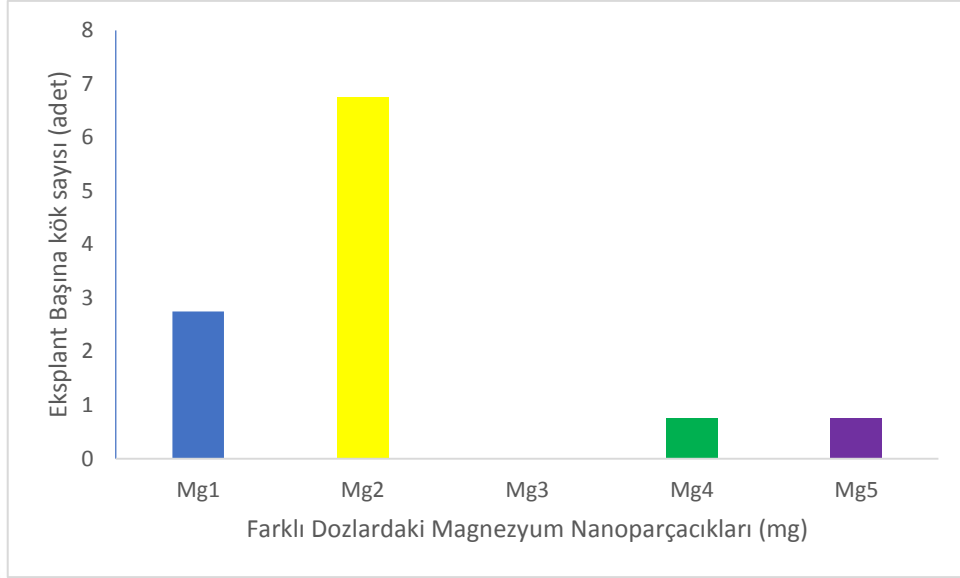
Tablo 3. 4. Farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının yem bürölcesi bitkisinde eksplant başına kök sayısı ve kallus oluşum oranlarına ait ortalama değerler

Magnezyum Nanoparçacık Uygulamaları	Eksplant başına kök sayısı (adet)	Değişim (%)	Kallus Oluşumu	Değişim (%)
Mg1 (Kontrol)	2.750000 b	-	8 b	-
Mg2	6.750000 a	145.45	9 ab	12.50
Mg3	0.000900 c	-99.96	8.5 ab	6.25
Mg4	0.750050 bc	-72.72	9.50 ab	18.75
Mg5	0.750000 bc	-72.72	10.00 a	25
Ortalama	2.200028		9.00	
Varyasyon Kaynakları	SD	F Değerleri		
Tekerrür	4			
Magnezyum Nanoparçacık Uygulamaları	4	18,030 **	2,679 *	
Hata	15			

*F Değeri ise $p<0,05$ ihtimal sınırında önemlidir.

**F Değeri ise $p<0,01$ ihtimal sınırında çok önemlidir.

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir.



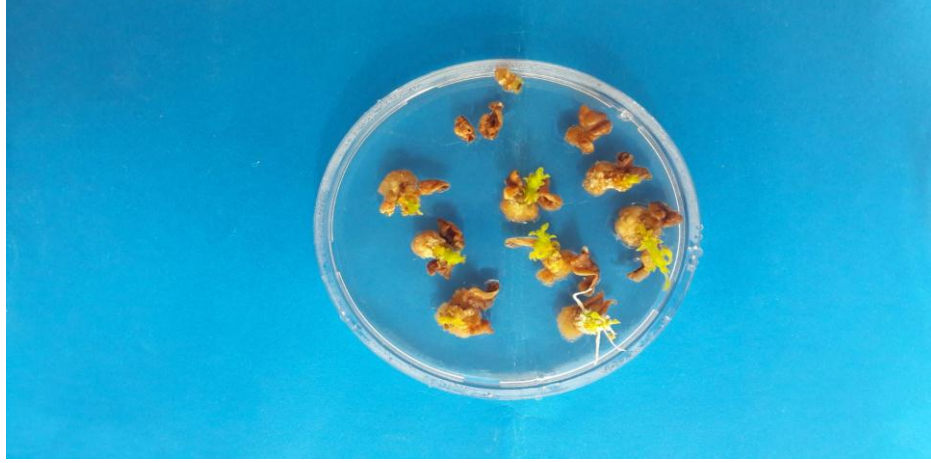
Şekil 3. 8. Börülceye uygulanan farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının eksplant başına kök sayısı üzerine etkisi

3.8. Kallus Oluşumu

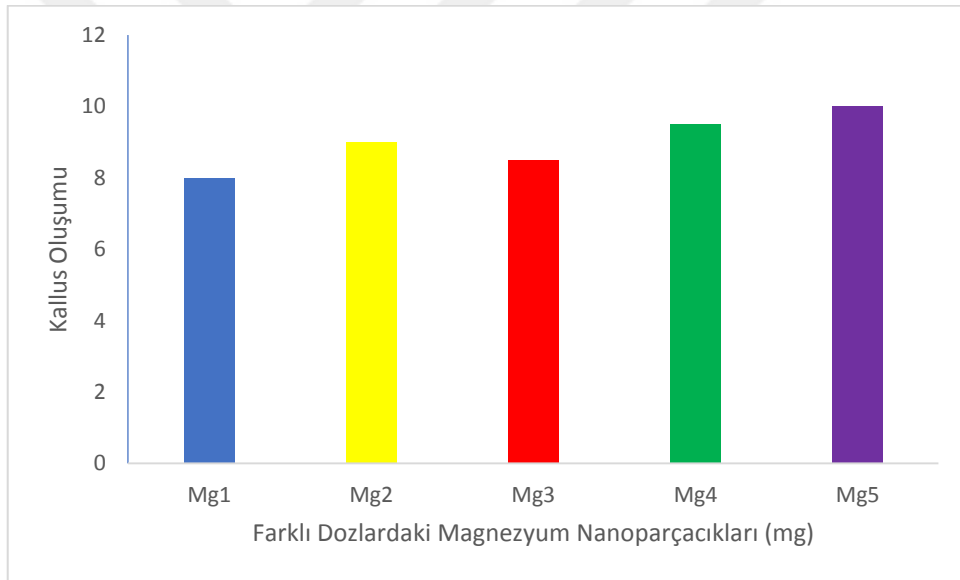
Börülce bitkisine farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının uygulanmasıyla belirlenen kallus oluşumuna ait ortalamalar ve ilgili varyans analiz sonuçları Tablo 3.4’ de verilmiştir.

Kallus oluşumu üzerine farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının etkisi istatistiki olarak $p < 0,05$ seviyesinde önemli bulunmuştur (Tablo 3.4).

Araştırmada börülcede magnezyum nanoparçacıklarına göre belirlenen kallus oluşumu 8-10 arasında değişmiştir. Kallus oluşumu Mg5 uygulamasında (10) en yüksek değere ulaşmıştır. Bu uygulamayı 9.5 ile Mg4 ve 9 ile Mg2 uygulaması takip etmiştir. Uygulamalar kontrole göre önemli ölçüde artmıştır. Mg5 uygulamasında %25 ile en fazla artış elde edilmiş, bu uygulamayı sırasıyla %18.75 ile Mg4, %12.50 ile Mg2 ve %6.25 ile Mg3 uygulamaları izlemiştir (Tablo 3.4.; Şekil 3.9; Şekil 3.10).



Şekil 3. 9. Ülkem börülce bitkisinin Mg4 uygulamasında kallus oluşumu



Şekil 3. 10. Börülceye uygulanan farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının kallus oluşumu üzerine etkisi

3.9. Kök Uzunluğu

Araştırmada ele alınan faktörlerde belirlenen kök uzunluğuna ait ortalama değerler ve ilgili varyans analiz sonuçları Tablo 3.5’ te verilmiştir.

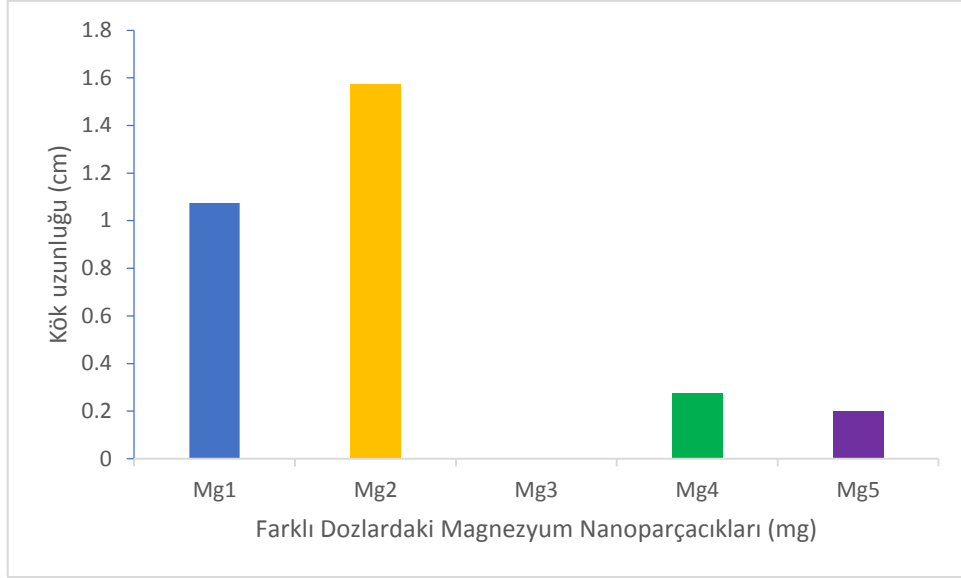
Tablo 3.5. incelendiğinde farklı dozlarda magnezyum nanoparçacıklarının kök uzunluğuna etkisi istatistiki olarak $p < 0,05$ seviyesinde önemli bulunmuştur (Tablo 3.5). Farklı dozlarda magnezyum nanoparçacıklar uygulanan börülceden elde edilen kök

uzunluğu değerleri 0.000150 ile 1.575000 arasında değiştiği belirlenmiştir. Uygulamalardan elde edilen en fazla kök uzunluğu Mg2 uygulamasından (1.575000 cm) elde edilirken, bu uygulamayı Mg1 (kontrol) (1.075000 cm) uygulaması takip etmiştir (Tablo 3.5).

Mg2 uygulamasında kontrole göre %46.51'lik bir artış olmuştur. Bu uygulama dışındaki diğer uygulamaların hepsinde azalış belirlenmiştir (Tablo 3.5; Şekil 3.11).

Tablo 3. 5. Farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının yem bürölcesi bitkisinde kök uzunluğu oranlarına ait ortalama değerler

Magnezyum Nanoparçacık Uygulamaları	Kök Uzunluğu (cm)	Değişim (%)
Mg1 (Kontrol)	1.075000 b	-
Mg2	1.575000 a	46.51
Mg3	0.000150 c	-99.96
Mg4	0.275075 bc	-74.41
Mg5	0.200000 bc	-81.39
Ortalama	0.625045	
Varyasyon Kaynakları	SD	F Değeri
Tekerrür	4	
Magnezyum Nanoparçacık Uygulamaları	4	20,402 ^{**}
Hata	15	



Şekil 3. 11. Börülceye uygulanan farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının kök uzunluğu üzerine etkisi

Kondak (2019) Farklı konsantrasyonlardaki MgO nanopartiküllerinin ve $MgSO_4$ 'ün Kırık ve Odeska ekmeklik buğday çeşitleri üzerine etkilerini belirlemeye çalıştığı araştırmada, kök uzunluğunu Odeska buğday çeşidinde 11,78 cm, Kırık buğday çeşidinde se 12,45 cm olarak tespit etmiştir. Çalışmamızda elde edilen veriler Kondak (2019)'un verilerinden düşük çıkmıştır.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Yeşil sebze ve kuru tane olarak hem insan hem de hayvan beslenmesinde değerlendirilebilen börülce, sahip olduğu yüksek oranda protein ve vitamin, kuraklığa dayanıklı, baklagil bitkisi olması sebebiyle toprağın yapısını düzenleyen ve azot bağlayabilen bir bitkidir. Dünyada 30'dan fazla ülkede börülce yetiştiriciliği yapılmaktadır. Börülce bitkisi üzerinde çok sayıda geleneksel ve biyoteknolojik çalışmalar yapılmasına rağmen, nanopartiküllerin kullanıldığı nanoteknolojik çalışmaların az olduğu görülmektedir.

Tarımsal üretimde son yıllarda nanomateriyallerin kullanımıyla birlikte nanoteknolojiye olan ilgi her geçen gün artmaktadır. Daha önce börülcede sürgün rejenerasyonu ile ilgili pek çok çalışma yapılmıştır. Araştırmamızda kullanmış olduğumuz MgO NP'nin bitkileri biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı koruduğu ve bitkilerin korunması ve muhafazasında önemli bir seçenek olarak değerlendirilebileceği yönünde çok sayıda olumlu görüşler vardır. Bu tez çalışması ile MgO NP'lerinin farklı dozlardaki uygulamalarının börülce bitkisinde sürgün oluşturmaları üzerine etkileri incelenmiş, elde edilen bilgilerle kullanılmış olan MgO NP'nin bu alanlarda kullanılabilirliği ile ilgili ön bilgi ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu tez çalışması ile bitki gelişimini teşvik edecek dozlara sahip olduğu belirlenen NP'lerin kontrole kıyaslandığında, hangi dozlarda kullanılması gerektiği de tespit edilmiştir.

Çalışmamızda Ülkem Yemlik börülce çeşidi kullanılmış ve çalışma Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Doku Kültürü Laboratuvarında yürütülmüştür. MgO NP'lerinin Morfogenesis, Kallus oluşum oranı (%), Sürgün Sayısı (adet), Sürgün Oluşum Oranı (%), Sürgün Uzunluğu (cm), Eksplant başına sürgün sayısı (adet), Kök oluşum oranı (%), Eksplant başına kök sayısı (adet), Kök uzunluğu (cm) ölçüm ve değerlendirmeleri yapılmıştır.

Morfogenesis ile ilgili sonuçlara bakıldığında, uygulamalar arasında istatistiki anlamda herhangi bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir. Morfogenesis özellikle ikinci uygulamadan sonra %8.11'lik bir artış göstermiştir.

Sürgün oluşum oranında özellikle kontrole göre %20.83 ile Mg4 uygulaması ve %37.50 ile Mg5 uygulaması artış göstermiş ve diğer uygulamaların tamamı azaltıcı yönde etki göstermiştir. Bu azalış Mg3 uygulaması ile %50 ile en fazla olmuştur.

Çalışmada en fazla sürgün sayısı 61,25 ile Mg4 uygulamasından elde edilirken, bu uygulamayı 36.25 ile Mg5 uygulaması takip etmiştir. Mg1 ve Mg2 uygulamaları arasında herhangi bir farklılık tespit edilmemiştir. Mg3 uygulaması ise en düşük değeri vermiştir. Kontrole göre sürgün sayısındaki en fazla artış Mg4 uygulamasında %181.61 tespit edilmiştir. Mg3 uygulaması ise azaltıcı yönde etki göstermiştir.

Eksplant başına sürgün sayısı bakımından farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Farklı dozlardaki magnezyum nanoparçacıklarının yem bürölcesinde belirlenen ortalama eksplant başına sürgün sayısı değerleri 1.25-17.50 adet arasında değişiklik göstermiştir. Uygulamalar bakımından en fazla eksplant başına sürgün sayısı 17.50 adet ile Mg4 uygulamasından elde edilirken, en az ise 1.25 adet ile Mg3 uygulamasından elde edilmiştir.

Sürgün uzunluğu Mg3 uygulamasında en az (0.1750 cm), Mg4 uygulamasında ise en yüksek (2.0750 cm) değeri vermiştir. Mg4 uygulamasını, Mg5 ve Mg2 uygulamaları takip etmiştir. Sürgün uzunluğunu Mg3 uygulaması haricinde uygulanan diğer Mg2, Mg4 ve Mg5 uygulamaları kontrole göre artırıcı yönde etki etmiştir. En yüksek artış %336.84 ile Mg4 uygulamasında tespit edilmiştir.

Kök oluşum oranı değerlendirildiğinde, uygulanan magnezyum nanoparçacıkların kök oluşum oranı ortalamalarının %10-27.5 arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek değer %27.50 ile Mg1 (kontrol) ve Mg2 uygulamalarından elde edilirken, %22.50 ile Mg4 uygulaması ve %19.75 ile Mg3 uygulamaları takip etmiştir. En düşük %10 ile Mg5 uygulamasından elde edilmiştir.

Farklı dozlarda Mg nanoparçacıklarının eksplant başına kök sayısına etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuş ve en fazla eksplant başına kök sayısı Mg2 ve Mg1 (kontrol) uygulamalarından elde edilmiştir. Kallus oluşumunda ise en yüksek değerler Mg5 ve Mg4 uygulamalarından ve yine en fazla artışlar sırasıyla %25 ve %18.75 ile bu uygulamalardan elde edilmiştir. Kök uzunluğu açısından en yüksek değer ve en fazla artış Mg2 uygulamasından elde edilmiştir.

Sonuç olarak; farklı dozlarda Mg NP'nin bürölce bitkisinde incelenen karakterler üzerinde önemli değişimler oluşturduğu tespit edilmiştir. Mg dozlarının bitki gelişimini teşvik edecek dozlara sahip olduğu belirlenmiştir. Özellikle Mg4 uygulamasının incelenen tüm parametreler içerisinde en yüksek değerleri verdiği belirlenmiştir. Bürölce bitkisinde MgO NP'nin bitki gelişimini teşvik ve düzenleyici etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

5.KAYNAKLAR

- Aasim, M., Khawar, K.M., ve Özcan, S., 2008. In Vitro Micro Propagation From Shoot Meristems Of Turkish Cowpea (*Vigna unguiculata* L.) Cultivar Akkız, Bangladesh Journal of Botany, 37, 149-154.
- Aasim, M., 2010. Börülce (*Vigna unguiculata* L.)’de Doku Kültürü ve Gen Aktarım Çalışmaları. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara, 133 s.
- Arnall, A.H., 2003. Future Technologies, Today’s Choices Nanotechnology, Artificial Intelligence and Robotics; A technical, political and institutional map of emerging Technologies, ISBN 978-981-32-9373-1.
- Ates, H., 2015. Nano Parçacıklar ve Nano Teller, GU J Sci Part:C , 3, 1, 437-442.
- Bergeson, L.L., 2004. The Regulatory Implications of Nanotechnology, Environmental Quality Management, 1, 71-82.
- Brar, M.S., Al-Khayri, J. M., Morelock T.E. ve Anderson, E.J., 1999. Genotypic response of cowpea *Vigna unguiculata* (L.) to in vitro regeneration from cotyledon explants, In Vitro Cellular and Developmental Biology, 35, 8-12.
- Brar, M.S., Al-Khayri, J.M., Shamblin, C.E., McNew, R.W. Morelock T.E. ve Anderson, E.J., 1997. In vitro shoot tip multiplication of cowpea *Vigna unguiculata* (L.) Walp, In vitro Cellular and Developmental Biology, 33, 111-118.
- Bulovic, V., Mandell, A. ve Perlman, A., 2004. Molecular Memory Device, US, A1, 20050116256.
- Chichiricò, G. ve Poma, A., 2015. Penetration and Toxicity of Nanomaterials in Higher Plants, Nanomaterials, 5, 851–873.
- Choi, P.S., Cho, D.Y. ve Soh, W.Y., 2003/4. Plant regeneration from immature embryo cultures of *Vigna unguiculata*, Biologia Plantarum, 47, 305-308.
- Cifuentes, M., Fuentes, C., Mattar, P., Tobar, N., Hugo, E., Ben-Jonatha, N., Rojas, C. ve Martinez, J., 2010. Obesity-associated Proinflammatory Cytokines Increase Calcium Sensing Receptor (CaSR) Protein Apxpression in Primary Human Adipocytes and LS14 Human Adiposecell Line, Archives of Biochemistry and Biophysics, 500, 151-156.
- Cubero, J.I. ve Hernandez, L., 1991. Breeding Faba Bean (*Vicia faba* L.) for Resistance to Orobanche Crenata Forsk, Options Mediterraneennes, Serie Seminaires, 10, 51-5.
- Davis, D.W., Oelke, E.A., Oplinger, E.S., Doll, J.D., Hanson, C.V. ve Putnam, D.H., 1991. Cowpea, University of Minnesota, Center for Alternative Plant and Animal

- Products and the Minnesota Extension Service, Open Journal of Forestry, 4, 4, 40-42.
- Delfani, M., Firouzabadi, M.B., Farrokhi, N. ve Makarian, H., 2014. Some Physiological Responses of Black-Eyed Pea to Iron and Magnesium Nanofertilizers, Commun. Soil Sci. Plant Anal., 45, 530–540.
- De-Lugue, A. ve Rubiales, D., 2009. Nanotechnology for Parasitic Plant Control, Pest Manag Sci, 65, 540–545.
- Demirbilek, E.M., 2015. Tarımda ve Gıdada Nanoteknoloji, Journal of Food and Feed Science – Technology, 15, 46-53.
- Diallo, M.S., Ndiaye, A., Sagna, M. ve Gassama-Dia, Y.K., 2008. Plants Regeneration from African Cowpea Variety (*Vigna unguiculata* L. Walp.), African Journal of Biotechnology, 7, 2828-2833.
- Ditta, A., 2012. How Helpful is Nanotechnology in Agriculture?, Adv Nat Sci Nanosci Nanotechnol., 3, 3, 033002.
- Doğan, G., 2007. Mikro ve Nano Hızlı Prototipleme. Yüksek Lisans Tezi, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 87s.
- Duhan, JS., Kumar, R., Kumar, N., Kaur, P., Nehra, K. ve Duhan, S., 2017. Nanotechnology: The New Perspective in Precision Agriculture Biotechnol Rep, 15, 11–23.
- Eggenberger, Kai., Birtalan, E., Schröder, T. ve Bräse, S., 2009. Passage of Trojan Peptoids into Plant Cells, ChemBioChem, 10, 15, 2504-2512.
- Enderby, J. ve Dowling, A., 2004. Nanoscience and Nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties, The Royal Society & The Royal Academy of Engineering Report, London, ISBN 0 85403 604 0, 7.
- Feynman, R.P., 1960. There's Plenty of Room at the Bottom, Engineering Science, 23, 22-36.
- Fleischer, MA., O'Neill, R. ve Ehwald, R., 1999. The Pore Size of Non-graminaceous Plant Cell Walls is Rapidly Decreased by Borate Ester Cross-linking of the Pectic Polysaccharide Rhamnogalacturonan II., Plant Physiol, 121, 3, 829-838.
- Ghormade, V., Deshpande, M.V. ve Paknikar, K.M., 2011. Perspectives for Nano Biotechnology Enabled Protection and Nutrition of Plants, Biotechnology Advances, 29, 792–803.
- Giroto, AS., Guimarães, GG. ve Foschini, M., 2017. Role of Slow-release Nanocomposite Fertilizers on Nitrogen and Phosphate Availability in Soil[J], Scientific Reports, 7, 1-11.

- Gojon, A., Nacry, P. ve Davidian, J.C., 2009. Root Uptake Regulation: A Central Process for NPS Homeostasis in Plants, Curr. Opin, Plant Biol, 12, 328–338.
- Hussein, MZ., Yahaya, AH., Zainal, Z. ve Kian, LH., 2005. Nanocomposite-based Controlled Release Formulation of an Herbicide 2,4 Dichlorophenoxyacetate Incapsulated in Zinc-aluminium-layered Double Hydroxide, Sci Technol Adv Mater, 6, 956–962.
- Imada, K., Sakai, S., Kajihara, H., Tanaka, S. ve Ito, S., 2016. Magnesium oxide nanoparticles induce systemic resistance in tomato against bacterial wilt disease, Plant Pathol. J., 65, 4, 551-560.
- Kartha, K.K., Pahl, K., Leung, N.L. ve Mroginski, L.A., 1981. Plant Regeneration From Meristems of Grain Legumes: Soybean, Cowpea, Peanut, Chickpea, and Bean, Canadian Journal of Botany, 59, 1671-1679.
- Kondak, S., 2019. Magnezyum Oksit (MgO) Nanopartiküllerinin ve Magnezyum Sülfat (MgSO₄)’ın Buğday (*Triticum aestivum* L.) Bitkisinin Çimlenmesi Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Iğdır, 95s.
- Kumari, M., Khan, SS., Pakrashi, S., Mukherjee, A. ve Chandrasekaran, N., 2011. Cytogenetic and genotoxic effects of zinc oxide nanoparticles on root cells of *Allium cepa*., Journal of Hazardous Materials, 190, 613–621.
- Lee, CW., Mahendra, S., Zodrow, K., Li, D., Tsai, YC., Braam, J. ve Alvarez, PJJ., 2010. Developmental Phytotoxicity of Metal Oxide Nanoparticles to *Arabidopsis thaliana*, Environ. Toxicol. Chem., 29, 3, 669-675.
- Lin, D. ve Xing, B., 2007. Phytotoxicity of Nanoparticles: Inhibition of Seed Germination and Root Growth, Environmental Pollution, 150, 243-250.
- Lin, D. ve Xing, B., 2008. Root Uptake and Phytotoxicity of ZnO Nanoparticles, Environ. Sci. Technol., 42, 15, 5580–5585.
- Lines, M.G., 2008. Nanomaterials for Practical Functional Uses, Journal of Alloys and Compounds, 449, 242-245.
- Siddiqui, M.H. ve Al-Whaibi, M.H., 2014. Role of Nano-SiO₂ in Germination of Tomato (*Lycopersicum esculentum* seeds Mill.), Saudi J. Biol. Sci., 21, 13–17.
- Mao, J.Q., Zaidi, M.A., Aranson, J.T. ve Altosaar, I., 2006. In vitro regeneration of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. cv. Black eye cowpea via shoot organogenesis, Plant Cell Tissue and Organ Culture, 87, 121-125.
- Mbonyiriyivuze, A., Zongo, S., Diallo, A., Bertrand, S., Minani, E., Yadav, L.L., Mwakikunga, B., Dhlamini, S.M. ve Maaza, M., 2015. Titanium Dioxide Nanoparticles Biosynthesis for Dye Sensitized Solar Cells application: Review, Physics and Materials Chemistry, 3, 1, 12-17.

- Miller, B.C., Oplinger, E.S., Rand, R., Peters, J. ve Weeis, G., 1984. Effect of Planting Date and Plant Population on Sunflower Performance, Argon.J., 76, 511-515.
- Mishra, S., Singh, A., Keswani, C. ve Singh, HB., 2014. Nanotechnology: Exploring Potential Application in Agriculture and Its Opportunities and Constraints, Biotech Today, 4, 9–14.
- Miwa, K., Tanaka, M., Kamiya, T. ve Fujiwara, T., 2010. Molecular Mechanisms of Boron Transport in Plants: Involvement of Arabidopsis NIP5;1 and NIP6;1, Adv. Exp. Med. Biol., 679, 83–96.
- Mousavi Kouhi, S.M., Lahouti, M. ve Ganjeali, A., 2015. Comparative Effects of ZnO Nanoparticles, ZnO Bulk Particles, and Zn²⁺ on Brassica napus After Long-Term Exposure: Changes in Growth, Biochemical Compounds, Antioxidant Enzyme Activities, and Zn Bioaccumulation, Water, Air and Soil Pollution, 226, 364.
- Mushtaq, YK., 2011. Effect of nanoscale Fe₃O₄, TiO₂ and Carbon Particles on Cucumber Seed Germination, Journal of Environmental Science and Health, Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering, 46, 14, 1732-1735.
- Muthukumar, B., Mariamma, M. ve Gnanam, A., 1995. Regeneration of Plants from Primary Leaves of Cowpea, Plant Cell Tissue and Organ Culture, 42, 153-155.
- Nadaroglu, H., Onem, H. ve Gugor, A.A., 2016. Green Synthesis of Cerium (III) oxide (Ce₂O₃) Nanoparticules and Determination of It's Antioxidant Activitym, IET Nanobiotechnology, Nano Biomed Eng, 4, 183–187.
- Nekrasova, GF., Ushakova, OS., Ermakov, AE., Uimin, MA. ve Byzov, IV. Russ J Ecol., 2011. Effects of Copper(II) Ions and Copper Oxide Nanoparticles on Elodea densa Planch, Russian Journal of Ecology, 42, 6, 458-463.
- Odutayo, O.I., Akinrimisi, F.B., Ogunbosoye, I. ve Oso, R.T., 2005. Multiple Shoot Induction From Embryo Derived Callus Cultures of Cowpea (Vigna unguiculata (L.) Walp, African Journal of Biotechnology, 4, 1214-1216.
- Oloumi, H., Soltaninejad, R. ve Baghizadeh, A., 2015. The comparative effects of nano and bulk size particles of CuO and ZnO on glycyrrhizin and phenolic compounds contents in Glycyrrhiza glabra L. seedlings, Indian J. Plant Physiol, 20, 157–161.
- OnDrej, M. ve HunADy, I., 2007. Faba Bean (Vicia faba L.) Breeding for Resistance to Anthracnose (Ascochyta fabae Speg.) in the Czech Republic, Czech Journal of Genetics and Plant Breeding, 43, 2, 61–68.
- Panpatte, DG. ve Jhala, YK., 2019. Nanotechnology for Agriculture: Crop Production and Prodtection. Panpatte, Deepak G., Jhala, Yogeshvari K. (eds.), Springer Singapore, Singapore, pp. 1-30.

- Park, H.J., Kim, S.H., Kim H.J. ve Choi, S.H., 2006. A New Composition of Nanosized Silica-Silver for Control of Various Plant Diseases, The Plant Pathology Journal, 22, 3, 295-302.
- Pellegrineschi, A., 1997. In vitro Plant Regeneration Via Organogenesis of Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.), Plant Cell Reports, 17, 89-95.
- Pemberton, IJ. ve Smith, GR., 1990. Inheritance of Ineffective Nodulation in Cowpea. Crop Science, 30, 568- 571.
- Prasad, T. N. V. K. V., Sudhakar, P., Sreenivasulu, Y., Latha, P., Munaswamy, V., Raja Reddy, K., Sreeprasad, T.S., Sajanlal, P.R. ve Pradeep, T., 2012. Effect Of Nanoscale Zinc Oxideparticles On The Germination, Growth And Yield Of Peanut, Journal of Plant Nutrition, 35, 6, 905-927.
- Prasanna, BM. ve Hossain, F., 2007. Nanotechnology in Agriculture, ICAR National Fellow Division of Genetics IARI, New Delhi, 110012, 112-118.
- Prem Anand, R., Ganapathi, A., Ramesh, A., Vengadesan, G. ve Selvaraj, N., 2000. High Frequency Plant Regeneration Via Somatic Embryogenesis in Cell Suspension Cultures of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), In vitro Cellular and Developmental Biology, 36, 475-480.
- Quality Management, Basım: Wiiey İnterScience www.interscience.wiiey.com EBSCO Host 14812726.
- Raliya, R., Saharan, V., Dimkpa, C. ve Biswas, P., 2017. Nanofertilizer for Precision and Sustainable Agriculture: Current State and Future Perspectives, J Agric Food Chem, 66, 26, 6487–6503.
- Ramakrishnan, K., Gnanam, R., Sivakumar, P. ve Manickam, A., 2005. In vitro Somatic Embryogenesis From Cell Suspension Cultures of Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), Plant Cell Reports, 24, 449-461.
- Rathore, I. ve Tarafdar, JC., 2015. Buğday Bitkisinin Yaprak Uygulamasında Biyosentezlenmiş Magnezyum Nanoparçacıkların Bakış Açıları, J. Bionanosci, 9, 209-214.
- Raveendar, S., Premkumar, A., Sasikumar, S., Ignacimuthu, S. ve Agastian, P., 2009. Development of a Rapid, Highly Efficient System of Organogenesis in Cowpea *Vigna unguiculata* (L.) Walp, South African Journal of Botany, 75, 17-21.
- Rickman, D., Luvall, JC., Shaw, J., Mask, P., Kissel, D. ve Sullivan, D., 2003. Precision agriculture: changing the face of farming, Geotimes November, 23, 150-152.
- Rico, CM., Majumdar, S., Duarte-Gardea, M., Peralta-Videa, JR. ve Gardea-Torresdey, JL., 2011. Interaction of Nanoparticles with Edible Plants and Their Possible Implications in the Food Chain, J. Agric, Food Chem., 59, 8, 3485–3498.

- Ruttkey-Nedecky, B., Krystofova, O., Nejd, L. ve Adam, V., 2017. J. Nanobiotechnol., 15, 33.
- Sahoo, S.K., Parveen, S. ve Panda, J.J., 2007. The Present end Future of Nanotechnology in Human Health Care, Nanomedicine, 3, 20-21.
- Sajc, L., Grubisic, D. ve Vunjak- Novakovic, G ., 2000. Bioreactors for Plant Engineering: an Outlook for Further Research, Biochemical Engineering Journal, 4, 89-99.
- Sawicki, A., Zhou, S. ve Kwiatkowski, K., 2017. 1-N-histidine Phosphorylation of ChlD by the AAA+ ChlI2 Stimulates Magnesium Chelatase Activity in Chlorophyll Synthesis, Biochemical Journal, 474, 2095.
- Shah, V. ve Belozeroval, I., 2009. Influence of Metal Nanoparticles on the Soil Microbial Community and Germination of Lettuce Seeds, Water Air Soil Pollution, 197, 143-148.
- Singh, B.B., Cambliss, O.I. ve Sharma, B., 1997. Recent Advances in Cowpea Breeding. Singh, B.B.; Mohan Raj, D.R., Dashiell, K. and Jackai, I.E.N. (eds), Advances in Cowpea Research, Japan, pp. 30-49.
- Stagnari, F., Onofri, A. ve Pisante, M., 2011. Response of French Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Cultivars to Foliar Applications of Magnesium, Italian Journal of Agronomy, 4, 101-110.
- Şehirali, S., 1988. Yemeklik Dane Baklagiller, Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi Yay, Ders Kitabı, 1089, 314.
- Taniguchi, N., 1974. On the Basic Concept of NanoTechnology, Proc Intl Conf Prod Eng Tokyo Part II, Japan Society of Precision Engineering, 18-23, Tokyo.
- Tarafdar, J.C., Raliya, R., Mahawar, H. ve Rathore, I., 2014. İnci darı (*Pennisetum americanum*) İçindeki Mahsul Üretimini Artırmak İçin Çinko Nanofertilizatör Geliştirilmesi , Agric. Res. 3, 257-262.
- Thomas, R., Jasim, B., Mathew, J. ve Radhakrishnan, E.K., 2012. Extracellular Synthesis of Silver Nanoparticles by Endophytic Bordetella SP. Isolated from Piper Nigrum and Its Antibacterial Activity Analysis, Nano Biomedicine and Engineering, 4, 4, 183-187.
- Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R. ve Polasky, S., 2002. Agricultural Sustainability and Intensive Production Practices, Nature, 418, 671–677.
- Torney, F., Trewyn, B.G., Lin, V.S. ve Wang, K., 2007. Mesoporous Silica Nanoparticles Deliver DNA and Chemicals into Plants, Nat. Nanotechnol., 2, 295–300.
- URL-1 (TUİK, 2019), <https://Biruni.Tuik.Gov.Tr/Medas/?>. 2019.

- Van Le, B.U.I., De Carvalho, M.H.C., Zuily-Fodil, Y., Thi, A.T.P. ve Van, K.T.T., 2002. Direct Whole Plant Regeneration of Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) from Cotyledonary Node Thin Cell Layer Explants, Journal of Plant Physiology, 59, 1255-1258.
- Wang, P., Lombi, E., Zhao, F.J. ve Kopittke, P.M., 2016. Nanotechnology: A New Opportunity in Plant Sciences, Trends Plant Sci., 21, 1–12.
- Weigand, S. ve Bishara, S.I., 1991. Status of Insect Pests of Faba Bean in the Mediterranean Region and Methods of Control, Options Mediterraneennes- Serie Seminaires-n, 10, 1, 67-70.
- Xiong, H., Shi, A., Mou, B., Qin, J., Motes, D., Lu, W., Ma, J., Weng, Y., Yang, W. ve Wu, D., 2016. Genetic Diversity and Population Structure of Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp), Public Library of Science One, 11, 8, e0160941.
- Yazıcı, E., 2009. Ultrasonik Sprey Piroliz Tekniğiyle Küresel Gümüş Nano-Parçacıklarının Üretimi. Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 85s.
- Yıldız, N. ve Bircan, H., 1994. Araştırma Deneme Metotları, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, 697, 2, 277s, Erzurum.
- Yusuf, M., Raji, A. A., Ingelbrecht, I. ve Katung, M. D., 2008. Regeneration efficiency of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) Via Embryonic Axes Explants, African Journal of Plant Science, 2, 105-108.
- Zhang , S.G., Yang, Y.C., Gao, B., Li, Y.C. ve Liu, Z.G., 2017. Superhydrophobic Controlled-release Fertilizers Coated with Bio-based Polymers with Organosilicon and Nano-silica Modifications, Journal of Materials Chemistry A, 5, 37, 19943–19953.
- Zhang, Z., He, X., Zhang, H., Ma, Y., Zhang, P., Ding, Y. ve Zhao, Y., 2011. Uptake and Distribution of Ceria Nanoparticles in Cucumber Plants, Metallomics, 3, 816-822.

ÖZGEÇMİŞ

Rabia KOÇAK Erzurum ‘da doğmuştur. İlk, orta ve lise öğrenimini Erzurum’da tamamlamıştır. 2013 yılında Gümüşhane Üniversitesi Genetik ve Biyomühendislik bölümüne başlamıştır ve 2017 yılında mezun olmuştur. Aynı yıl Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoteknoloji Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başlamıştır. Yabancı dili İngilizcedir.

