



**MAGNEZYUM OKSİT (MgO)
NANOPARTİKÜLLERİNİN VE MAGNEZYUM SÜLFAT
(MgSO₄)'IN BUĞDAY (*Triticum aestivum* L.) BİTKİSİNİN
ÇİMLENMESİ ÜZERİNE ETKİSİ**

**Selahattin KONDAK
Yüksek Lisans Tezi**

**TARLA BİTKİLERİ ANA BİLİM DALI
Danışman: Doç. Dr. Ahmet Metin KUMLAY
2019**

Her hakkı saklıdır

**T.C.
IĞDIR ÜNİVERSİTESİ**

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MAGNEZYUM OKSİT (MgO) NANOPARTİKÜLLERİNİN VE MAGNEZYUM SÜLFAT
(MgSO₄)'IN BUĞDAY (*Triticum aestivum* L.) BİTKİSİNİN ÇİMLENMESİ ÜZERİNE
ETKİSİ**

Selahattin KONDAK

TARLA BİTKİLERİ ANA BİLİM DALI

IĞDIR

2019

Her hakkı saklıdır

Doç. Dr. Ahmet Metin KUMLAY danışmanlığında Selahattin KONDAK tarafından hazırlanan bu çalışma tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Bünyamin YILDIRIM İmza:

Üye: Doç. Dr. Ahmet Metin KUMLAY İmza:

Üye: Doç. Dr. Tamer ERYİĞİT İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun / /2019 tarih ve 2019/ sayılı kararı ile onaylanmıştır.

(imza)

.....

Doç. Dr. Süleyman TEMEL

Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.



Selahattin KONDAK

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

ÖZET

MAGNEZYUM OKSİT (MgO) NANOPARTİKÜLLERİNİN VE MAGNEZYUM SÜLFAT (MgSO₄)'IN BUĞDAY (*Triticum aestivum* L.) BİTKİSİNİN ÇİMLENMESİ ÜZERİNE ETKİSİ

KONDAK, Selahattin

Yüksek Lisans Tezi, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ahmet Metin KUMLAY

Temmuz 2019, 95 sayfa

Nanopartiküllerin tarımsal üretimde ve çevre korumada kullanımıyla ilgili çok sayıda olumlu ve olumsuz raporlar olmasından dolayı büyük tereddütler yaşanmaktadır. Son zamanlarda, farklı nanopartiküllerin değişik bitki türleri üzerinde etkisini belirlemek amacıyla çok sayıda araştırma yürütülmektedir. Bu çalışmanın amacı 0,0 – 92,4 – 185,0 – 370,0 – 545,0 – 740,0 – 925,0 mg/L konsantrasyonlarındaki MgO nanopartiküllerinin ve MgSO₄'ün Kırık ve Odeska ekmeçlik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitleri üzerine etkilerini belirlemektir. Araştırma, Atatürk Üniversitesi Tohumluk Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Çalışmada şu gözlemler alınmıştır: Çimlenme oranı (%), çimlenme hızı (%), çimlenme gücü (%), çimlenme hızı katsayısı (%), ortalama çimlenme zamanı, çimlenme gücü indeksi, çimlenme hızı indeksi, sürgün uzunluğu (cm), kök uzunluğu (cm), kök sayısı (adet), sürgün ve kök yaş ağırlıkları (g), sürgün ve kök kuru ağırlıkları (g). Elde edilen sonuçlar, tesadüf parselleri deneme desenine göre varyans analizine tabi tutulmuş, Duncan çoklu karşılaştırma testi ve korelasyon analizi ile parametreler arasındaki ilişkiler ortaya konulmaya çalışılmıştır. Çimlenme sonucunda elde edilen bulgular Kırık çeşidinin Odeska çeşidine göre daha iyi sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur. Veriler ayrıca MgO nanopartiküllerinin MgSO₄ uygulamasından daha iyi çimlenme karakteristikleri verdiğini göstermiştir. Sürgün ve kök oluşturmada da en iyi sonuçlar Kırık çeşidinden elde edilmiştir: Kırık çeşidinde sürgün uzunluğu 16,89 cm, Odeska çeşidinde ise 13,64 cm bulunmuş, buna karşın kök uzunluğu Kırık'de 13,73 cm, Odeska'da 10,50 cm olarak belirlenmiştir. MgO nanopartiküllerin uygulanmasından sürgün uzunluğu 15,48 cm, kök uzunluğu 12,45 cm olarak gözlenmiş, MgSO₄ uygulamasından ise bu değerler sırasıyla 15,05 cm ve 11,78 olarak tespit edilmiştir. Sürgün elde etmede dozlar karşılaştırıldığında; en uzun sürgünler 92,4 mg/L uygulamasından elde edilmiş (15,71 cm), bunu 545 mg/L (15,52 cm) ve 740 mg/L (15,41 cm) uygulamaları takip etmiş, en kısa sürgünler ise en yüksek konsantrasyon uygulaması olan 925 mg/L uygulamasından (14,8 cm) elde edilmiştir. Kök elde etmede de sürgün elde etmeye benzer değerler görülmüştür. Çalışma, sonucunda hem çimlenme ve hem de sürgün oluşturmada 92,4 – 185,0 – 370,0 – 545,0 – 740 mg/L konsantrasyonları arasındaki MgO nanopartikülleri ve MgSO₄ konsantrasyonlarının daha sonraki çalışmalar için tavsiye edilebileceği kararına varılmıştır. Daha sonraki araştırmalarda farklı nanopartiküllerin değişik konsantrasyonlarda buğday bitkisinin çimlenme, sürgün ve ticari üretim seviyesinde olumlu ve olumsuz etkilerini belirlemek önem arz etmektedir.

Anahtar kelimeler: Buğday, *Triticum aestivum* L., MgO nanopartikülleri, tohum çimlenmesi, fide gelişimi, sürgün ve kök oluşumu

ABSTRACT

THE EFFECT OF MAGNESIUM OXIDE (MgO) NANOPARTICLES AND MAGNESIUM SULPHATE (MgSO₄) ON WHEAT (*Triticum aestivum* L.) PLANT GERMINATION

KONDAK, Selahattin

Master Thesis, Department of Field Crops

Thesis Adviser: Assoc. Prof. Dr. Ahmet Metin KUMLAY

Temmuz 2019, 95 pages

The effect of nanoparticles on agricultural production and environmental protection is of great concern because of positive and negative reports about usage of these chemicals. Nowadays, many researches have been conducted to determine the impact of various nanoparticles on different plant species. The purpose of this study to investigate the influence of MgO nanoparticles and MgSO₄ with 0,0 – 92,4 – 185,0 – 370,0 – 545,0 – 740,0 – 925,0 mg/L concentrations on Kırık and Odeska bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. Research was carried out on Seed Laboratory of Atatürk University. Following observation was taken; germination percentage (%), germination rate (%), germination power (%), germination rate coefficient, mean germination time, germination power index, germination rate index, shoot length (cm), root length (cm), root number, shoot and root fresh weight (g), shoot and root dry weight (g). Results were evaluated according to Randomized Block Design with variance analysis, Duncan multiple comparison test and correlation analysis between parameters. Findings about germination revealed that Kırık genotype showed better performances compared to Odeska genotype. It is also clear from results that MgO nanoparticles illustrated better germination characteristics than MgSO₄ applications. Good results for shooting and rooting parameters were also obtained from Kırık genotype; shoot length of Kırık was 16,89 cm, Odeska was 13,64 cm, however, root length was 13,73 cm for Kırık, 10,50 cm for Odeska. Application of MgO nanoparticles 15,48 cm shoot length and 12,45 cm root length when compared to MgSO₄ (15,05 cm shoot length, 11,78 cm root length). When doses compared, the longest shoots were obtained from 92,4 mg/L (15,71 cm) and followed by 545 mg/L (15,52 cm), 740 mg/L (15,41 cm) and shortest shoots from 925 mg/L (14,8 cm). Similar results from doses were determined for rooting parameters. As a result of the study, Kırık genotype, both MgO nanoparticles and MgSO₄ with concentrations of 92,4 – 185,0 – 370,0 – 545,0 – 740 mg/L could be advised for germination and shoot regeneration parameters for future studies. It is also significant determine the influence of different nanomaterials with different concentrations and to reveal positive and negative effects on wheat plant under commercial scale production for future research.

Key words: Wheat, *Triticum aestivum* L., MgO nanoparticles, seed germination, plantlet growth, shoot and root development

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Son zamanlarda tarımsal üretimde nanopartiküllerin kullanımının artmasıyla birlikte, buğday bitkisinin ıslahı, tohumluk üretimi ve yetiştirilmesinde nanoteknolojinin kullanımına olan ilgi de gün geçtikçe artmaktadır. Klasik ve biyoteknolojik ıslah çalışmalarında etkin bir rejenerasyon için nanopartiküllerin kullanılabilmesi ve ticari üretime sunulmasının ekonomiye katkılar sağlayacağı düşünülmektedir. Bu amaçla, farklı doz oranlarındaki MgO nanopartikülleri ve MgSO₄'ün buğday tohumlarının çimlenmesi ve sürgün oluşturmaları üzerine etkilerin araştırılması hedef alınmıştır.

Tez çalışmam boyunca, her türlü desteği sağlayan, ilgi ve tecrübesini esirgemeyen danışman hocam, Sayın Doç. Dr. Ahmet Metin KUMLAY'a ve Bölüm Başkanımız Sayın Prof. Dr. Bünyamin YILDIRIM hocama en içten teşekkürlerimi sunarım.

Araştırmanın her aşamasında bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım hocam, Sayın Prof. Dr. Kamil HALİLOĞLU'na, yüksek lisansa başlamamda öncülük eden hocam, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Kiarash Afshar Pour REZAEİEH'e, gösterdiği yoğun ilgi ve desteklerinden dolayı çok değerli hocalarım Sayın Arş. Gör. Fatmagül BAGI'ya ve Sayın Öğr. Gör. Mehmet Zeki KOÇAK'a, laboratuvar çalışmaları sırasında yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşlarım Sayın Mustafa Güven KAYSİM'e, Sayın Hasan KOŞUNKARTAY'a ve Sayın Ismaeil ALSOUDAN'a, her zaman her konuda yanımda olan ve destekleyen çok değerli arkadaşım Sayın Gábor HERMAN'a, Iğdır'da kaldığım lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca maddi manevi destekte bulunan değerli büyüklerim, Sayın Halit YAĞCIOĞLU ve Sayın Yakup YAĞCIOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam boyunca, yanımda olan, sevgisini, ilgisini hiçbir zaman esirgemeyen, Sevgili Leila Ivett SIMON'a ve gösterdikleri büyük anlayış, sabır ve destekleriyle, her zaman yanımda olan emek ve dualarını esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

Selahattin KONDAK

IĞDIR-2019

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	8
3. MATERYAL ve METOT	18
3.1. Materyal	18
3.1.1. Kullanılan kimyasallar, cihazlar ve malzemeler	18
3.1.2. Bitki materyali	18
3.1.3. Kullanılan element ve doz oranları	19
3.2. Metot	19
3.2.1. Buğday tohumlarının yüzey sterilizasyonu	19
3.2.2. Sıvı solüsyonların hazırlanması	20
3.2.2.1. MgSO ₄ sıvı solüsyonların hazırlanması	20
3.2.2.2. MgO NP sıvı solüsyonların hazırlanması	20
3.2.3. Tohum çimlenmesi ve fide oluşumu	20
3.2.4. Magnezyum sülfat ve magnezyum oksit nanopartikül uygulamaları	21
3.2.4.1. Uygulanan dozlar ve oranları	21
3.2.4.2. Magnezyum oksit nanopartikül (MgO NP) uygulamaları	22
3.2.4.2.a. Kırık çeşidinde magnezyum oksit nanopartikül (MgO NP) uygulamaları	22
3.2.4.2.b. Odeska çeşidinde magnezyum oksit nanopartikül (MgO NP) uygulamaları	23

3.2.4.3. Magnezyum Sülfat (MgSO ₄) Uygulamaları	24
3.2.4.3.a. Kırık çeşidinde magnezyum sülfat (MgSO ₄) uygulamaları	24
3.2.4.3.b. Odeska çeşidinde magnezyum sülfat (MgSO ₄) uygulamaları	25
3.2.5. Araştırmada incelenen özellikler	26
3.2.5.1. Çimlenme ile ilgili özellikler	26
3.2.5.1.a. Çimlenme oranı (%)	26
3.2.5.1.b. Çimlenme hızı (%)	26
3.2.5.1.c. Çimlenme gücü (%)	26
3.2.5.1.ç. Çimlenme hızı katsayısı (ÇHK)	26
3.2.5.1.d. Ortalama çimlenme zamanı (OÇZ)	26
3.2.5.1.e. Çimlenme gücü indeksi (ÇGİ)	27
3.2.5.1.f. Çimlenme hızı indeksi	27
3.2.5.2. Fide ile ilgili özellikler	27
3.2.5.2.a. Sürgün uzunluğu (cm)	28
3.2.5.2.b. Kök uzunluğu (cm)	28
3.2.5.2.c. Kök sayısı (adet)	28
3.2.5.2.ç. Sürgün yaş ağırlığı (g)	28
3.2.5.2.d. Kök yaş ağırlığı (g)	28
3.2.5.2.e. Sürgün kuru ağırlığı (g)	28
3.2.5.2.f. Kök kuru ağırlığı (g)	28
3.3. Verilerin Değerlendirilmesi	28
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	29
4.1. Elde Edilen Çimlenme ve Fide Verilerinin Değerlendirilmesi	29
4.1.1. Çimlenme ile ilgili sonuçların değerlendirilmesi	29
4.1.1.1. Çimlenme oranı (%).....	30
4.1.1.2. Çimlenme hızı (%).....	31
4.1.1.3. Çimlenme gücü (%)	32
4.1.1.4. Çimlenme hızı katsayısı (ÇHK)	34
4.1.1.5. Çimlenme hızı indeksi (ÇHİ)	37
4.1.1.6. Ortalama çimlenme zamanı (gün)	38

4.1.1.7. Çimlenme gücü indeksi (ÇGİ)	41
4.1.2. Fide ile ilgili sonuçların değerlendirilmesi	44
4.1.2.1 Sürgün uzunluğu (cm)	45
4.1.2.2 Kök uzunluğu (cm)	46
4.1.2.3. Kök sayısı (adet)	49
4.1.2.4 Sürgün yaş ağırlığı (g)	52
4.1.2.5. Sürgün kuru ağırlığı (g)	55
4.1.2.6. Kök yaş ağırlığı (g)	57
4.1.2.7. Kök kuru ağırlığı (g)	60
4.2. Korelasyon Katsayıları İncelemeleri	63
4.2.1. Çimlenme oranı - Çimlenme hızı ilişkisi	63
4.2.2. Çimlenme oranı - Çimlenme gücü ilişkisi	64
4.2.3. Çimlenme oranı - Çimlenme hızı katsayısı ilişkisi	64
4.2.4. Çimlenme oranı - Çimlenme hızı indeksi ilişkisi	64
4.2.5. Çimlenme oranı - Ortalama çimlenme zamanı ilişkisi	64
4.2.6. Çimlenme oranı - Çimlenme gücü indeksi ilişkisi	64
4.2.7. Çimlenme oranı - Sürgün uzunluğu ilişkisi	64
4.2.8. Çimlenme oranı - Kök uzunluğu ilişkisi	65
4.2.9. Çimlenme oranı - Kök sayısı ilişkisi	65
4.2.10. Çimlenme oranı - Sürgün yaş ağırlığı ilişkisi	65
4.2.11. Çimlenme oranı - Sürgün kuru ağırlığı ilişkisi	65
4.2.12. Çimlenme oranı - Kök yaş ağırlığı ilişkisi	65
4.2.13. Çimlenme oranı - Kök kuru ağırlığı ilişkisi	65
4.2.14. Çimlenme hızı - Çimlenme gücü ilişkisi	65
4.2.15. Çimlenme hızı - Çimlenme hızı katsayısı ilişkisi	66
4.2.16. Çimlenme hızı - Çimlenme hızı indeksi ilişkisi	66
4.2.17. Çimlenme hızı - Ortalama çimlenme zamanı ilişkisi	66
4.2.18. Çimlenme hızı - Çimlenme gücü indeksi ilişkisi	66
4.2.19. Çimlenme hızı - Sürgün uzunluğu ilişkisi	66
4.2.20. Çimlenme hızı - Kök uzunluğu ilişkisi	66

4.2.21. Çimlenme hızı - Kök sayısı ilişkisi	66
4.2.22. Çimlenme hızı - Sürgün yaş ağırlığı ilişkisi	67
4.2.23. Çimlenme hızı - Sürgün kuru ağırlığı ilişkisi	67
4.2.24. Çimlenme hızı - Kök yaş ağırlığı ilişkisi	67
4.2.25. Çimlenme hızı - Kök kuru ağırlığı ilişkisi	67
4.2.26. Çimlenme gücü - Çimlenme hızı katsayısı ilişkisi	67
4.2.27. Çimlenme gücü - Çimlenme hızı indeksi ilişkisi	67
4.2.28. Çimlenme gücü - Ortalama çimlenme zamanı ilişkisi	68
4.2.29. Çimlenme gücü - Çimlenme gücü indeksi ilişkisi	68
4.2.30. Çimlenme gücü - Sürgün uzunluğu ilişkisi	68
4.2.31. Çimlenme gücü - Kök uzunluğu ilişkisi	68
4.2.32. Çimlenme gücü - Kök sayısı ilişkisi	68
4.2.33. Çimlenme gücü - Sürgün yaş ağırlığı ilişkisi	68
4.2.34. Çimlenme gücü - Sürgün kuru ağırlığı ilişkisi	68
4.2.35. Çimlenme gücü - Kök yaş ağırlığı ilişkisi	68
4.2.36. Çimlenme gücü - Kök kuru ağırlığı ilişkisi	69
4.2.37. Çimlenme hızı katsayısı - Çimlenme hızı indeksi ilişkisi	69
4.2.38. Çimlenme hızı katsayısı - Ortalama çimlenme zamanı ilişkisi	69
4.2.39. Çimlenme hızı katsayısı - Çimlenme gücü indeksi ilişkisi	69
4.2.40. Çimlenme hızı katsayısı - Sürgün uzunluğu ilişkisi	69
4.2.41. Çimlenme hızı katsayısı - Kök uzunluğu ilişkisi	70
4.2.42. Çimlenme hızı katsayısı - Kök sayısı ilişkisi	70
4.2.43. Çimlenme hızı katsayısı - Sürgün yaş ağırlığı ilişkisi	70
4.2.44. Çimlenme hızı katsayısı - Sürgün kuru ağırlığı ilişkisi	70
4.2.45. Çimlenme hızı katsayısı - Kök yaş ağırlığı ilişkisi	70
4.2.46. Çimlenme hızı katsayısı - Kök kuru ağırlığı ilişkisi	71
4.2.47. Çimlenme hızı indeksi - Ortalama çimlenme zamanı ilişkisi	71
4.2.48. Çimlenme hızı indeksi - Çimlenme gücü indeksi ilişkisi	71
4.2.49. Çimlenme hızı indeksi - Sürgün uzunluğu ilişkisi	71
4.2.50. Çimlenme hızı indeksi - Kök uzunluğu ilişkisi	71

4.2.51. Çimlenme hızı indeksi - Kök sayısı ilişkisi	71
4.2.52. Çimlenme hızı indeksi - Sürgün yaş ağırlığı ilişkisi	72
4.2.53. Çimlenme hızı indeksi - Sürgün kuru ağırlığı ilişkisi	72
4.2.54. Çimlenme hızı indeksi - Kök yaş ağırlığı ilişkisi	72
4.2.55. Çimlenme hızı indeksi - Kök kuru ağırlığı ilişkisi	72
4.2.56. Ortalama çimlenme zamanı - Çimlenme gücü indeksi ilişkisi	72
4.2.57. Ortalama çimlenme zamanı - Sürgün uzunluğu ilişkisi	72
4.2.58. Ortalama çimlenme zamanı - Kök uzunluğu ilişkisi	73
4.2.59. Ortalama çimlenme zamanı - Kök sayısı ilişkisi	73
4.2.60. Ortalama çimlenme zamanı - Sürgün yaş ağırlığı ilişkisi	73
4.2.61. Ortalama çimlenme zamanı - Sürgün kuru ağırlığı ilişkisi	73
4.2.62. Ortalama çimlenme zamanı - Kök yaş ağırlığı ilişkisi	74
4.2.63. Ortalama çimlenme zamanı - Kök kuru ağırlığı ilişkisi	74
4.2.64. Çimlenme gücü indeksi - Sürgün uzunluğu ilişkisi	74
4.2.65. Çimlenme gücü indeksi - Kök uzunluğu ilişkisi	74
4.2.66. Çimlenme gücü indeksi - Kök sayısı ilişkisi	74
4.2.67. Çimlenme gücü indeksi - Sürgün yaş ağırlığı ilişkisi	75
4.2.68. Çimlenme gücü indeksi - Sürgün kuru ağırlığı ilişkisi	75
4.2.69. Çimlenme gücü indeksi - Kök yaş ağırlığı ilişkisi	75
4.2.70. Çimlenme gücü indeksi - Kök kuru ağırlığı ilişkisi	75
4.2.71. Sürgün uzunluğu - Kök uzunluğu ilişkisi	76
4.2.72. Sürgün uzunluğu - Kök sayısı ilişkisi	76
4.2.73. Sürgün uzunluğu - Sürgün yaş ağırlığı ilişkisi	76
4.2.74. Sürgün uzunluğu - Sürgün kuru ağırlığı ilişkisi	76
4.2.75. Sürgün uzunluğu - Kök yaş ağırlığı ilişkisi	76
4.2.76. Sürgün uzunluğu - Kök kuru ağırlığı ilişkisi	77
4.2.77. Kök uzunluğu - Kök sayısı ilişkisi	77
4.2.78. Kök uzunluğu - Sürgün yaş ağırlığı ilişkisi	77
4.2.79. Kök uzunluğu - Sürgün kuru ağırlığı ilişkisi	77
4.2.80. Kök uzunluğu - Kök yaş ağırlığı ilişkisi	78

4.2.81. Kök uzunluğu - Kök kuru ağırlığı ilişkisi	78
4.2.82. Kök sayısı - Sürgün yaş ağırlığı ilişkisi	78
4.2.83. Kök sayısı - Sürgün kuru ağırlığı ilişkisi	78
4.2.84. Kök sayısı - Kök yaş ağırlığı ilişkisi	78
4.2.85. Kök sayısı - Kök kuru ağırlığı ilişkisi	79
4.2.86. Sürgün yaş ağırlığı - Sürgün kuru ağırlığı ilişkisi	79
4.2.87. Sürgün yaş ağırlığı - Kök yaş ağırlığı ilişkisi	79
4.2.88. Sürgün yaş ağırlığı - Kök kuru ağırlığı ilişkisi	79
4.2.89. Sürgün kuru ağırlığı - Kök yaş ağırlığı ilişkisi	80
4.2.90. Sürgün kuru ağırlığı - Kök kuru ağırlığı ilişkisi	80
4.2.91. Kök yaş ağırlığı - Kök kuru ağırlığı ilişkisi	80
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	81
KAYNAKLAR	85
ÖZGEÇMİŞ	96

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	Yüzde
Σ	Toplam
$^{\circ}\text{C}$	Santigrat derece
μM	Mikromolar
cm	Santimetre
dm^3	Desimetreküp
g	Gram
kHz	Kilohertz
kg	Kilogram
L	Litre
m	Metre
m^2	Metrekare
mg	Miligram
mm	Milimetre
mM	Milimolar
nm	Nanometre
pH	Toprak reaksiyonu
ppm	Milyonda bir
W	Watt

Kısaltmalar

Ag	Gümüş
Al_2O_3	Aluminyum oksit
Cd	Kadmiyum
CdCl_2	Kadmiyum klorit

CeO₂	Seryum (IV) oksit
Ce₂O₃	Seryum(III) oksit
Ch	Kitosan
CuO	Bakır (II) oksit
ÇG	Çimlenme gücü
ÇGİ	Çimlenme gücü indeksi
ÇH	Çimlenme hızı
ÇHİ	Çimlenme hızı indeksi
ÇHK	Çimlenme hızı katsayısı
ÇO	Çimlenme oranı
ET	Etilen
FeO₂	Demir dioksit
FeO₃	Demir(III) oksit
Fe₃O₄	Demir (II, III) oksit
FITC	Floresan izotiyosiyanat
FTIR	Kızılötesi spektroskopisi
ÇŞT	Çeşit
JA	Jasmonik asit
KS	Kök sayısı
KKA	Kök kuru ağırlığı
KU	Kök uzunluğu
KYA	Kök yaş ağırlığı
Mg	Magnezyum
MgO	Magnezyum oksit
MgSO₄	Magnezyum sülfat
NaOCl	Sodyum hipoklorit
NaOH	Sodyum hidroksit
NP	Nano Partikül
OÇZ	Ortalama çimlenme zamanı

SA	Salisilik asit
SD	Serbestlik derecesi
SEM	Taramalı elektron mikroskobu
SiO₂	Silikon dioksit
SKA	Sürgün kuru ağırlığı
SNP	Sodyum nitroprussid
SYA	Sürgün yaş ağırlığı
SU	Sürgün uzunluğu
TEM	Transmisyon elektron mikroskobu
TiO₂	Titanyum dioksit
UYG	Uygulama
XRD	X-ışını kırınımı
ZnO	Çinko oksit

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 1.1. Değişik Uzunluk Ölçüleri	3
Şekil 3.1. Kontrol, magnezyum nanopartikül ve magnezyum sülfat grubu uygulamaları	21
Şekil 3.2. Magnezyum oksit nanopartikül (MgO NP) uygulamalarının Kırık çeşidi üzerine etkisi	22
Şekil 3.3. Magnezyum oksit nanopartikül (MgO NP) uygulamalarının Odeska çeşidi üzerine etkisi	23
Şekil 3.4. Magnezyum sülfat (MgSO ₄) uygulamalarının Kırık çeşidi üzerine etkisi ..	24
Şekil 3.5. Magnezyum sülfat (MgSO ₄) uygulamalarının Odeska çeşidi üzerine etkisi	25
Şekil 3.6. İncelenmeye alınan fide örneklerinden bir görüntü	27
Şekil 4.1. Çeşitlerin, magnezyum uygulamaları ve dozlarının çimlenme hızı katsayılarına etkisi	35
Şekil 4.2. Çeşitlerin, magnezyum uygulamaları ve dozlarının ortalama çimlenme zamanlarına etkisi	39
Şekil 4.3. Çeşitlerin, magnezyum uygulamaları ve dozlarının çimlenme gücü indekslerine etkisi	42
Şekil 4.4. Çeşitlerin, magnezyum uygulamaları ve dozlarının kök uzunluklarına etkisi	47
Şekil 4.5. Çeşitlerin, magnezyum uygulamaları ve dozlarının kök sayılarına etkisi ..	50
Şekil 4.6. Çeşitlerin, magnezyum uygulamaları ve dozlarının sürgün yaş ağırlıklarına etkisi	53
Şekil 4.7. Çeşitlerin, magnezyum uygulamaları ve dozlarının sürgün kuru ağırlıklarına etkisi	56
Şekil 4.8. Çeşitlerin, magnezyum uygulamaları ve dozlarının kök yaş ağırlıklarına etkisi	59
Şekil 4.9. Çeşitlerin, magnezyum uygulamaları ve dozlarının kök kuru ağırlıklarına etkisi	61

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan kimyasallar, cihazlar ve malzemeler	18
Çizelge 3.2. Her iki buğday çeşidi için kullanılan uygulamalar ve doz oranları	19
Çizelge 4.1. MgO NP ve MgSO ₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarına ait veriler	29
Çizelge 4.2. MgO NP ve MgSO ₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının çimlenme oranlarına ilişkin varyans analiz sonuçları	30
Çizelge 4.3. MgO NP ve MgSO ₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının çimlenme hızlarına ilişkin varyans analiz sonuçları	31
Çizelge 4.4. MgO NP ve MgSO ₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının çimlenme güçlerine ilişkin varyans analiz sonuçları	32
Çizelge 4.5. MgO NP ve MgSO ₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının çimlenme hızı katsayılarına ilişkin varyans analiz sonuçları	34
Çizelge 4.6. MgO NP ve MgSO ₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının çimlenme hızı katsayılarına ilişkin sonuçları	35
Çizelge 4.7. MgO NP ve MgSO ₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının çimlenme hızı indekslerine ilişkin varyans analiz sonuçları	37
Çizelge 4.8. MgO NP ve MgSO ₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının ortalama çimlenme zamanlarına ilişkin varyans analiz sonuçları	38
Çizelge 4.9. MgO NP ve MgSO ₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının ortalama çimlenme zamanlarına ilişkin sonuçları	39
Çizelge 4.10. MgO NP ve MgSO ₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının çimlenme gücü indeklerine ilişkin varyans analiz sonuçları	41
Çizelge 4.11. MgO NP ve MgSO ₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının çimlenme gücü indekslerine ilişkin sonuçları	42
Çizelge 4.12. MgO NP ve MgSO ₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarına ait veriler	44

Çizelge 4.13. MgO NP ve MgSO ₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının sürgün uzunluklarına ilişkin varyans analiz sonuçları	45
Çizelge 4.14. MgO NP ve MgSO ₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının kök uzunluklarına ilişkin varyans analiz sonuçları	46
Çizelge 4.15. MgO NP ve MgSO ₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının kök uzunluklarına ilişkin sonuçları	47
Çizelge 4.16. MgO NP ve MgSO ₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının kök sayılarına ilişkin varyans analiz sonuçları	49
Çizelge 4.17. MgO NP ve MgSO ₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının kök sayılarına ilişkin sonuçları	50
Çizelge 4.18. MgO NP ve MgSO ₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının sürgün yaş ağırlıklarına ilişkin varyans analiz sonuçları	52
Çizelge 4.19. MgO NP ve MgSO ₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının sürgün yaş ağırlıklarına ilişkin sonuçları	53
Çizelge 4.20. MgO NP ve MgSO ₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının sürgün kuru ağırlıklarına ilişkin varyans analiz sonuçları	55
Çizelge 4.21. MgO NP ve MgSO ₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının sürgün kuru ağırlıklarına ilişkin sonuçları	56
Çizelge 4.22. MgO NP ve MgSO ₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının kök yaş ağırlıklarına ilişkin varyans analiz sonuçları	57
Çizelge 4.23. MgO NP ve MgSO ₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının kök yaş ağırlıklarına ilişkin sonuçları	58
Çizelge 4.24. MgO NP ve MgSO ₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının kök kuru ağırlıklarına ilişkin varyans analiz sonuçları	60
Çizelge 4.25. MgO NP ve MgSO ₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının kök kuru ağırlıklarına ilişkin sonuçları	61
Çizelge 4.26. MgO NP ve MgSO ₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarına ait korelasyon verileri	63

1. GİRİŞ

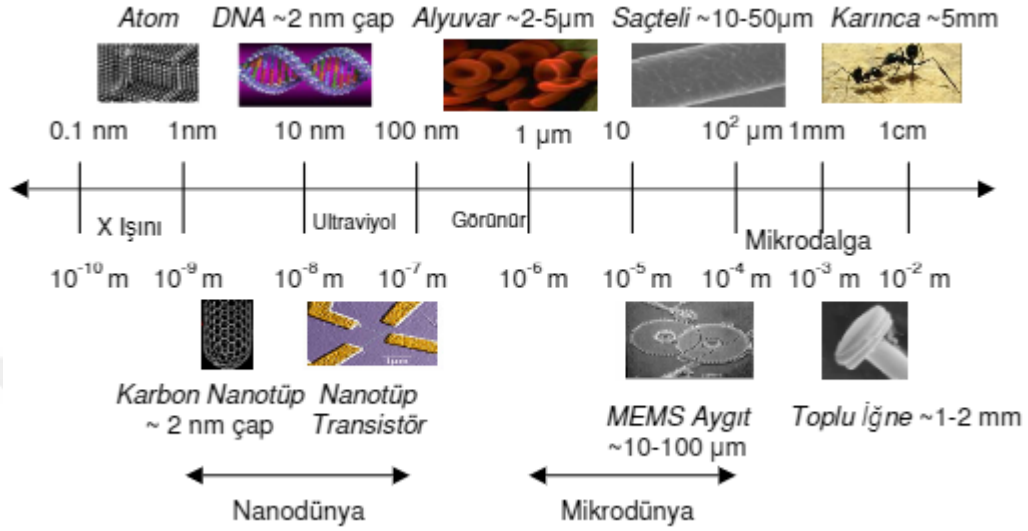
Tarım insanoğlunun hayatını sürdürülebilmesi için gerek duyduğu besinlerin üretimini üstlenmiştir. Yeryüzünde insanoğlunun tarımını yaptığı ürünler arasında tahıllar ilk sırada yer almaktadır. Bu nedenle tahılların insanoğlunun beslenmesinde yeri ve önemi azınsanmayacak kadar fazladır (Koşunkartay, 2019). Buğday bitkisi, yeryüzünde en yaygın yetişen tahıllardan birisi olup, 670,8 milyon tonluk üretim kapasitesiyle dünya nüfusunun üçte birinden fazlasını beslemektedir (Rahaie *et al.*, 2013; Shahzad *et al.*, 2013). Buğday, en çok ekmek, makarna, bulgur, erişte, kek ve bisküvilerde kullanılmaktadır (Eren *et al.*, 2015). Bu çalışmada kullanılmak üzere seçilen buğday (*Triticum aestivum* L.) bitkisi, sahip olduğu besin değeri, işlenme kolaylığı ve yüksek adaptasyon kabiliyeti dolayısıyla, dünyada ekiliş alanı ve üretim bakımından ilk sırada yer almaktadır. Buğday, dünya besin alım döngüsü içerisinde kendisine büyük oranda yer bulabilen bir bitki olması nedeniyle biyoteknolojik çalışması yoğun olarak yapılan bir bitkidir (Delporte *et al.*, 2001). Buğday bitkisi insan beslenme ihtiyacının karşılanmasında çok önemli bir yer teşkil eder. İçeriğinde yaklaşık %70 oranında nişasta bulundurması yanında tane içerisinde %8-15 oranında değişiklik gösteren protein içermesi yönünden de önemli bir yere sahiptir. Bunların yanı sıra bir buğday tanesinde bulunan yağ %1-5 oranındayken, şeker %1,5-3 seviyesinde, kül (mineral madde) %1-2 civarında, nem ise %11-13 oranında olduğu ifade edilmektedir. İçeriğinde bulunan bu önemli maddelerin yanı sıra, buğday tanesinde insan ve hayvan beslenmesinde önemli bir yere sahip olan vitaminlerin varlığı da söz konusudur (Kün, 1988). Bu derece stratejik bir ürün olan ve iyi bir biçimde besin zincirinde kendine yer etmeyi başaran bir bitki üzerine çok sayıda klasik ve biyoteknolojik çalışmalar yapılmasına rağmen, nanoteknoloji konusunda nanopartiküllerin etkisinin araştırılması üzerine çok az sayıda çalışma yapıldığı görülmektedir.

Yunan dilinde cüce anlamına gelmekte olan 'nano' kelimesi, herhangi bir fiziksel büyüklüğün bir milyarda birine tekabül eder. 1 nanometre (nm) metrenin bir milyarda biri olmakla beraber aynı zamanda 6 karbon atomu veya 10 su molekülünün eni kadar olduğu bilinmektedir. İnsan saçının bir teli yaklaşık olarak 80,000 nm genişliğinde ve kırmızı kan

hücresi de 7000 nm genişliğindedir (Sahoo *et al.*, 2007). Nanoteknolojinin, 1959 yılında ünlü fizikçi Richard Feynman'ın atomların ve moleküllerin, moleküler boyutlarda yeni malzeme ve cihazların üretilmesiyle kontrol edilebileceğini söylediği “there is a plenty of room at the bottom” (Aşağıda herkese yetecek yer var) adlı ünlü sözüyle ortaya çıktığı düşünülmektedir (Feynman, 1960; Sahoo *et al.*, 2007).

Nanoteknoloji, nano ölçekte fiziksel, biyolojik ve kimyasal olayların anlaşılması, kontrolü, üretimi ve taklit edilmesi amacı ile yapılan çalışmaları konu edinen multidisipliner bir bilim dalıdır. Nanoteknoloji bilim dalı çerçevesinde, özellikle 1 ile 100 nm boyut skalası dahilinde yer alan partiküllerle çalışmaların gerçekleştirildiği bilinmektedir. Bu yapılarda, nanokristaller, nanotüpler, nanoçubuklar, nanopartiküller, nanoteller gibi materyaller kendilerine yer bulmaktadır (Goldstain, 1997; Rao *et al.*, 2005). Nanoteknoloji, çeşitli alanlarda gelişen disiplinlerarası bir araştırma alanı olmakla birlikte, tarımda bitki koruma ve beslenmede, tarımsal uygulamalarda pestisit dağıtımını, nano-sensörleri, pestisit bozulmasını, mikro besinlerin verimli kullanımını vb. içermektedir (Ghormade *et al.*, 2011). Bilindiği üzere, olağandışı üstün fizikokimyasal özellikleri, yüksek yüzey/hacim oranı ve benzersiz nano boyut yapı özellikleri, birkaç inorganik ve organik metal oksit nanomalzemeleri ve TiO₂, ZnO, CuO gibi çeşitli hibrit nanomalzemeler sayesinde (Kalhapure *et al.*, 2015), grafen oksit (Chen *et al.*, 2014), ve Fe₃O₄-Ag manyetik nanoparçacıkları (Hemeg, 2017), biyomedikal uygulamalarda alternatif antibakteriyel maddeler olarak giderek daha fazla kullanılmaktadır (Liu *et al.*, 2014).

Günümüz dünyasında nanoteknolojik çalışmalar oldukça popüler olup, bilimsel araştırmalar için yeni bir alan teşkil etmektedir. Nanoteknolojik uygulamaların artmasıyla beraber nanomateryaller, pek çok tüketici ürünü için uygulanmaya başlanmıştır (Hanks *et al.*, 2015). Nanoteknoloji kısaca, atom ve moleküllerin bir araya getirilmesiyle nanometre ölçülerde işlevli yapıların oluşturulabilmesi şeklinde tanımlanmaktadır. Nanometrenin büyüklüğünün daha iyi anlaşılabilmesi amacı ile Şekil 1.1'de değişik uzunluk ölçüleri verilmiştir (Özer, 2008).



Şekil 1.1. Değişik uzunluk ölçüleri (Roco, 2005)

Nanopartiküller (NP'ler) içerdikleri eşsiz özellikleri nedeniyle; katalizörler, tıp, elektronikler, boya sanayi, ambalaj, biyo sensörler, kozmetikler, biyomühendislik, otomobil, boya hassasiyetli güneş pilleri, tekstil gibi alanlarda kullanıldığı bilinmektedir. Özel olarak medikal amaçlı NP'lerin kullanım imkanı bulabildiği alanlar hastalıkların daha kolay tanınabilmesi ve akabinde daha akılcı tedavi yöntemleri geliştirilmesi olarak tanımlanmaktadır. Tıpta NP'lerin bu şekilde kullanılıyor olması, özellikle nanoküreler kullanılarak yapılabilecek gen tedavilerini, kanser gibi son derece öldürücü olan hastalıkların daha erkenden teşhisi ve tedavisinin yapılabilmesini, hedefe yönelik ilaç taşınımı gibi çoğu alanlarda bilim insanlarına olanak sunmaktadır. Ayrıca NP'ler, sadece tıp alanında değil bunun yanında bilgisayarlar, bataryalar, elektronik cihazlar ve mobil iletişim sistemleri gibi alanlarda da mühendislik bilim dallarında da aktif bir biçimde kullanıldığı ön görülmüştür (Mboniyirivuze *et al.*, 2015). Nanoteknoloji, yenilenebilir enerji kaynakları ve temiz enerji üretimi amacıyla da kullanılarak, çevre kirliliğinin azaltılması, filtre olarak kullanılacak nanokatalizörler ile doğada mevcut olan kirletici materyallerin temizlenmesine yardımcı olarak çevrenin korunmasında rol oynayacaktır (Scott and Chen, 2002).

Tüm bunların yanı sıra NP'ler ile tarım ve gıda sektöründe de karşılaşma imkanı bulunabilmektedir. Gıdada işlenmiş gıdaların paketlenmesinde, mini sensör benzeri yapılar kullanılarak gıdaların raf ömrünün belirlenmesinde sıkça NP'lerin kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Tarımda NP'lerin kullanımında özellikle akıllı salınım sistemleri, gerçek zamanlı takip sistemleri ile yüksek verim, düşük pestisit, herbisit girişini sağlayacak çalışmalar kapsamında yerini almaktadır. Ayrıca yer altı sularının ve tarlaların temizlenmesi amacıyla da nanopartiküller kullanılmaktadır (Demirbilek, 2015). Ayrıca tarımda, nanoparçacıklar kontrollü ve yavaş salınan nanokompozit gübre üretmek için de kullanılabilir (Zhang *et al.*, 2017; Giroto *et al.*, 2017). İlerleyen zamanlarda, nano boyuttaki materyaller katalizör olarak kullanılarak, böceklerin ve istenmeyen yabancı otların ortadan kaldırılması amacıyla çok küçük dozlarda dahi etki edebilecek ürünler elde edilebilecektir (Scott and Chen, 2002). Kullanım alanlarının ve uygulamalarının artması; nanomateryallerin, çevre ile etkileşimlerinin önemli ölçüde artmasına sebebiyet vermektedir. Nanopartiküllerin yüksek yüzey-hacim oranı, elektronik yapı, ara yüzey reaktivitesi gibi belirgin derecede farklı fizikokimyasal özelliklerinin son derece farklı çevresel davranışlara ve etkilere sebep olabileceği öngörülmektedir (Ma and Wang, 2010). Ayrıca, ekosistemdeki çeşitli komponentlerle olan direkt etkileşimde mühendislik nanopartiküllerinin, kendileriyle birlikte bulunan kontaminantlarla çevredeki sonuçlarını ve taşınımalarını etkileyebilecek reaksiyonlarda bulunabilecekleri öngörülmektedir (Sun *et al.*, 2009).

Bir makro besin elementi olarak magnezyum, kloroplasttaki anahtar fotosentetik enzimlerin aktivitesini düzenleyen sentetik klorofil yolunun bir bileşeni olup; bitki büyümesinde ve fizyolojisinde de önemli bir rol oynamaktadır (Sawicki *et al.*, 2017; Chen and Fan, 2018). Mg eksikliği, Calvin döngüsünün verimliliğini ve indirgeyici gücün kullanımını azaltabilmekte ve fotosentetik elektron taşıma sisteminin aşırı doygunluğuna neden olabilmekte, böylece bitki büyümesini baskılayıp, dane verimini azaltabilmektedir (Stagnari *et al.*, 2011).

Mg elementi bitkilerde nükleofilik ligandlarla ilgili yapısal ve düzenleyici işlevleri olan temel katyonik bir makro besin olup (Shaul, 2002; Cakmak and Kirkby, 2008) diğer

mineral besin maddelerinden daha çok enzim aktive etmektedir (Epstein and Bloom, 2005). Mg aynı zamanda insan sağlığı için önemli bir mineral olup (de Baaij *et al.*, 2015) klorofil molekülünde merkezi atom olarak ve kritik fotosentetik enzimlerde aktivatör görevi olan, fotosentezde anahtar bir element olarak bilinmektedir (Wedding and Black, 1988; Portis, 1992; Marschner, 2012). Mg ayrıca, nükleik asitlerin ve ATP'nin işlevinde ve sentezinde gerekli elementlerden biridir (Sreedhara and Cowan, 2002; Igamberdiev and Kleczkowski, 2015).

20. yüzyılın ikinci yarısında, genel olarak yetiştirilen meyve ve sebzelerin Mg konsantrasyonlarının ortalama % 20-30 oranında azaldığı görülmüştür (Worthington, 2001). Tahıl tanelerinin Mg konsantrasyonları da son on yılda önemli bir ölçüde düşüş gösterirken, tahıl verimi artmıştır (Cakmak, 2013). Özellikle gelişmiş ülkelerde, düşük diyetli Mg alımı nüfusun üçte ikisine kadar, etkilendiği belirlenmiştir (Rosanoff, 2013). Besinlerin Mg alımına katkıda bulunmak için gıdaların Mg ile zenginleştirilmesi, insan sağlığı ve beslenmesi için önemli bir araştırma konusu olarak önem arz etmektedir (Cakmak, 2015).

Magnezyum oksit (MgO) metal oksitleri, sadece zorlu işlem koşulları altında kararlı olmadığından ve aynı zamanda genel olarak insanlara ve hayvanlara karşı güvenli materyaller olarak kabul edildiğinden, özel ilgi konusu olarak düşünülmektedir (Jung *et al.*, 2008). MgO, organik antibakteriyel maddelere kıyasla çok daha iyi bir antibakteriyel madde olarak kabul edilmektedir (Huang *et al.*, 2005; Fang *et al.*, 2006). MgO birçok uygulamaya sahip olan ilginç bir bazik oksittir. Örneğin, ultra ince, nano ölçekli parçacıkları ve yüksek spesifik yüzey alanlı MgO, toksik kimyasal etkin maddeler için yıkıcı adsorban olarak büyük umut vaat etmektedir. Nano ölçekli MgO, karakteristik yapıları nedeniyle benzersiz optik elektronik, manyetik, termal, mekanik ve kimyasal özellikler göstermektedir. Bu nedenle, nano ölçekli MgO, çok yönlü özelliklerine dayalı olarak kataliz, toksik atık giderme ve refrakter (ateşe ve yüksek ısıya dayanıklı) malzeme endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Sergeev, 2006; Rodriguez, 2007). Çok farklı inorganik metal oksitler arasında magnezyum oksit nanoparçacıkları (MgO NP'ler), toksik olmayan ve elde edilmesi nispeten kolay olan avantajlara sahip bir antibakteriyel

madde olduğu tespit edilmiştir (Cai *et al.*, 2018) Günümüzde MgO NP'ler tekstil, deterjan ve antimikrobiyal ajanlar vb. gibi birçok ticari üründe kullanılmaktadır. (Hayashi and Hakuta, 2010; Hou *et al.*, 2003). MgO NP'ler Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç İdaresi tarafından güvenli materyaller olarak kabul edilmektedir. Son gelişmeler malzemelerde ve ilaçlarda büyük potansiyele sahip göze çarpan gelişmelere yol açmıştır (Krishnamoorthy *et al.*, 2012). Örneğin, MgO NP'ler mide yanmasını hafifletebilir, kemik onarımı için yapı iskelelerinin aktivasyonunu başlatabilir ve kanser terapisinde hipertermi etkin maddesi olarak görev yapabilmektedirler (Martinez-Boubeta *et al.*, 2010). Daha yakın zamanda, Bindhu *et al.*, (2016), özellikle MgO NP'lerin kültür ortamında *Staphylococcus aureus* bakterisine karşı son derece belirgin antibakteriyel faaliyetlere sahip olduğunu bulmuştur. Önceki çalışmalar, *Pseudomonas aeruginosa* ve *Escherichia coli* hücre zarındaki peptit bağlantılarının, MgO NP'lerin yüzeyinde süperoksit iyonlarının üretilmesi ile tahrip olduğunu göstermiştir (Huang *et al.*, 2005). MgO NP'ler *E. coli*'nin hücre zarlarını bozabilir ve zarar verebilir, bu da hücre içi bozulmasına ve sonunda ölümüne neden olabilmektedir (Jin and He, 2011). Bunlarla birlikte, MgO NP'lerin bitki patojenik bakterilerine karşı antimikrobiyal özellikleri hakkında çok az şey bilinmektedir. Üstelik bakteri öldürücü etkin maddesi olarak MgO NP'lerin ayrıntılı mekanizması ve bitki hastalıklarını muhtemel bir şekilde kontrol etme yetenekleri henüz net değildir.

Tarımda nanomalzemelerin kullanılması olasılığı göz önüne alındığında, burada MgO NP'lerin çevresel sistemlere toksisitesine ilişkin artan endişenin göz ardı edilemeyeceğinden bahsetmek önemli bir konudur. Her durumda, bu nanoparçacıkların etkinliği, antimikrobiyal aktiviteleri ve mümkün olduğunca az bitki hücrelerini etkileme kabiliyetleriyle doğrudan ilgilidir (Cai *et al.*, 2018) Araştırmalar MgO NP'lerin domates bitkilerinde salisilik asit (SA), jasmonik asit (JA) ve etilen (ET) sinyal yollarını aktive ederek *R. solanacearum*'a karşı sistemik direnç gösterdiğini belirtmiştir (Imada *et al.*, 2016). Bu gerçekler kullanma olasılığını vurgulamakta ve mahsul korumada kimyasal böcek ilaçlarına etkin bir alternatif olarak MgO NP tercih edilebileceği vurgulanmıştır (Cai *et al.*, 2018). MgO NP'leri yer fıstığında fotosentezde bir artışa neden olmuş ve bu da ışığı emme ve kullanma yeteneğini arttırmıştır. Bununla birlikte, bu NP'ler antioksidan

sistemleri uyararak ve bitkilerin çimlenmesini ve büyümesini hızlandırmıştır (Mageshwari *et al.*, 2013). MgO NP'ler, maş fasulyesinin yaş ağırlığını ve karotenoid konsantrasyonunu artırdığı gözlemlenmiştir (Mahawar *et al.*, 2017). Bu nedenlerle, MgO NP'ler tarımsal uygulamalarda ümit vaat eden bir nano-gübre olabildiği, ancak, bugüne kadar, MgO NP'lerin tarımdaki uygulamaları hakkında çok az bilgi bulunduğu ön görülmüştür (Li *et al.*, 2019).

Bu tez çalışması, magnezyum oksit (MgO) nanopartikülleri ve magnezyum sülfat (MgSO₄) kimyasalının buğday (*Triticum aestivum* L.) bitkisinin çimlenme parametrelerine, daha sonraki aşamada fide gelişim özellikleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Buğdayın ihtiyaç duyduğu makro besin elementlerinden olan MgO nanopartikülleri ve MgSO₄'ün farklı doz oranlarının uygulanması ile buğday bitkisinin çimlenmesi ve fide gelişimi üzerine etkilerinin kontrollü bir şekilde gözlemlenmesi hedeflenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Canlı organizmalar arasında bulunan bitkiler ile ilgili nanopartikül uygulamalarını içeren çok sayıda bilimsel çalışma yapılmaktadır. Bitkilerin hücre duvarlarının sahip oldukları por çaplarının, genellikle deneysel çalışmalarda kullanılan nanopartiküllerin boyutlarına nazaran daha küçük olduğu bilinmektedir (Chichiriccò and Poma, 2015). Nanopartiküllerin bitki hücrelerine girişi için farklı yollar kullandığı tahmin edilmektedir. Bundan dolayı, bitkiler aquaporinleri (Miwa *et al.*, 2010), membran taşıma sistemlerini (Gojon *et al.*, 2009), çevresel besinlerdeki organik kimyasallara veya proteinlere taşıyıcı olarak tutunarak (Rico *et al.*, 2011), hücre duvarındaki yapısal maddelere çapraz bağlanıp yeni porlar oluştururlar (Fleischer *et al.*, 1999) ya da endositozu (Eggenberger *et al.*, 2009) kullanarak, nanopartikülleri hücre içine alabilirler. Bu şekilde kendilerine bir yol bulabilen NP yapılarının floem ve ksilem ile taşınarak bitki organizmalarında farklı dokularda birikim gösterebildiği sonucuna varılmıştır (Cifuentes *et al.*, 2010).

Nanopartiküllerin bitkiler üzerine etkileri konulu çalışmalar bugüne dek kısıtlı sayıda bitki ve nanopartikül türü ile gerçekleştirilmiştir. Nanopartiküllerin bitki büyümesine olan etkisinin merak ediliyor olması dolayısıyla bugüne kadar yapılmış olan çalışmaların çoğu bu alanda kendine yer bulmuştur (Rico *et al.*, 2011).

Son dönemlerde farklı nitelikler kazanan nano parçacıkların yoğun bir şekilde çalışılmasından ötürü, bu yapıların toksik etkilerinin olup olmadığı, toksik bir etkisi var ise nasıl bir mekanizmayla kendisini gösterdiği vs. gibi konular araştırılmaya başlanmıştır. Bu durum nanotoksikoloji olarak adlandırılan yeni bir bilim dalına kapıların açılmasını sağlamıştır. Nanotoksikolojinin bir konusu; üretilen ve mühendislik üretimi olarak bir şekilde doğaya salınan nanopartiküllerin insanlar, bitkiler ve hayvanlar üzerinde olumlu veya olumsuz etkilerini incelemektir. Genel olarak bu yapıların canlılar üzerine olumsuz etkilerde bulunduğu görülmüştür (Lin and Xing, 2007; Kumari *et al.*, 2011; Demir ve ark., 2014).

Nartop (2016), gümüş nanopartiküllerin antibakteriyel ve antiseptik uygulamalarda sıklıkla kullanıldığından söz ederek, gümüş nanopartiküllerin biyosentezi (yeşil sentez),

fiziksel ve kimyasal sentezlere alternatif olarak kullanılan bir yöntem olduğunu belirtmiştir. Yaptığı çalışmada, havaciva (*Alkanna tinctoria*) rizomlarının sulu ekstralarını gümüş nanopartikül biyosentezinde kullanmıştır. Kolloidal gümüş nanopartikül çözeltisini, ateş dikenini (*Pyracantha coccinea*) bitkisinin gövde eksplantlarının yüzey sterilizasyonunda kullanmış ve *in vitro* koşullardaki sterilizasyon başarısını incelemiştir. Elde ettiği bulgulara göre, yüzeysel sterilizasyon başarısında %10'luk NaOCl ve kolloidal gümüş nanopartikül çözeltisi uygulamalarında istatistiksel olarak fark görülmediğini tespit etmiştir. 20 dakikalık sterilizasyon uygulamasında ise gümüş nanopartiküller NaOCl ile aynı yüzeysel sterilizasyon etkinliğini (%53,70) gösterdiğini belirtmiştir.

Dobrucka (2016), yaptığı çalışmada, kara pelin otu (*Artemisia abrotanum*) bitki özü kullanarak MgO nanopartiküllerini üretmeyi amaçlamıştır. Çalışmasında, biyolojik olarak sentezlenen MgO nanopartikülleri, UV-görünür spektroskopi, Fourier dönüşümü, Kızılötesi spektroskopi (FTIR), X-ışını kırınımı (XRD), EDS profili, transmisyon elektron mikroskobu (TEM) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile karakterize etmiştir. XRD çalışmaları ile, MgO nanopartiküllerin saf monoklinik kristalit yapılarının oluştuğunu doğrulamış, MgO nanopartiküllerin ortalama büyüklüğünü 10 nm olarak bulmuştur. EDS profili magnezyum ve oksijenin sinyal karakteristiğini doğrulamış, MgO nanopartiküllerin stabilizasyonundan sorumlu aktif bileşiklerin varlığı FTIR analizi ile göstermiştir. Metil turuncunun (MO) indirgenmesinde sentezlenmiş nanopartiküllerin iyi katalitik aktivite gösterdiğini ve MgO nanopartiküllerinin çok iyi antioksidan özellikleri sergilediğini belirtmiştir.

Kumari *et al.* (2011), yapılan bir çalışmada soğan bitkisinin köklerine uyguladıkları dört farklı ZnO NP dozu sonucunda, NP yapılarının hem sitotoksik hem de genotoksik etki göstererek hücre bölünmesi oranında değişiklik oluşturduğunu kanıtlamışlardır. Bunun yanında mısır, salatalık gibi bitkiler üzerinde test edilen ZnO NP'lerinin de hem tohum oluşumunu hem de kök gelişimini belirli oranda engellediklerini saptamışlardır.

Mushtaq *et al.* (2011), salatalık bitkisi üzerine Fe₃O₄, TiO₂ ve karbonlu NP'lerin etlerini belirlemek için yaptıkları çalışmada, bu NP'lerin salatalık tohum çimlenme oranını ve kök uzamasını olumsuz yönde etkilediğini kaydetmişlerdir.

Lee *et al.* (2010), farekulağı teresi (*Arabidopsis thaliana*) bitkisi üzerine üç farklı dozda (400, 2000, 4000 mg/dm³) Al₂O₃, SiO₂, Fe₃O₄ ve ZnO NP'lerin etkilerini belirlemek için yaptıkları bir çalışmada; bu NP'lerden tohum çimlenmesi, yaprak sayısı ve kök uzaması üzerine en olumsuz etkiyi ZnO nanopartikül yapılarının gösterdiğini gözlemlemişlerdir. En düşük olumsuz etki Al₂O₃ yapısında gözlenirken, daha küçük boyutta olan nanopartiküllerin oluşturdukları tahribatın çok daha ciddi düzeyde olduğu saptanmıştır.

Kouhi *et al.* (2015), kanola bitkisi üzerine hem iyonik formdaki çinko, hem ZnO NP'leri, hem de yığın formdaki çinko yapıları üzerine etkilerini test etmişler, bu uygulamalardan büyüme engelleyici etki bakımından en çok etki gösteren yapı iyonik çinko formu olurken, nanopartikül yapısı bu anlamda en etkisiz uygulama olarak kaydedilmiş, ZnO NP'lerinin daha az toksik olduğu da vurgulanmıştır.

Prasad *et al.* (2012), nano ölçekli ZnO NP'lerinin, fıstık bitkisinin çimlenmesi, büyümesi ve verimi üzerine etkisini belirlemek için bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışma kapsamında 1000 ppm ZnO NP konsantrasyonunun, hem tohum çimlenmesinin sağlanmasında hem de bitki canlılığının korunmasında etkin bir role sahip olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, yüksek konsantrasyonunun (1000 ppm) çimlenme yüzdesi, fide gücü vb. gibi etkenler *in vitro* çalışmalar için uygun olduğunu kanıtlamışlardır. Bunun yanında düşük dozda uygulanan ZnO NP miktarının hem yapraklardaki klorofil sayısını artırdığı, hem de erken çiçeklenmeye neden olduğunu ifade edilmişlerdir. Ancak 2000 ppm dozunda uygulanan ZnO NP yapısını, ortaya çıkan inhibisyon etkisinin temel sebebi olarak nitelendirmişlerdir. ZnSO₄ yapısına kıyasla 15 defa daha düşük dozda etkinliğini gösterebilen nano ölçekteki ZnO NP formunun, özellikle doz ayarlamaları konusunda mantıklı bir yol izlenmesi gerektiğini ifade etmişlerdir.

Lin *et al.* (2008), çim bitkisi üzerinde ZnO NP yapısının hem hücre içerisine alımı hem de bitki içerisinde dağılımı ve birikimi ve aynı zamanda çim bitkisi üzerine toksik etkisi olup olmadığıyla ilgili bir çalışma yapmışlardır. Bu kapsamda ZnO NP varlığında bitkinin yeşil aksamında azalma, iyonik formdaki ZnO yapısının, ZnO NP yapısına kıyasla daha kolay alınabildiği için özellikle sürgünlerde bu yapının birikiminin daha fazla olduğunu gözlemlemişlerdir.

Zhang *et al.* (2011), nanopartiküllerin boyut ve derişimlerinin etkisinin değerlendirilmesi amacıyla yaptıkları bir çalışmada, seryum (IV) oksit (CeO_2) NP'lerini 7 nm ve 25 nm boyutlarında üretilmişlerdir. Ardından bu partiküller salatalık bitkisine uygulandığında, bitkinin 7 nm boyutundaki partikülü çok daha kolay ve fazla miktarda alabildiğini belirlemişlerdir.

Nadaroglu *et al.* (2016), yeşil sentez yoluyla elde ettikleri seryum (III) oksit (Ce_2O_3) NP'leri ile yaptıkları bir çalışmada, elde edilen seryum oksit nanopartiküllerin antioksidan aktivitelerine bakılmış ve bu nanopartiküllerin yüksek derecede antioksidant aktivite sergilediğini kaydetmişlerdir.

Shi *et al.* (2011), su mercimeği (*Landoltia punctata*) bitkisi üzerine CuO nanopartikül yapılarının test ettikleri bir çalışmada, nanopartikül uygulaması sonrasında bitki gelişiminin %50 oranında azaldığını saptamışlardır.

Lee *et al.* (2008), buğday (*Triticum aestivum* L.) ve maş fasulyesi (*Phaseolus radiatus*) bitkileri üzerinde CuO NP'lerini test etmişler, bu NP'lerin bitkilerin gelişimlerinde yavaşlamaya neden olduğunu ve ayrıca toksik etkilerinin belirgin olduğunu bildirmişlerdir.

Iannone *et al.* (2016), hem demir dioksit (FeO_2) hem de demir(III) oksit FeO_3 nanopartiküllerinin buğday (*Triticum aestivum* L.) gelişimi üzerine etkisini inceledikleri bir çalışmada, dört ayrı dozda uyguladıkları demir (II, III) oksit (Fe_3O_4) NP'lerini test etmişlerdir. Bu NP'lerin tohum çimlenme kabiliyetleri, klorofil içeriği ve bitki büyümesi üzerine olumsuz bir etkide bulunmadıklarını, ayrıca bu NP'lerin özellikle bitki köklerinin antioksidant metabolik süreçlerinde rol oynayan enzimlerin aktivitesini artırdıklarını tespit

etmişlerdir. Bu durum, her iki demir oksit NP yapısının da oksidatif stresi önlemede yardımcı bir rol üstlendiğini ve bu NP'lerin fitotoksik olmadığı, hatta tarımsal uygulamalarda kullanılabileceği sonucuna varmışlardır.

Li *et al.* (2019), pomelo (*Citrus maxima*) bitkisinin fidelerini 250, 500 ve 1000 mg/L konsantrasyonlarındaki MgO ve ZnO NP'lerine maruz bırakmışlar, bu NP'lerin zehir etkisini ve nano-gübre olarak kullanım potansiyellerini değerlendirmişlerdir. Çalışmada, her iki NP'lerin alımı, translokasyonu ve lipit peroksidasyonu ölçülmüş, en yüksek eşdeğer Mg^{2+} ve Zn^{2+} konsantrasyonlarına maruz kalan bitkilerinkilerle karşılaştırılmıştır. MgO nanopartikülleri köklerden sürgünlere taşınırken, ZnO nanopartiküllerinin translokasyonu düşük çıkmıştır. Tüm konsantrasyonlarda Mg^{2+} ve MgO'ya maruz kalma şiddetli toksisite ve güçlü oksidatif stres göstermiştir. ZnO nanopartikülleri sadece hafif toksisite gösterirken, Zn^{2+} yaprak damarlarında kloroz ve bitki sürgünlerinde güçlü oksidatif stres yaratmıştır. Sonuç olarak, MgO nanopartiküllerinin bitkiye toksisitesi, çözülmüş Mg^{2+} konsantrasyonundan kaynaklanırken, ZnO nanopartiküllerinin çözülmüş Zn^{2+} konsantrasyonu ile korelasyonu yoktur sonucuna varmışlardır. Elde edilen bulgulardan, MgO ve ZnO nanopartiküllerinin tarımda nano-gübre olarak geliştirilmesi ve uygulanması için önemli olduğunu bildirmişlerdir.

Faraji and Sepehri (2018), nitrik oksit (NO) donörü olarak sodyum nitroprussid (SNP) (0 ve 100 μ M) ve TiO_2 NP'ler (0, 500, 1000 ve 2000 mg/L), kadmiyum (Cd) stresi (0, 50 ve 100 mM $CdCl_2$) altında buğday tohumu çimlenmesi ve fide büyümesi üzerine inceleme yapmışlardır. Yüksek Cd stresi altında daha belirgin olan $CdCl_2$ konsantrasyonları, buğday çimlenme indekslerinde tohum maruziyeti bakımından, konsantrasyona bağlı düşüş eğilimleri gözlenmiş, SNP ve TiO_2 NP'ler normal şartlarda ve stres koşullarında çoğu çimlenme indeksini olumlu yönde etkilediğini belirtilmişlerdir. Çoğu durumda, TiO_2 NP'lerinin ve SNP konsantrasyonlarının kombine uygulaması, hem bileşiklerin uyarıcı fonksiyonunu arttırmış, hem de Cd işlemlerinin buğday tohumu çimlenmesi ve fide büyümesi üzerindeki olumsuz etkilerini hafifletmiş olduğunu tespit etmişlerdir. 2000 mg/L TiO_2 + SNP (100 μ M) konsantrasyonları, en düşük ve daha yüksek çimlenme indeksleri, Cd (50 ve 100 mM $CdCl_2$) stresi altında en iyi sonuçları kaydetmiştir.

Genel olarak, TiO₂ NP'lerinin SNP ile kombinasyon halinde uygulanmasının, Cd stresi altında buğday tohumu çimlenmesi ve erken büyüme üzerindeki olumsuz etkilerini önlemede ümit verici bir yaklaşım olabileceği sonucuna varmışlardır.

Solanki and Laura (2018), buğday tohumlarını ayrı ayrı, ZnO NP'leri, ZnSO₄ ve ZnO'nun farklı konsantrasyonlarında işleme tabi tutmuşlar ve tohum çimlenmesi, fide canlılığı, kök ve sürgün uzunluğu, yaş ve kuru ağırlık ile klorofil içeriği üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Yaptıkları bu inceleme ile birlikte, çinko oksit nanopartiküllerin, sürgün ve kök büyümesini, aynı zamanda klorofili artırmada olumlu etkileri olduğunu göstermişlerdir.

Doğaroğlu and Köleli (2017), çalışmalarında, buğdayın (*Triticum aestivum* L. Michelangelo) iki tip nanopartikül'ün (TiO₂ ve ZnO) farklı konsantrasyonlarında (0, 5, 10, 20, 40 ve 80 mg/L) denemeye almışlar; kök-sürgün uzaması, klorofil içeriği, metal alımı ve antioksidan enzim aktivitelerine etkilerini araştırmışlardır. Sonuçlarda, hem TiO₂ hem de ZnO nanopartiküllerinin kök ve sürgün uzamasını ve antioksidan enzimlerini etkilediklerini, TiO₂ ve ZnO nanopartiküllerinin tohum çimlenmesi üzerinde hiçbir etkilerinin olmadıklarını, tüm TiO₂ nanopartikül konsantrasyonlarının oksidatif strese neden olduğunu ve neticede her iki tip nanopartikülün buğday için toksik olduğu sonucuna varmışlardır.

Awasthi *et al.* (2017), yaptıkları çalışmada, ZnO nanopartiküllerinin etkisini, hidroponik ortamda yetiştirilen buğday (*Triticum aestivum* L.) bitkisi üzerinde test etmişlerdir. 50 mg/L'de ZnO NP'lerin tohum çimlenmesi, kök sayısı, bitki biyokütlesi ve genel kök, filiz ve sürgün büyümesi üzerinde olumlu etkisi olduğunu belirtmişlerdir. Bu bulgular neticesinde, mahsul üretimini arttırmak için tarımsal alanlarda da uygulanabilirliğine hükmetmişlerdir.

Nair *et al.* (2011), yaptıkları çalışmada, çimlendirilmiş tohumların, silika nanopartikülleri (SiO₂ NP'leri) ve FITC (Floresan izotiyosiyanat) etiketli silika nanoparçacıkları ile muamele edildiklerinde iyi çimlenme ve daha fazla büyümenin, kontrolünkine kıyasla daha iyi olduğunu gözlemlemişlerdir. Böylece silika

nanoparçacıklarının bitki biyolojisindeki farklı uygulamalar için güvenle kullanılabileceği sonucuna varmışlardır.

Moghadam *et al.* (2012), demir şelatlı nano gübrenin ıspanak (*Spinacia oleracea* L.) yaş ağırlığı üzerinde, yaprak alanı indeksi, büyüme hızı ve bitkilerin yaprak sayısı gibi büyüme parametrelerini artırarak, olumlu bir etkisi olduğunu gözlemlediklerini belirtmişlerdir.

Van *et al.* (2013), Kitosan nanopartiküllerinin (Ch NP'lerinin), robusta kahve (*Coffea canephora*) fidelerinin büyümesi üzerindeki etkileri üzerine yaptıkları çalışmada, kitosan nanopartiküllerinin, sap ve bitki boylarının yüksekliğini kontrole kıyasla optimal dozlarda artırabildiklerini kanıtlamışlardır. Kitosan nanopartikülleri ile muamele edilmiş bitkilerde, fotosentezi artıran klorofil içeriği üzerinde önemli bir etkinin olduğu ve besin alımını artırmada başarılı olduklarını belirtmişlerdir. Sonuç olarak, robusta kahve bitkisinde, kitosan nanopartikülleri ve kontrol grubunun karşılaştırılmasında, Ch NP'lerin, N, P, K, Ca ve Mg gibi besin konsantrasyonlarını artırdığını gözlemlemişlerdir.

Rawat *et al.* (2018), nanopartiküllerin buğday çimlenmesine etkilerini incelemek için yaptıkları çalışmada dört nanopartikül (TiO₂, ZnO, nikel ve kitosan) uygulaması seçmişlerdir. Çalışma, nanopartiküllerin uygulanmasının tohum çimlenmesini arttırmaya yardımcı olduğunu ortaya koymuş, 50 ppm konsantrasyonda nanopartiküller ile tohum muamelesinin, sürgün uzunluğunu, sürgün kuru ağırlığını, fide canlılık indekslerini ve kök uzunluğunu, 300 ppm konsantrasyonunda tohumla ıslatma işlemine kıyasla arttırdığını ortaya koymuşlardır. Bu çalışma, 4 saate kadar ıslanma işlemi gören tohumların, 6 ve 8 saate kıyasla daha iyi olduğunu, özellikle TiO₂, ZnO ve kitosan nanopartikülleri ile tohum ıslatma işleminin, buğday bitkisi üzerinde çimlenme ve fide büyüme indekslerini arttırdığını bildirmişlerdir.

Morla *et al.* (2011), domates (*Solanum lycopersicum*) bitkisi üzerinde yaptıkları çalışmalarında, 40 ppm'de çok duvarlı karbon nanotüplerin, kontrole kıyasla, en yüksek çimlenme yüzdesini, çimlenme süresini ve daha iyi sürgün uzunlukları olduğunu

göstererek, domates tohumlarının büyümesi üzerinde olumlu bir etkisi olacağını belirtmişlerdir.

Hafeez *et al.* (2015) yılında, bakır nanopartiküllerinin (Cu NP'lerinin) buğday kültür çeşidi olan Millat-2011'in, büyümesini ve verimini artırma potansiyelini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışma için çeşitli deneyler uygulamışlardır. Tohum çimlenmesi, Cu nanopartiküllerin 0.2 ila 0.8 ppm arasında etkilenmezken, Cu nanopartiküllerin 1.0 ppm'sinde önemli ölçüde azaldığını gözlemlemişlerdir. Cu NP'lerin 2 ppm'den yüksek konsantrasyonu, buğday için zararlı olduğunu fakat düşük konsantrasyonlardaki Cu NP'lerin (0,2-0,4-0,6-0,8 ve 1,0 ppm), kontrol bitkilerine kıyasla yaprak alanı, klorofil içeriği, yaş ve kuru ağırlık ve kök kuru ağırlığını önemli ölçüde artırmış olduğunu belirtmişlerdir. Cu NP'lerin (10, 20, 30, 40 ve 50 ppm) saksılardaki toprağa uygulanmasında, kontrol ile kıyasla buğdayın büyümesini ve verimini artırmış olduklarını, bununla birlikte, 30 ppm Cu NP'lerin, önemli derecede daha yüksek klorofil içeriği, yaprak alanı, başak sayısı/saksı, tane/başak sayısı, 100 tane ağırlığı ve tane verimi ürettiklerini belirtilmişlerdir. Sonuç olarak, Cu NP'lerin buğdayın büyümesini ve verimini artırma potansiyeline sahip olduğunu ancak etkilerinin konsantrasyona bağlı olduğunu ortaya koymuşlardır.

Hassan *et al.* (2012), yılında yaptıkları çalışmada, düşük nano boyutlardaki TiO₂ konsantrasyonlarının (2 ve 10 ppm), sürgün uzunluğu ve fide uzunlukları bakımından buğday fideleri üzerinde uyarıcı etkileri olduğunu ve daha yüksek nano boyutlardaki TiO₂ konsantrasyonunun, buğday fideleri üzerinde nötr etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Azimi *et al.* (2013) yaptıkları çalışmada, TiO₂ NP'lerini, kır ayrığı (*Agropyron desertorum*) tohumlarında 5 ppm'de kontrol ile karşılaştırdıklarında çimlenme oranını önemli ölçüde artırdığını, 80 ppm'de ise çimlenme oranında azalma olduğunu gözlemlemişlerdir. Sürgün, fide uzaması, kök ve en yüksek kök biyokütlesi gibi diğer parametreler 40 ppm nano titanyum dioksitte gözlemlendiğini belirtmişlerdir.

Jhansi *et al.* (2017), yaptıkları çalışmada, ıslah edilmiş boyutlarda (20-18,5-18-16,5 ve 15 nm) ve biyosentezlenmiş MgO NP'lerinin, tohum çimlenmesine uygulandığını

bildirmişlerdir. Daha küçük boyut (15 nm) MgO NP'ler, diğer MgO NP değerleri ve kontrol ile karşılaştırıldığında, tohum çimlenmesi ve büyüme parametrelerini artırdığını gözlemlemişlerdir. Magnezyum oksit NP'leri yer fıstığı tohumlarına nüfuz edip, tohum çimlenmesini ve büyüme hızı mekanizmasını etkilediğini belirtmişlerdir. Daha küçük boyuttaki (15 nm) MgO NP parçacıklarının, fidelerin gelişimini ve yer fıstığının büyümesini artırdığını ve sonuç olarak mevcut çalışmanın büyük ölçekli tarımsal üretimde, yer fıstığının yetiştirilmesinde yardımcı olacağını belirtmişlerdir.

Boonyanitipong *et al.* (2011), çeltik (*Oryza sativa*) tohumlarının çimlenmesi üzerinde yaptıkları çalışmada, farklı konsantrasyonlardaki ZnO NP'lerinin, çimlenmede herhangi bir olumsuz etki göstermediğini, ancak kök uzunluklarının olumsuz etkilendiğini ve büyümenin erken aşamalarında kök sayısının azaldığını bildirmişlerdir.

Yasmeen *et al.* (2015), ekmeklik buğday tohumlarının gümüş, bakır ve demir nanopartiküllerine maruz bırakılmasının, çimlenme ve fide canlılığı indeksine etkilerini laboratuvar ortamında incelemişlerdir. Sonuçlara göre, maksimum çimlenme yüzdesi demir nanopartikül uygulamasında iken, gümüş ve bakır nanopartiküllerine maruz kalan tohumların çimlenme yüzdesinde bir azalma görüldüğü, benzer şekilde demir nanopartikülleri uygulaması altında sürgün ve kök büyümesi artarken, bakır nanopartikülleri uygulaması altında kök ve sürgün uzunluğunda ciddi azalmanın olduğunu bildirmişlerdir. Buna göre; demirin buğdayın çimlenmesi ve büyümesi üzerinde uyarıcı etkisi varken, bakırın inhibe edici özelliği olduğu sonucuna varmışlardır.

Lin and Xing (2007), yaptıkları çalışmada ZnO nanopartiküllerinin yüksek konsantrasyonunda (2000 ppm), çimin, mısırın, turpun, kolza, marulun ve salatalığın kök büyümesinde azalma olduğunu bildirmişlerdir.

Ghodake *et al.* (2010), yaptıkları çalışmada, tüm konsantrasyonlarda karbon nanotüplerin *Brassica juncea* ve *Phaseolus mungo*'da yüzde 100 çimlenme yüzdesi gösterdiğini, özellikle *B. juncea*'nın 20 ppm'de, kök uzunluğunda ve kök sayısında önemli bir artış olduğunu, 40 ppm gibi daha yüksek konsantrasyonunda ise kök sayısında hafif bir azalma gözlemlendiğini belirtmişlerdir. *P. mungo*'nun fidelerinin morfolojisinin, köklerin,

sürgünlerin ve yaprakların canlılığının normal olduğunu, ancak karbon nanotüplerin artan konsantrasyonları ile sürgün ve kök uzunluklarında hafif bir azalma olduğunu gözlemlemişlerdir.



3. MATERYAL ve METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Kullanılan kimyasallar, cihazlar ve malzemeler

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan kimyasallar, cihazlar ve malzemeler.

Sıra	Kimyasallar	Cihazlar	Malzemeler
1	HCl (%1)	Saf Su Cihazı	Çimlendirme Kağıdı
2	HCl (%37)	Hassas Terazı	Çimlendirme Kabı
3	NaOH (%10)	pH-metre	Falkon Tüpü
4	NaOCl (%1)	Vorteks	Alüminyum Folyo
5		Fırın	Eppendorf Tüpü
6		Tohum Sayma Makinesi	Cetvel
7		Çalkalayıcı: Heidolph Titramax 100	
8		Kabin: Class I hepa filtreli çift kişilik	
9		Manyetik Karıştırıcı	
10		Otomatik Pipet	

3.1.2. Bitki materyali

Bu tez çalışması, Erzurum Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tohumluk Laboratuvarı'nda yürütülmüş olup, kullanılan bitki çeşitleri Erzurum Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tohumluk Laboratuvarı'ndan temin edilmiştir. Kullanılan çeşitler ekmeklik buğday olarak adlandırılan *Triticum aestivum* L. türünün Kırık ile Odeska çeşitleridir. Dolgun, beyaz tanelere sahip olan Kırık çeşidi, daha çok Doğu Anadolu Bölgesine önerilmekte olan kardeşlenme sayısı düşük bir bitki olarak bilinmektedir. Odeska ise, yüksek verimli ve yüksek kaliteli kırmızı sert ekmeklik buğday çeşidi olarak, soğuğa dayanıklılığı, kurağa ve sıcağa yüksek dayanıklılığı, sulu tarıma elverişliliği gibi özelliklerden dolayı yüksek adaptasyon kabiliyetine sahip bir bitki olarak bilinmektedir.

Çalışmada, her iki çeşitten 1204 (NR Grubu: 600, NP Grubu: 600, Kontrol: 4) olmak üzere, toplamda 2408 adet tohum kullanılmıştır.

3.1.2. Kullanılan element ve doz oranları

Çalışma, yedi değişik dozda MgO NP'leri, (0,0 – 92,4 – 185,0 – 370,0 – 545,0 – 740,0 – 925,0 mg/L) ve yedi değişik dozda MgSO₄, (0,0 – 92,4 – 185,0 – 370,0 – 545,0 – 740,0 – 925,0 mg/L) uygulaması olacak şekilde tasarlanmıştır.

Çizelge 3.2. Her iki buğday çeşidi için kullanılan uygulamalar ve doz oranları.

Kullanılan Kimyasallar ve Konsantrasyonları (mg/L)						
0	92,4	185,0	370,0	545,0	740,0	925,0
Kontrol	MgO NP	MgO NP	MgO NP	MgO NP	MgO NP	MgO NP
	NP-1	NP-2	NP-3	NP-4	NP-5	NP-6
Kontrol	MgSO ₄	MgSO ₄	MgSO ₄	MgSO ₄	MgSO ₄	MgSO ₄
	NR-1	NR-2	NR-3	NR-4	NR-5	NR-6

Not: NR grubu MgSO₄'ü, NP grubu ise MgO NP'leri temsil etmektedir.

3.2. Metot

3.2.1. Buğday tohumlarının yüzey sterilizasyonu

Çimlendirmede kullanılan tohumlar rastgele seçilmiş olup, üstlerine yapışmış olan tozlardan arındırılmak amacıyla musluk suyu altında yıkanmışlardır. Ardından %70'lik etil alkolde 5 dakika süreyle çalkalayıcı cihazında karıştırılması suretiyle muamele edilmiştir. Daha sonra steril kabin içerisinde alkolden çıkarılan tohumlar 3 defa saf su ile durulanmış, filtre kağıtların üzerinde kurutulmuşlardır. Devamında %1'lik sodyum hipoklorit (NaOCl - %20'lik ticari çamaşır suyu) çözeltisinde 30 dakika süreyle çalkalanarak inkübe edilmiştir. Tekrar steril kabin içerisinde tohumlar 3 defa saf su ile durulanarak işlem sonlandırılmıştır.

3.2.2. Sıvı solüsyonların hazırlanması

3.2.2.1. MgSO₄ sıvı solüsyonların hazırlanması

MgSO₄ solüsyonları, magnezyum sülfatın doğrudan deiyonize su içerisinde çözündürülmesi ve 15 dakika boyunca ultrasonik titreşim (100 W, 40 kHz) ile dağıtılması suretiyle hazırlanmıştır. Hazırlanmış olan ve (92,4 – 185,0 – 370,0 – 545,0 – 740,0 – 925,0 mg/L) konsantrasyonundaki magnezyum sülfat sıvı solüsyon pH'ları istenen oranda (5,5-7,00) olduğundan, her 50 ml'lik falkon tüpü içeriği saf su yardımıyla 50 ml'ye tamamlanarak işlem sonlandırılmıştır.

3.2.2.2. MgO NP sıvı solüsyonların hazırlanması

Çalışmada kullanılacak olan MgO NP solüsyonları, magnezyum oksit nanopartiküllerinin doğrudan deiyonize su içerisinde çözünemediğinden dolayı, uygulamada kullanılacak oranlarda (4,62 mg/50ml, 9,25 mg/50ml, 18,50 mg/50ml, 27,25 mg/50ml, 37,00 mg/50ml, 46,25 mg/50ml) ayrı ayrı eppendorf tüpüne eklenmiş, üzerlerine çözünmeyi sağlayacak miktarlarda hidroklorik asit (%37'lik HCl) ilave edilmiştir. Ardından, her bir eppendorf tüpü ayrı ayrı numaralandırılmış 50 ml'lik falkon tüpleri içerisine eklenmiş, her bir falkon tüpü 15 dakika boyunca vorteks kullanılarak ultrasonik titreşime (100 W, 40 kHz) tabi tutulmuştur. Oluşan solüsyon pH'ları, asidik olmasından dolayı, pH-metre yardımıyla istenilen değere (5,5-7,00) getirilmek için sodyum hidroksit (NaOH - %10) ve hidroklorik asit (HCl - %1) kullanılmıştır. Solüsyon miktarları saf su yardımıyla 50 ml'ye tamamlanarak işlem sonlandırılmıştır. Solüsyonlar, nanopartiküllerin dibe çökmesini önlemek için kullanımdan önce küçük manyetik çubuklar kullanılarak 1 dakika boyunca karıştırılmıştır.

3.2.3. Tohum çimlenmesi ve fide oluşumu

25 adet sterilleştirilmiş tohumlar, her bir çimlendirme kabı içerisindeki, otomatik pipet kullanılarak 3 ml test çözeltisi ile nemlendirilmiş çimlendirme kağıtları üzerine eşit şekilde dizilmiştir. Çimlendirme kapları on dört gün boyunca 25 °C'de bir odaya yerleştirilmiş, farklı dozlardaki MgO NP'leri ve MgSO₄ uygulanmıştır. Çimlenme verileri,

her 24 saatte bir kaydedilmiş, sürgün uzunluğu 1 mm'ye ulaştığı zaman, tohumlar çimlenmiş kabul edilmiştir. Maruz kalmanın sonunda, her bir çimlendirme kabı içerisinde 5 adet tesadüfi olarak seçilen örneklerin, çimlendirme parametreleri incelenmiştir.

3.2.4. Magnezyum sülfat ve magnezyum oksit nanopartikül uygulamaları

3.2.4.1. Uygulanan dozlar ve oranları

Çalışmada kontrol, magnezyum nanopartikül ve magnezyum sülfat grubu uygulamaları (Şekil 3.1) kullanılmıştır. Dozlar, NP 1 grubu - 4,62 mg/50ml, NP 2 grubu - 9,25 mg/50ml, NP 3 grubu - 18,50 mg/50ml, NP 4 grubu - 27,25 mg/50ml, NP 5 grubu - 37,00 mg/50ml, NP 6 grubu - 46,25 mg/50ml; NR 1 grubu - 4,62 mg/50ml, NR 2 grubu - 9,25 mg/50ml, NR grubu - 18,50 mg/50ml, NR 4 grubu - 27,25 mg/50ml, NR 5 grubu - 37,00 mg/50ml, NR 6 grubu - 46,25 mg/50ml ve kontrol grubu - 0 mg/50ml olarak uygulanmıştır.

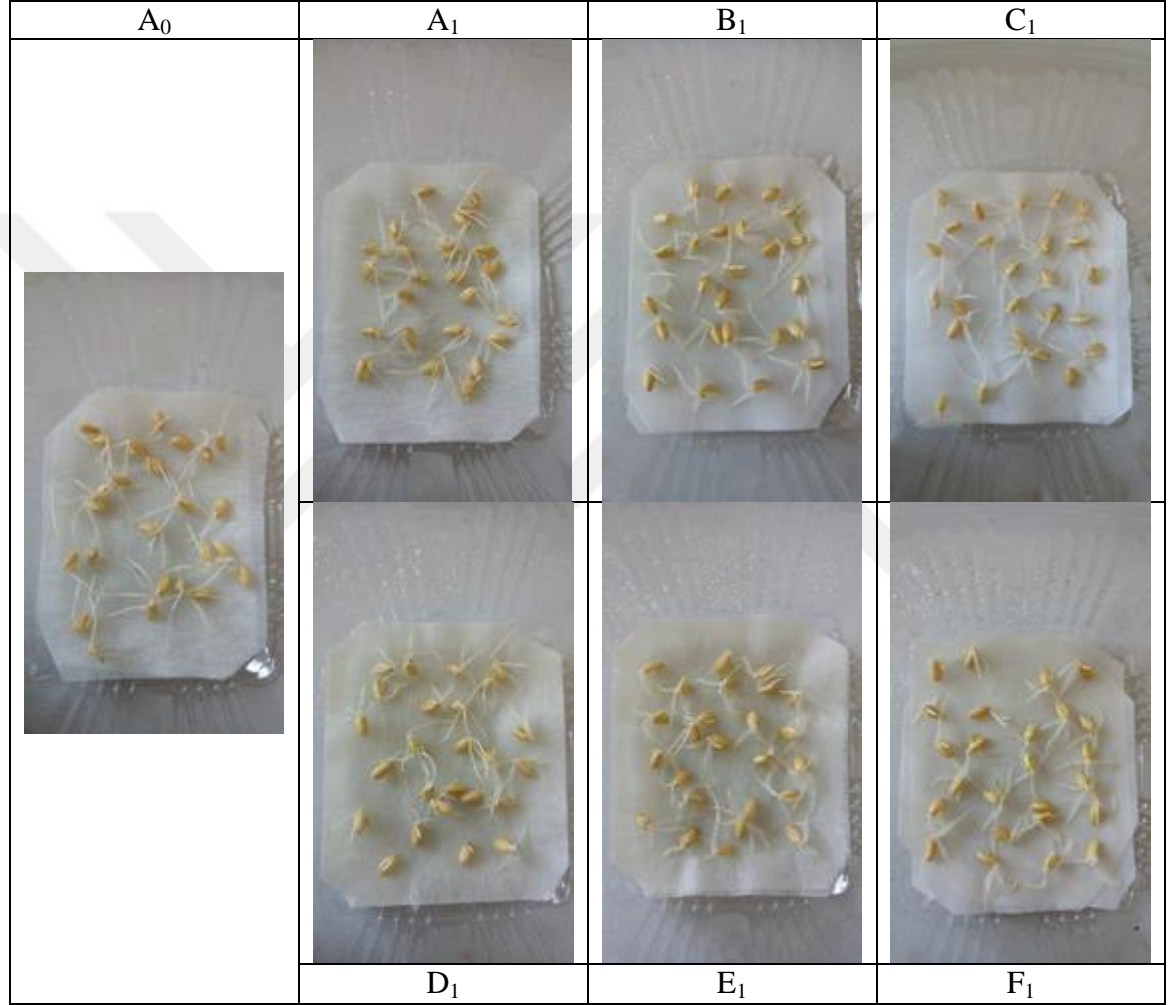


Kısaltmalar: K: Kontrol, NP: Magnezyum nanopartikül, NR: Magnezyum sülfat.

Şekil 3.1. Kontrol, magnezyum nanopartikül ve magnezyum sülfat grubu uygulamaları

3.2.4.2. Magnezyum oksit nanopartikül (MgO NP) uygulamaları

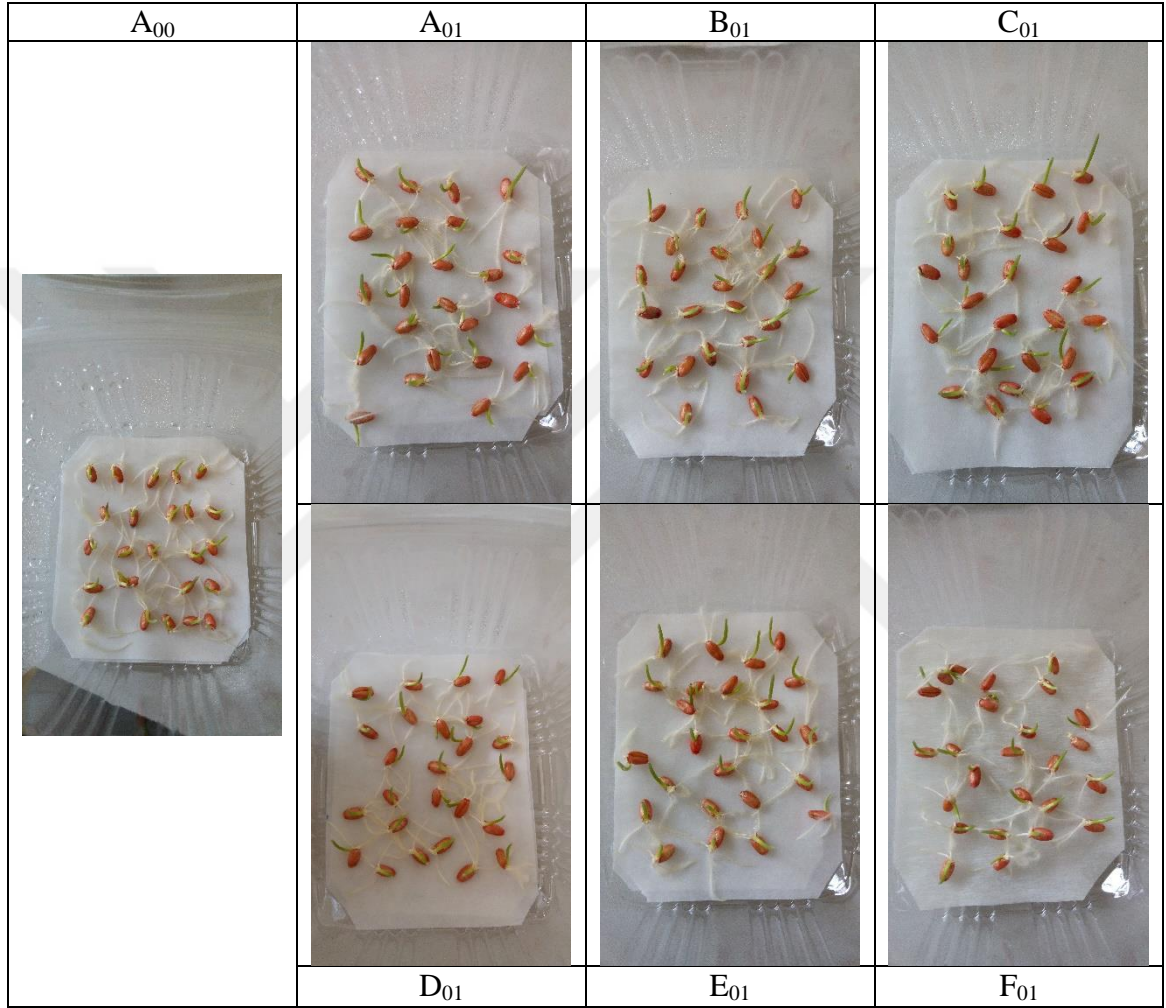
3.2.4.2.a. Kırık çeşidinde magnezyum oksit nanopartikül (MgO NP) uygulamaları



Kısaltmalar: A₀: Kontrol grubu, A₁: NP 1 grubu, B₁: NP 2 grubu, C₁: NP 3 grubu, D₁: NP 4 grubu, E₁: NP 5 grubu, F₁: NP 6 grubu.

Şekil 3.2. Magnezyum oksit nanopartikül (MgO NP) uygulamalarının Kırık çeşidi üzerine etkisi

3.2.4.2.b. Odeska çeşidinde magnezyum oksit nanopartikül (MgO NP) uygulamaları

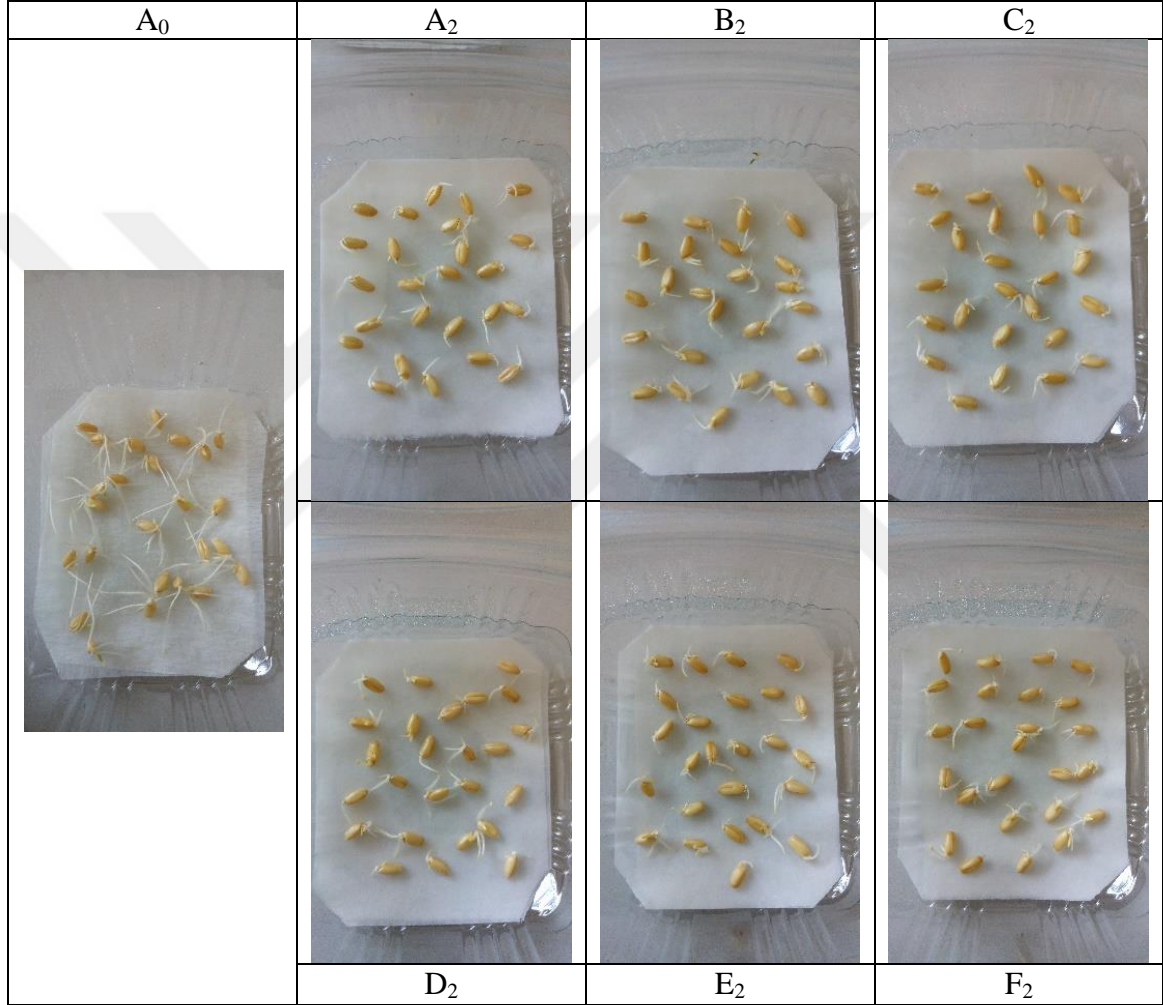


Kısaltmalar: A₀₀: Kontrol grubu, A₀₁: NP 1 grubu, B₀₁: NP 2 grubu, C₀₁: NP 3 grubu, D₀₁: NP 4 grubu, E₀₁: NP 5 grubu, F₀₁: NP 6 grubu.

Şekil 3.3. Magnezyum oksit nanopartikül (MgO NP) uygulamalarının Odeska çeşidi üzerine etkisi

3.2.4.3. Magnezyum sülfat ($MgSO_4$) uygulamaları

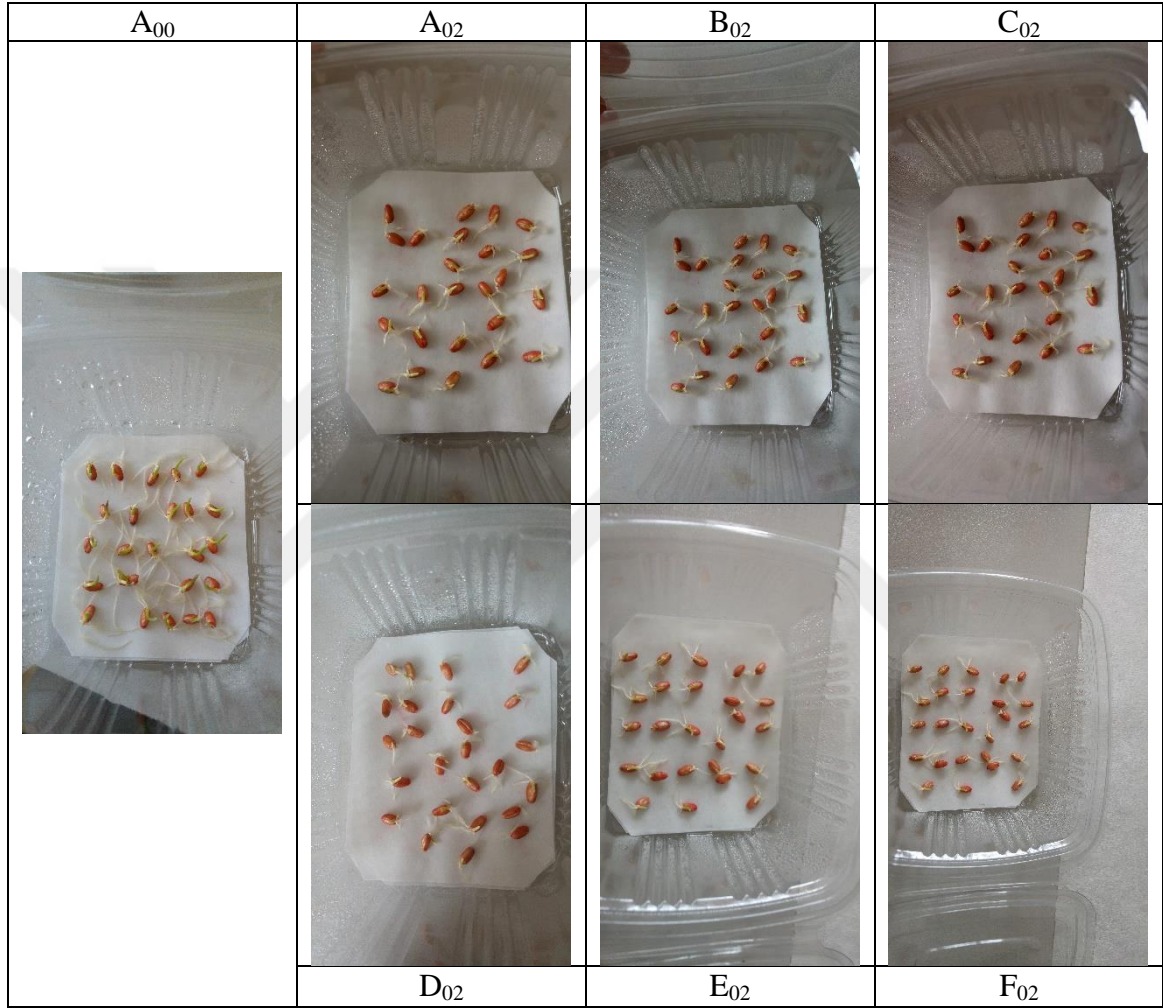
3.2.4.3.a. Kırık çeşidinde magnezyum sülfat ($MgSO_4$) uygulamaları



Kısaltmalar: A₀: Kontrol grubu, A₂: NR 1 grubu, B₂: NR 2 grubu, C₂: NR 3 grubu, D₂: NR 4 grubu, E₂: NR 5 grubu, F₂: NR 6 grubu.

Şekil 3.4. Magnezyum sülfat ($MgSO_4$) uygulamalarının Kırık çeşidi üzerine etkisi

3.2.4.3.b. Odeska çeşidinde magnezyum sülfat ($MgSO_4$) uygulamaları



Kısaltmalar: A₀₀: Kontrol grubu, A₀₂: NR 1 grubu, B₀₂: NR 2 grubu, C₀₂: NR 3 grubu, D₀₂: NR 4 grubu, E₀₂: NR 5 grubu, F₀₂: NR 6 grubu.

Şekil 3.5. Magnezyum sülfat ($MgSO_4$) uygulamalarının Odeska çeşidi üzerine etkisi

3.2.5. Araştırmada incelenen özellikler

3.2.5.1. Çimlenme ile ilgili özellikler

3.2.5.1.a. Çimlenme oranı (%)

Tohumlar çimlendirme ortamına konulduktan sonra 14 gün süreyle her gün sayım yapılmak suretiyle, çimlenme oranı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır (AOSA, 1983);

$$\text{Çimlenme oranı} = (\text{Çimlenen toplam tohum sayısı} / \text{toplam tohum sayısı}) \times 100 \quad (3.1)$$

3.2.5.1.b. Çimlenme hızı (%)

Çimlenme hızı aşağıdaki formül kullanılarak belirlenmiştir. Burada (n_1, \dots, n_4) 4. güne kadar günlük çimlenen tohum sayısını; t_1, \dots, t_4 ise çimlenmenin gerçekleştiği gün sayısını ifade etmektedir (Elkoca, 1997).

$$\text{Çimlenme hızı} = n_1/t_1 + n_2/t_2 + \dots + n_n/t_n \quad (3.2)$$

3.2.5.1.c. Çimlenme gücü (%)

Çimlenme gücü aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır. Burada (n_1, \dots, n_8) 8. güne kadar günlük çimlenen tohum sayısını; t_1, \dots, t_8 ise çimlenmenin gerçekleştiği gün sayısını göstermektedir (Elkoca, 1997).

$$\text{Çimlenme gücü} = n_1/t_1 + n_2/t_2 + \dots + n_n/t_n \quad (3.3)$$

3.2.5.1.ç. Çimlenme hızı katsayısı (ÇHK)

Formülde T_i , denemenin başladığı günden itibaren gün sayısı, N_i ise gün başına çimlenen tohum sayısı (Maguire, 1962) olmak üzere aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$\text{ÇHK} = \sum N_i / \sum N_i T_i \times 100 \quad (3.4)$$

3.2.5.1.d. Ortalama çimlenme zamanı (OÇZ)

Ortalama çimlenme zamanı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır. Formüldeki f , sayım günündeki çimlenen tohum sayısını; x , sayım yapılan gün sayısını göstermektedir (Moradi Dezfuli *et al.*, 2008).

$$\text{OÇZ (gün)} = \sum (fx) / \sum f \quad (3.5)$$

3.2.5.1.e. Çimlenme gücü indeksi (ÇGİ)

Çimlenme gücü indeksini hesaplamak için aşağıdaki formül esas alınmıştır (Abdul-Baki and Anderson, 1970):

$$\text{ÇGİ} = (\text{ortalama sürgün uzunluğu} + \text{ortalama kök uzunluğu}) \times \text{toplam çimlenme yüzdesi} \quad (3.6)$$

3.2.5.1.f. Çimlenme hızı indeksi (ÇHİ)

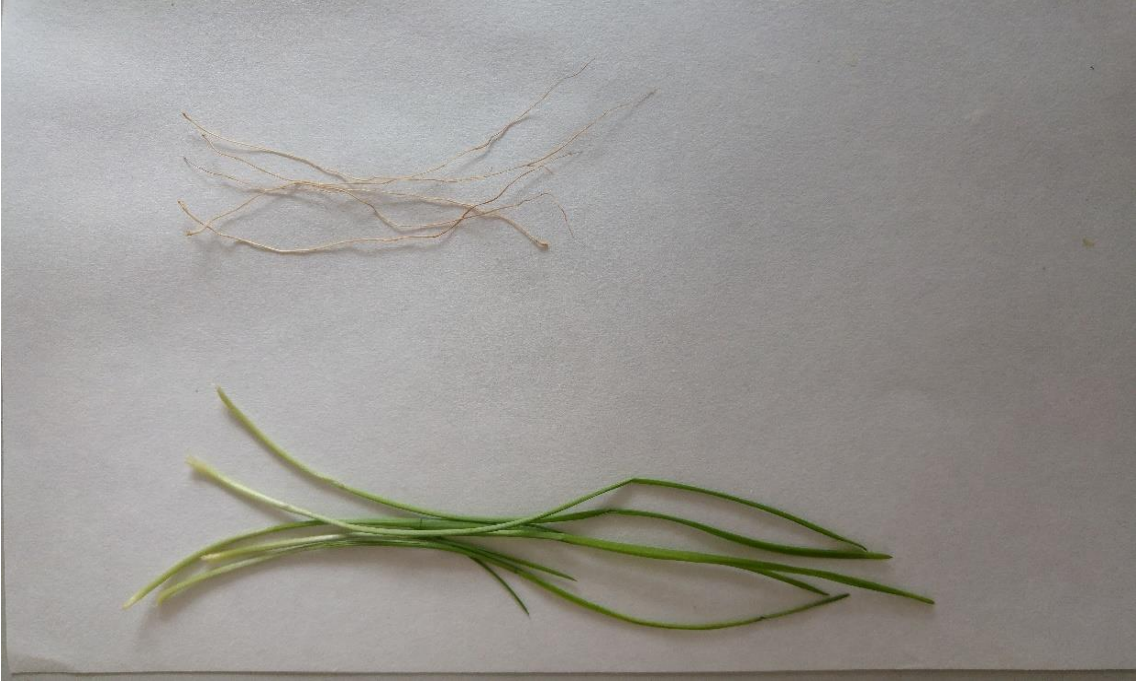
Aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{ÇHİ} = (N_i) / (T_i)$$

Formülde T_i , denemenin başladığı günden itibaren gün sayısı, N_i ise gün başına çimlenen tohum sayısı (Maguire, 1962). (3.7)

3.2.5.2. Fide ile ilgili özellikler

Tohumlar çimlendirme ortamına konulduktan sonra 14. günün sonunda her çimlendirme kabından 5'er fide şansa bağlı olarak alınmış ve bunlarda aşağıdaki özellikler incelenmiştir:



Şekil 3.6. İncelenmeye alınan fide örneklerinden bir görüntü

3.2.5.2.a. Sürgün uzunluğu (cm)

Bitkinin tohum ile sürgün ucu arasındaki uzunluğunun ölçülmesi milimetrik cetvel ile yapılmıştır. (3.8)

3.2.5.2.b. Kök uzunluğu (cm)

Köklerin uzunluğu milimetrik cetvel kullanılarak ölçülmüştür. (3.9)

3.2.5.2.c. Kök sayısı (adet)

14. günün sonunda her çimlendirme kabından şansa bağlı olarak alınan 5'er fidenin toplam kök sayısı sayılmıştır. (3.10)

3.2.5.2.ç. Sürgün yaş ağırlığı (g)

Şansa bağlı olarak alınan 5'er fidenin, sürgün yaş ağırlıkları hassas terazi ile tartılarak ortalaması alınmıştır. (3.11)

3.2.5.2.d. Kök yaş ağırlığı (g)

Şansa bağlı olarak alınan 5'er fidenin, kök yaş ağırlıkları hassas terazi ile tartılarak ortalaması alınmıştır. (3.12)

3.2.5.2.e. Sürgün kuru ağırlığı (g)

Yaş ağırlıkları alınan sürgünler, kurutma fırınında 72 °C sıcaklıkta kurutulduktan sonra hassas terazi ile tartılarak ortalaması alınmıştır. (3.13)

3.2.5.2.f. Kök kuru ağırlığı (g)

Yaş ağırlıkları alınan kökler, kurutma fırınında 72 °C sıcaklıkta kurutulularak, hassas terazi ile tartılarak ortalaması alınmıştır. (3.14)

3.3. Verilerin Değerlendirilmesi

Deneme 4 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Elde edilen veriler, tesadüf parselleri deneme desenine uygun olarak SAS v9.4 istatistik paket programı ile varyans analizi yapılarak ve çeşitlere ait ortalamaların karşılaştırılmasında %1 ve %5 önemlilik düzeyine göre Duncan çoklu karşılaştırma testi ile gruplandırma yapılmıştır. Parametreler arasındaki bağlantıları karşılaştırıp değerlendirmek için Korelasyon Analizi kullanılmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Elde Edilen Çimlenme ve Fide Verilerinin Değerlendirilmesi

4.1.1. Çimlenme ile ilgili sonuçların değerlendirilmesi

Çimlenme ile ilgili elde edilen veriler her başlık altında değerlendirilmiş, daha sonra mevcut kaynaklarla kıyaslama yapılmıştır. Genel ortalamalar Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. MgO NP ve MgSO₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarına ait veriler

Varyasyon Kaynağı	ORTALAMALAR							
	ÇO	ÇH	ÇG	ÇHK	ÇHİ	OÇZ	ÇGİ	
Ç	Odeska	98,36	98,00	98,36	84,00a	0,23	1,20b	2370,77b
	Kirik	98,50	98,29	98,50	52,16b	0,23	1,92a	3016,30a
MU	MgSO ₄	98,79	98,64	98,79	68,35	0,24	1,53b	2648,79b
	MgO NP	98,07	97,64	98,07	67,81	0,23	1,59a	2738,28a
UD (mg/L)	0	99,00	98,50	99,00	64,73c	0,24	1,62a	2548,47d
	92,4	97,75	97,50	97,75	66,43bc	0,23	1,59ab	2915,25a
	185	98,75	98,25	98,75	67,84abc	0,24	1,57abc	2813,87ab
	370	98,75	98,75	98,75	70,45a	0,24	1,51c	2765,41bc
	545	98,25	98,00	98,25	69,12ab	0,23	1,55bc	2649,25dc
	740	99,00	98,75	99,00	68,17abc	0,24	1,55bc	2600,52d
	925	97,50	97,25	97,50	69,81ab	0,23	1,53bc	2561,99d

Kısaltmalar: Ç: Çeşit, MU: Magnezyum Uygulamaları, UD: Uygulama Dozları, ÇO: Çimlenme Oranı (%), ÇH: Çimlenme Hızı (%), ÇG: Çimlenme Gücü (%), ÇHK: Çimlenme Hızı Katsayısı, ÇHİ: Çimlenme Hızı İndeksi, OÇZ: Ortalama Çimlenme Zamanı (gün), ÇGİ: Çimlenme Gücü İndeksi.

4.1.1.1. Çimlenme oranı (%)

Çizelge 4.2. MgO NP ve MgSO₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının çimlenme oranlarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değerleri
Çeşit (Ç)	1	0,57	0,57	0,08
Mg Uygulamaları (MU)	1	14,29	14,29	1,97
Uygulama Dozları (UD)	6	35,43	5,90	0,82
Ç x MU	1	20,57	20,57	2,84
Ç x UD	6	91,43	15,24	2,11
UD x MU	6	17,71	2,95	0,41
Ç x UD x MU	6	23,43	3,90	0,54
Hata	84	608,00	7,24	
Toplam	111	811,43		

Verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme oranına çeşidin etkisi, magnezyum uygulamalarının etkisi, uygulama dozlarının etkisi ile çeşit x magnezyum uygulamaları interaksyonu, çeşit x uygulama dozları interaksyonu, uygulama dozları x magnezyum uygulamaları interaksyonu ve çeşit x uygulama dozları x magnezyum uygulamaları interaksyonu önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu görülmüştür (Çizelge 4.2).

Genel çimlenme oran ortalamaları değerlendirildiğinde, çeşitler, MgO nanopartikül ve MgSO₄ uygulamaları ile uygulama dozları arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olmadığı görülmüştür (Çizelge 4.1). Ancak, Kırık çeşidinin (%98,50) Odeska çeşidinden (%98,36), MgSO₄ uygulamasının (%98,79) MgO NP uygulamasından (%98,07) daha yüksek çimlenme oranı verdiği görülmüştür. Uygulama dozları arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olmadığı, en yüksek çimlenme oranının kontrol ve 740 mg/L doz uygulamalarından (%99,0) elde edildiği, bunları 370 mg/L ve 185 mg/L doz uygulamalarının takip ettiği ve en düşük çimlenme oranı ise 925 mg/L uygulamasından (%97,50) elde edildiği görülmüştür (Çizelge 4.1).

Daha önce MgO NP ile ilgili yeterli çalışmaya rastlanılmamış, ancak Yasmeen *et al.* (2015) ekmeklik buğday tohumlarını Ag, Cu, Fe NP'lerine maruz bırakmışlar ve en yüksek çimlenme oranını Fe NP uygulamasından elde ettiklerini rapor etmişlerdir. Başka bir çalışmada, Boonyanitipong *et al.* (2011), çeltik (*Oryza sativa*) tohumlarının çimlenmesi üzerinde farklı konsantrasyonlardaki ZnO NP'lerini denemişler, çimlenmede herhangi bir olumsuz etkinin olmadığı kanaatine varmışlardır. Bu sonuçlar neticesinde olumlu etkilerin görüldüğü çalışma benzerlik arz ederken, bir diğer çalışmada ise, Mushtaq *et al.* (2011), salatalık bitkisi üzerine Fe₃O₄, TiO₂ ve karbonlu NP'lerin etkilerini araştırmışlar, bu NP'lerin salatalık tohum çimlenme oranını olumsuz yönde etkilediğini kaydetmişlerdir.

4.1.1.2. Çimlenme hızı (%)

Çizelge 4.3. MgO NP ve MgSO₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının çimlenme hızlarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değerleri
Çeşit (Ç)	1	2,29	2,29	0,27
Mg Uygulamaları (MU)	1	28,00	28,00	3,30
Uygulama Dozları (UD)	6	33,71	5,62	0,66
Ç x MU	1	28,00	28,00	3,30
Ç x UD	6	77,71	12,95	1,53
UD x MU	6	28,00	4,67	0,55
Ç x UD x MU	6	16,00	2,67	0,31
Hata	84	712,00	8,48	
Toplam	111	925,71		

Verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme hızına çeşidin etkisi, magnezyum uygulamalarının etkisi, uygulama dozlarının etkisi ile çeşit x magnezyum uygulamaları interaksyonu, çeşit x uygulama dozları interaksyonu, uygulama dozları x magnezyum uygulamaları interaksyonu ve çeşit x uygulama dozları x magnezyum uygulamaları interaksyonu önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu görülmüştür (Çizelge 4.3).

Çimlenme hızı genel ortalamalarına bakıldığında, çeşit bakımından, magnezyum uygulamaları bakımından, uygulama dozları bakımından, ortalamalar arasındaki fark istatistiksel anlamda önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.1). Kırık çeşidinin (%98,29) Odeska çeşidinden (%98,00), MgSO₄ uygulamasının (%98,64) MgO NP uygulamasından (%97,64) daha yüksek çimlenme hızına sahip olduğu görülmüştür. Uygulama dozları karşılaştırıldığında, en yüksek çimlenme hızının 370 mg/L ve 740 mg/L doz uygulamalarından (%98,75) elde edildiği, bunu 0 mg/L (kontrol) doz uygulamasının (%98,50) ve 185 mg/L doz uygulamasının (%98,25) takip ettiği ve en düşük çimlenme hızının ise 925 mg/L uygulamasından (%97,25) elde edildiği görülmüştür (Çizelge 4.1).

Elde edilen sonuçlar, Awasthi *et al.* (2017)'un ZnO NP'leri ile buğday bitkisinde çimlenme ve fide özelliklerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışma ve Prasad *et al.* (2012), nano ölçekli ZnO NP'lerinin, fıstık bitkisinin çimlenmesi, büyümesi ve verimi üzerine etkisini belirlemek için yaptıkları bir çalışma ile benzerlik gösterdiği ve tohum çimlenmesine ZnO NP'lerinin olumlu katkıları olduğu görülmüştür.

4.1.1.3. Çimlenme gücü (%)

Çizelge 4.4. MgO NP ve MgSO₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının çimlenme güçlerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değerleri
Çeşit (Ç)	1	0,57	0,57	0,08
Mg Uygulamaları (MU)	1	14,29	14,29	1,97
Uygulama Dozları (UD)	6	35,43	5,90	0,82
Ç x MU	1	20,57	20,57	2,84
Ç x UD	6	91,43	15,24	2,11
UD x MU	6	17,71	2,95	0,41
Ç x UD x MU	6	23,43	3,90	0,54
Hata	84	608,00	7,24	
Toplam	111	811,42		

Çimlenme gücüne çeşidin etkisi, magnezyumun uygulamalarının etkisi, uygulama dozlarının etkisi ile çeşit x magnezyum uygulamaları interaksyonu, çeşit x uygulama dozları interaksyonu, uygulama dozları x magnezyum uygulamaları interaksyonu ve çeşit x uygulama dozları x magnezyum uygulamaları interaksyonu, Çizelge 4.4'te verilen analiz sonuçlarına göre önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu görülmüştür.

Çimlenme gücü genel ortalamalarına bakıldığında, çeşit bakımından, magnezyum uygulamaları bakımından, uygulama dozları bakımından, ortalamalar arasındaki fark istatistiksel anlamda önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.1). Ancak, Kırık çeşidinin (%98,50) Odeska çeşidine (%98,36) göre, $MgSO_4$ uygulamasının (%98,79) MgO NP uygulamasına (%98,07) göre daha yüksek çimlenme gücüne sahip olduğu görülmüştür. Uygulama dozları karşılaştırıldığında, en yüksek çimlenme gücünün 0 mg/L (kontrol) ve 740 mg/L uygulamalarından (%99,00) elde edildiği, bunları 185 mg/L ve 370 mg/L doz uygulamalarının (%98,75) takip ettiği ve en düşük çimlenme gücünün ise 925 mg/L uygulamasından (%97,50) elde edildiği görülmüştür (Çizelge 4.1).

Doğaroğlu and Köleli (2017), buğdayda (*Triticum aestivum* L. Michelangelo) denedikleri iki tip nanopartikül'ün (TiO_2 ve ZnO) tohum çimlenmesi üzerinde hiçbir etkilerinin olmadıklarını belirtirken, çalışmadan elde ettiğimiz sonuçlar, Rawat *et al.* (2018), nanopartiküllerin buğday çimlenmesine etkilerini incelemek için yaptıkları çalışmada, kullandıkları dört nanopartikül (TiO_2 , ZnO , nikel ve kitosan) uygulaması ile nanopartiküllerin uygulanmasının tohum çimlenmesini arttırmaya yardımcı olduğunun belirtildiği çalışma ile benzerlik göstermiş, MgO NP'lerinin tohum çimlenme gücüne olumlu etkileri olduğunu, $MgSO_4$ uygulamasından çok farklı değerler vermediğini göstermiştir.

4.1.1.4. Çimlenme hızı katsayısı (ÇHK)

Çizelge 4.5. MgO NP ve MgSO₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının çimlenme hızı katsayılarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değerleri
Çeşit (Ç)	1	28396,11	28396,11	1220,53**
Mg Uygulamaları (MU)	1	7,88	7,88	0,34
Uygulama Dozları (UD)	6	379,26	63,21	2,72*
Ç x MU	1	355,23	355,23	15,27**
Ç x UD	6	175,49	29,25	1,26
UD x MU	6	277,15	46,19	1,99
Ç x UD x MU	6	258,85	43,14	1,85
Hata	84	1954,29	23,27	
Toplam	111	31804,25		

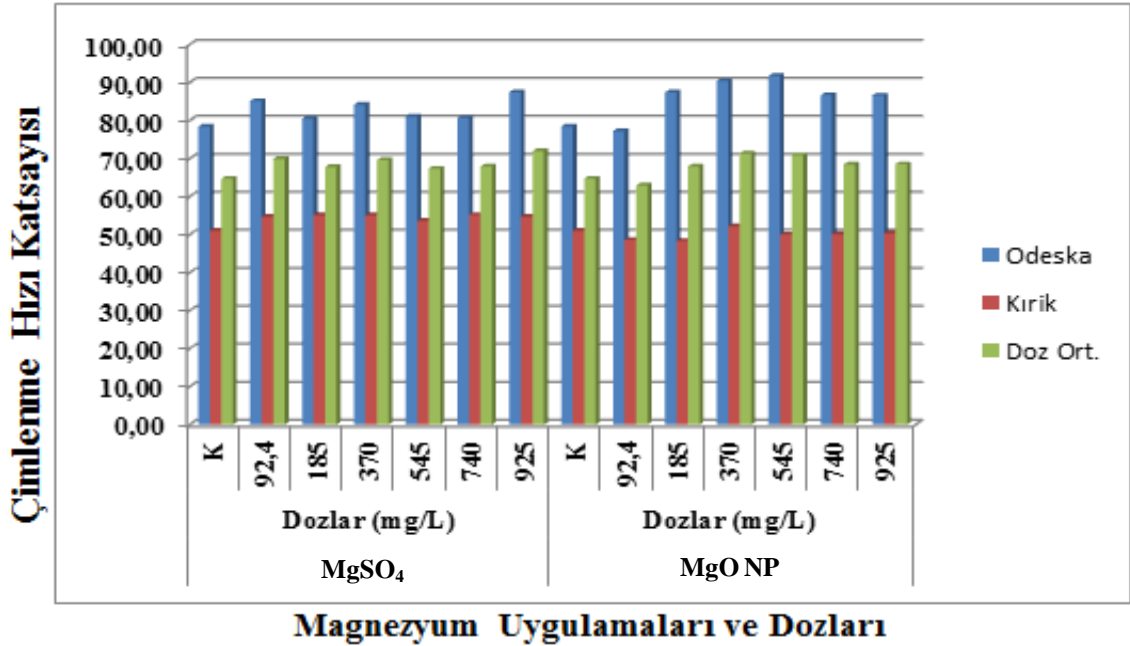
*, $p < 0,05$; **, $p < 0,01$ düzeyinde önemlidir.

Çimlenme hızı katsayısına çeşit ile çeşit x magnezyum uygulamaları interaksiyonunu etkisinin çok önemli ($p < 0,01$) olduğu, uygulama dozları etkisinin önemli ($p < 0,05$) olduğu; buna karşın, magnezyum uygulamalarının etkisi, çeşit x uygulama dozları interaksiyonu, uygulama dozları x magnezyum uygulamaları interaksiyonu ile çeşit x uygulama dozları x magnezyum uygulamaları interaksiyonunun, önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu görülmüştür (Çizelge 4.5)

Çizelge 4.6. MgO NP ve MgSO₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının çimlenme hızı katsayılarına ilişkin sonuçları

UYGULAMALAR																
Ç	MgSO ₄							MgO NP							Ort.*	
	Dozlar (mg/L)							Dozlar (mg/L)								
	K	92,4	185	370	545	740	925	K	92,4	185	370	545	740	925		
Odeska	78,41 bc	85,16 abc	80,47 bc	84,15 abc	81,05 bc	80,69 bc	87,48 ab	78,41 bc	77,26 c	87,44 ab	90,42 a	91,76 a	86,72 ab	86,62 ab	84,00 A	
Kırık	51,05 d	54,70 d	55,11 d	55,07 d	53,64 d	55,15 d	54,71 d	51,05 d	48,61 d	48,35 d	52,18 d	50,04 d	50,13 d	50,42 d	52,16 B	
Doz Ort.	64,73 AB	69,93 AB	67,79 AB	69,61 AB	67,35 AB	67,92 AB	72,00 A	64,73 AB	62,94 B	67,90 AB	71,30 A	70,90 AB	68,43 AB	68,52 AB		
GUD Ort.*	68,35A							67,81B								

*Aynı büyük harfle gösterilen aynı satır ve sütunlardaki ortalamalar arasında 0,05 ihtimal seviyesinde fark yoktur. Aynı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasında 0,05 ihtimal seviyesinde fark yoktur.
Kısaltmalar: K: Kontrol, Ç: Çeşit, GUD: Genel Uygulama Dozları.



Şekil 4.1. Çeşitlerin, magnezyum uygulamaları ve dozlarının çimlenme hızı katsayılarına etkisi

Elde edilen istatistiki sonuçlarda, Odeska çeşidi MgO NP uygulamasında 545 mg/L ve 370 mg/L doz uygulamasında en yüksek çimlenme hızı katsayısı değerini verdiği (sırasıyla 91,76 – 90,42), bunları 740 mg/L (86,72), 925 mg/L (86,62) takip ettiği görülmüştür. En düşük çimlenme hızı katsayısı ise Kırık çeşidi MgO NP uygulamasında 48,35 ile 185 mg/L doz uygulamasında gözlemlenmiştir. Bütün magnezyum uygulamalarında Odeska çeşidinin Kırık çeşidine göre daha yüksek çimlenme hızı katsayısı değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca iki çeşit için, magnezyum uygulamaları arasında en yüksek sonuçları MgO NP uygulamasının 370 mg/L doz uygulaması (71,30) ve MgSO₄ uygulamasının 925 mg/L doz uygulaması (72,00) vermiştir (Çizelge 4.7). Sonuçlara ait grafik Şekil 4.1’de verilmiştir.

Çimlenme hızı katsayısı genel ortalamalarına bakıldığında ise, çeşitler arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu, Odeska çeşidinin en yüksek değere sahip olduğu (84,00), bunu Kırık çeşidinin (52,16) takip ettiği görülmüştür. Mg uygulamaları karşılaştırıldığında; uygulamalar arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olmadığı, ancak MgSO₄’ün 68,35 ile MgO NP’lerinden (67,81) daha yüksek ÇHK değeri verdiği görülmüştür. Uygulama dozları arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu, en yüksek ÇHK’nın 370 mg/L doz uygulamasından (70,45) elde edildiği, bunu 925 mg/L doz uygulamasının (69,81) ve 545 mg/L doz uygulamasının (69,12) takip ettiği ve en düşük ÇHK değerinin ise kontrol uygulamasından (64,73) elde edildiği görülmüştür (Çizelge 4.1).

Elde edilen sonuçlar, Solanki and Laura (2018)’nin, ZnSO₄ ve ZnO NP’lerini ekmeklik buğday tohumlarının çimlenmesinde kullandıkları ve olumlu etkilerin görüldüğü çalışma ile benzerlik arz etmektedir.

4.1.1.5. Çimlenme hızı indeksi (ÇHI)

Çizelge 4.7. MgO NP ve MgSO₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının çimlenme hızı indekslerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değerleri
Çeşit (Ç)	1	0,00000324	0,00000324	0,08
Mg Uygulamaları (MU)	1	0,00008098	0,00008098	1,97
Uygulama Dozları (UD)	6	0,00020084	0,00003347	0,82
Ç x MU	1	0,00011662	0,00011662	2,84
Ç x UD	6	0,00051830	0,00008638	2,11
UD x MU	6	0,00010042	0,00001674	0,41
Ç x UD x MU	6	0,00013282	0,00002214	0,54
Hata	84	0,00344671	0,00004103	
Toplam	111	0,00459994		

Çimlenme hızı indeksine çeşidin etkisi, magnezyum uygulamalarının etkisi, uygulama dozlarının etkisi ile çeşit x magnezyum uygulamaları interaksyonu, çeşit x uygulama dozları interaksyonu, uygulama dozları x magnezyum uygulamaları interaksyonu ve çeşit x uygulama dozları x magnezyum uygulamaları interaksyonu önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu görülmüştür (Çizelge 4.7).

Çimlenme hızı indeksi genel ortalamalarına bakıldığında, çeşit bakımından, magnezyum uygulamaları bakımından, uygulama dozları bakımından, ortalamalar arasındaki fark istatistiksel anlamda önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.3). Elde edilen sonuçlar, çeşit bakımından incelendiğinde, Kırık ile Odeska arasında farkın olmadığı, MgO NP'lerinin tohum çimlenme hızı indeksine olumlu etkileri olduğunu, MgSO₄ uygulamasından çok farklı değerler vermediğini, uygulama dozları bakımından da durumun aynı olduğunu göstermiştir.

Lee *et al.* (2010), Al₂O₃, SiO₂, Fe₃O₄ ve ZnO NP'lerini *Arabidopsis thaliana* bitkisine uygulamışlar ve partiküllerin tohum çimlenmesini olumsuz yönde etkilediklerini

belirtmişlerdir. ZnO NP'nin en olumsuz etkiyi verdiğini, ayrıca araştırmacılar NP boyutları küçüldükçe tahrip edici etkinin daha fazla olduğunu vurgulamışlar, ancak Iannone *et al.* (2016), hem demir dioksit (FeO₂) hem de demir(III) oksit FeO₃ nanopartiküllerinin buğday (*Triticum aestivum* L.) gelişimi üzerine etkisini inceledikleri bir çalışmada, dört ayrı dozda uyguladıkları demir (II, III) oksit (Fe₃O₄) NP'lerinin tohum çimlenme kabiliyetleri üzerine olumsuz bir etkide bulunmadıklarını belirtmişlerdir.

4.1.1.6. Ortalama çimlenme zamanı (gün)

Çizelge 4.8. MgO NP ve MgSO₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının ortalama çimlenme zamanlarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değerleri
Çeşit (Ç)	1	14,6893	14,6893	2146,75**
Mg Uygulamaları (MU)	1	0,0882	0,0883	12,90**
Uygulama Dozları (UD)	6	0,1301	0,0216	3,17**
Ç x MU	1	0,2554	0,2554	37,33**
Ç x UD	6	0,0234	0,0039	0,57
UD x MU	6	0,0955	0,0159	2,33*
Ç x UD x MU	6	0,0814	0,0136	1,98
Hata	84	0,5748	0,0068	
Toplam	111	15,94		

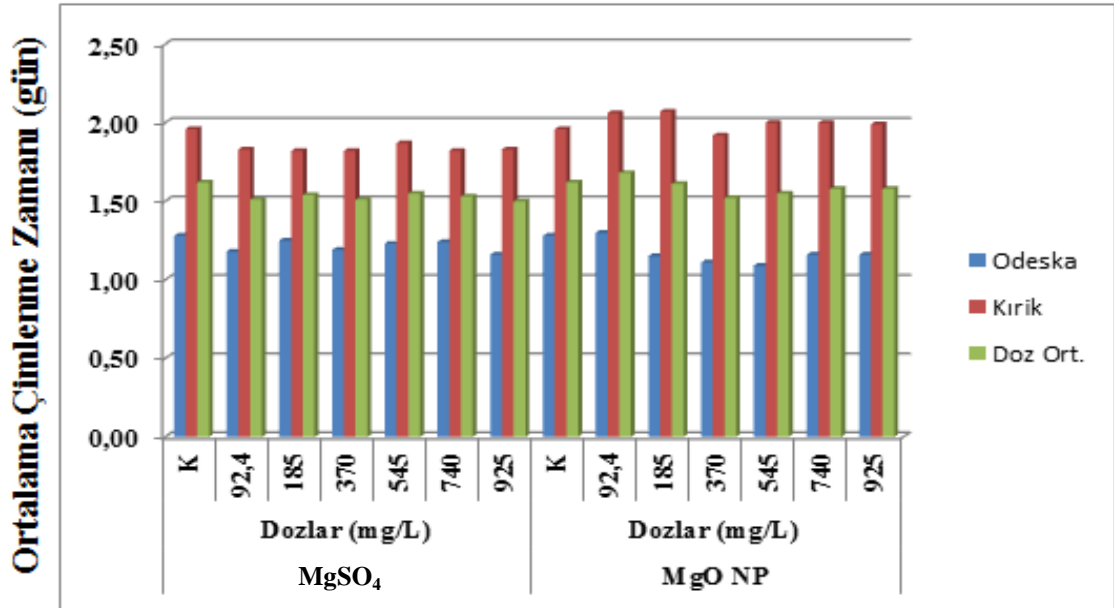
*, p<0,05; **, p<0,01 düzeyinde önemlidir.

Ortalama çimlenme zamanına çeşidin etkisi, magnezyum uygulamalarının etkisi, uygulama dozlarının etkisi ile çeşit x magnezyum uygulamaları interaksyonu çok önemli (p<0,01) iken, uygulama dozları x magnezyum uygulamaları interaksyonu etkisinin ise önemli (p<0,05) olduğu görülmüştür. Verilen analizler çerçevesinde, çeşit x uygulama dozları interaksyonu ile çeşit x uygulama dozları x magnezyum uygulamaları interaksyonunun ise önemsiz (p≥0,05) olduğu görülmüştür (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.9. MgO NP ve MgSO₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının ortalama çimlenme zamanlarına ilişkin sonuçları

UYGULAMALAR															
Ç	MgSO ₄							MgO NP							Ort.*
	Dozlar (mg/L)							Dozlar (mg/L)							
	K	92,4	185	370	545	740	925	K	92,4	185	370	545	740	925	
Odeska	1,28 k	1,18 p	1,25 l	1,19 o	1,23 n	1,24 m	1,16 q	1,28 k	1,30 j	1,15 r	1,11 s	1,09 t	1,16 q	1,16 q	1,20 B
Kırık	1,96 e	1,83 h	1,82 i	1,82 i	1,87 g	1,82 i	1,83 h	1,96 e	2,06 b	2,07 a	1,92 f	2,00 c	2,00 c	1,99 d	1,93 A
Doz Ort.	1,62 B	1,51 I	1,54 F	1,51 I	1,55 E	1,53 G	1,5 J	1,62 B	1,68 A	1,61 C	1,52 H	1,55 E	1,58 D	1,58 D	
GUD Ort.*	1,53B							1,59A							

*Aynı büyük harfle gösterilen aynı satır ve sütunlardaki ortalamalar arasında 0,05 ihtimal seviyesinde fark yoktur. Aynı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasında 0,05 ihtimal seviyesinde fark yoktur.
Kısaltmalar: K: Kontrol, Ç: Çeşit, GUD: Genel Uygulama Dozları.



Magnezyum Uygulamaları ve Dozları

Şekil 4.2. Çeşitlerin, magnezyum uygulamaları ve dozlarının ortalama çimlenme zamanlarına etkisi

Elde edilen istatistiki sonuçlarda, Kırık çeşidi MgO NP uygulamasında 185 mg/L doz oranında en yüksek ortalama çimlenme zamanı değerini verdiği (2,07), bunu 92,4 mg/L (2,06), 545 ve 740 mg/L (2,00) takip ettiği görülmüştür. En düşük ortalama çimlenme zamanı ise Odeska çeşidi MgO NP uygulamasında 1,09 ile 545 mg/L doz uygulamasında gözlemlenmiştir. Bütün magnezyum uygulamalarında Kırık çeşidinin Odeska çeşidine göre daha yüksek ortalama çimlenme zamanı değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca iki çeşit için, magnezyum uygulamaları arasında en yüksek sonuçları MgO NP uygulamasının 92,4 mg/L doz uygulaması (1,68) vermiştir (Çizelge 4.9). Sonuçlara ait grafik Şekil 4.2'de verilmiştir.

Ortalama çimlenme zamanı genel ortalamalarına bakıldığında, çeşitler arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu, Kırık çeşidinin en yüksek değere sahip olduğu (1,92), bunu Odeska çeşidinin (1,20) takip ettiği görülmüştür. Mg uygulamaları karşılaştırıldığında; uygulamalar arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu, MgO NP'nin 1,59 ile MgSO₄'ten (1,53) daha yüksek ortalama çimlenme zamanı değeri verdiği görülmüştür. Uygulama dozları arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu, en yüksek OÇZ'nin 0 mg/L (kontrol) doz uygulamasından (1,62) elde edildiği, bunu 92,4 mg/L doz uygulamasının (1,59) ve 185 mg/L doz uygulamasının (1,57) takip ettiği ve en düşük OÇZ değerinin ise 370 mg/L doz uygulamasından (1,51) elde edildiği görülmüştür (Çizelge 4.1).

Kumari *et al.* (2011), yaptıkları çalışmada, ZnO NP'lerinin soğanda sitotoksik ve genotoksik etki yaparak hücre bölünmesini değiştirdiğini, mısır ve salatalıkta ZnO NP'leri tohum gelişimini olumsuz etkilediğini belirtmişlerdir. Ancak, Morla *et al.* (2011), domates (*Solanum lycopersicum*) bitkisi üzerinde yaptıkları çalışmalarında, 40 ppm'de çok duvarlı karbon nanotüplerin, kontrole kıyasla, en yüksek çimlenme yüzdesini ve çimlenme süresini, domates tohumlarının büyümesi üzerinde olumlu bir etkisi olacağını belirtmişlerdir.

4.1.1.7. Çimlenme gücü indeksi (ÇGI)

Çizelge 4.10. MgO NP ve MgSO₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının çimlenme gücü indeklerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değerleri
Çeşit (Ç)	1	11667722,36	11667722,36	395,33**
Mg Uygulamaları (MU)	1	224204,67	224204,67	7,60**
Uygulama Dozları (UD)	6	1884192,06	314032,01	10,64**
Ç x MU	1	3490986,71	3490986,71	118,28**
Ç x UD	6	448985,46	74830,91	2,54*
UD x MU	6	1221151,54	203525,26	6,90**
Ç x UD x MU	6	792454,03	132075,67	4,48**
Hata	84	2479144,33	29513,62	
Toplam	111	22208841,15		

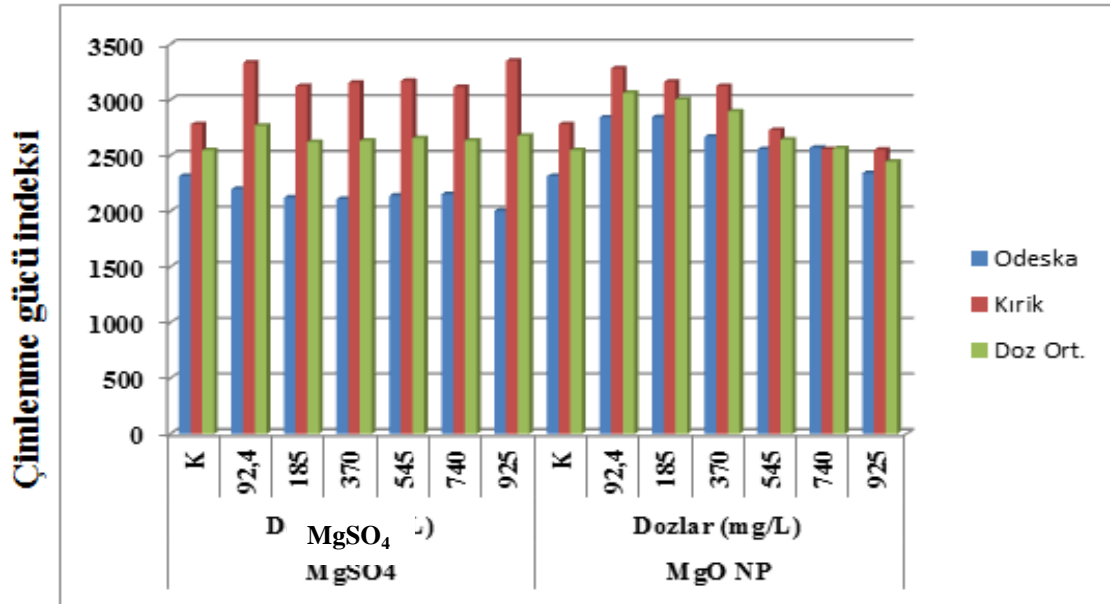
*, p<0,05; **, p<0,01 düzeyinde önemlidir.

Çimlenme gücü indeksine çeşidin, magnezyum uygulamalarının, uygulama dozlarının etkisi ile çeşit x magnezyum uygulamaları interaksyonu, uygulama dozları x magnezyum uygulamaları interaksyonu ve çeşit x uygulama dozları x magnezyum uygulamaları interaksyonunun çok önemli (p<0,01) olduğu görülürken, çeşit x uygulama dozları interaksyonunun önemli (p<0,05) olduğu görülmüştür (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.11. MgO NP ve MgSO₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının çimlenme gücü indekslerine ilişkin sonuçları

UYGULAMALAR															Ort. *
Ç	MgSO ₄							MgO NP							
	K	92,4	185	370	545	740	925	K	92,4	185	370	545	740	925	
Ode.	2315,50 de	2199,58 ef	2122,50 ef	2110,50 ef	2139,24 ef	2154,95 ef	2004,10 f	2315,50 de	2842,80 b	2846,90 b	2671,20 bc	2555,88 cd	2571,34 bcd	2340,82 de	2370,77 B
Kır.	2781,44 bc	3336,40 a	3123,52 a	3155,32 a	3171,56 a	3117,48 a	3351,02 a	2781,44 bc	3282,20 a	3162,56 a	3124,60 a	2730,30 bc	2558,32 cd	2552,02 cd	3016,30 A
Doz Ort.	2548,47 DE	2767,99 BCD	2623,01 CDE	2632,91 CDE	2655,40 CDE	2636,22 CDE	2677,56 F	2548,47 DE	3062,50 A	3004,73 AB	2897,90 ABC	2643,09 CDE	2564,83 DE	2446,42 E	
GUD Ort.*	2648,79B							2738,28A							

*Aynı büyük harfle gösterilen aynı satır ve sütunlardaki ortalamalar arasında 0,05 ihtimal seviyesinde fark yoktur. Aynı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasında 0,05 ihtimal seviyesinde fark yoktur. Kısaltmalar: K: Kontrol, Ç: Çeşit, Ode: Odeska, Kır: Kırık, GUD: Genel Uygulama Dozları.



Magnezyum Uygulamaları ve Dozları

Şekil 4.3. Çeşitlerin, magnezyum uygulamaları ve dozlarının çimlenme gücü indekslerine etkisi

Elde edilen istatistiki sonuçlarda, Kırık çeşidi $MgSO_4$ uygulamasında 925 mg/L, 92,4 mg/L (sırasıyla 3351,02 – 3336,40) ve MgO NP uygulamasında 92,4 mg/L doz oranında (3282,20) en yüksek çimlenme hızı katsayısı değerini verdiği görülmüştür. En düşük çimlenme gücü indeksi ise Odeska çeşidi $MgSO_4$ uygulamasında 2004,10 ile 925 mg/L doz uygulamasında gözlemlenmiştir. Bütün magnezyum uygulamalarında Kırık çeşidinin Odeska çeşidine göre daha yüksek çimlenme gücü indeksi değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca iki çeşit için, magnezyum uygulamaları arasında en yüksek sonuçları MgO NP uygulamasının 92,4 mg/L doz uygulaması (3062,50) vermiştir (Çizelge 4.11). Sonuçlara ait grafik Şekil 4.3'te verilmiştir.

Çimlenme gücü indeksi genel ortalamalarına bakıldığında, çeşitler arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu, Kırık çeşidinin en yüksek değere sahip olduğu (3016,30), bunu Odeska çeşidinin (2370,77) takip ettiği görülmüştür. Mg uygulamaları karşılaştırıldığında; uygulamalar arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu, MgO NP'nin 2738,28 ile $MgSO_4$ 'ten (2648,79) daha yüksek çimlenme gücü indeksi değeri verdiği görülmüştür. Uygulama dozları arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu, en yüksek ÇGİ'nin 92,4 mg/L doz uygulamasından (2915,25) elde edildiği, bunu 185 mg/L doz uygulamasının (2813,87) ve 370 mg/L doz uygulamasının (2765,41) takip ettiği ve en düşük ÇGİ değerinin ise 0 mg/L (kontrol) doz uygulamasından (2548,47) elde edildiği görülmüştür (Çizelge 4.1).

Prasad *et al.* (2012), 1000 ppm ZnO NP'nin fıstık bitkisinin tohum çimlenmesinde kullandıkları ve olumlu sonuçlar aldıklarını belirtmişlerdir. Başka bir çalışmada, Jhansi *et al.* (2017), MgO NP'lerinin yer fıstığı bitkilerinde tohum çimlenme ve büyümesini artırdığına vurgu yapmışlardır. Elde ettiğimiz sonuçlar, bu çalışmalarla benzerlik göstermekte olup, NP'lerin olumlu etkilerinin olduğu sonucuna varılmıştır.

4.1.2. Fide ile ilgili sonuçların değerlendirilmesi

Fide ile ilgili elde edilen veriler her başlık altında değerlendirilmiş, daha sonra mevcut kaynaklarla kıyaslama yapılmıştır. Genel ortalamalar Çizelge 4.13'te verilmiştir.

Çizelge 4.12. MgO NP ve MgSO₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarına ait veriler

Varyasyon Kaynağı	ORTALAMALAR							
	SU	KU	KS	SYA	SKA	KYA	KKA	
Ç	Odeska	13,64b	10,50b	5,09a	0,42b	0,05b	0,03b	0,0089b
	Kırık	16,89a	13,73a	4,87b	0,48a	0,05a	0,05a	0,0109a
MU	MgSO ₄	15,05b	11,78b	5,06a	0,42b	0,05b	0,03b	0,0091b
	MgO NP	15,48a	12,45a	4,90b	0,48a	0,05a	0,05a	0,0106a
UD (mg/L)	0	14,93bc	10,84c	5,10a	0,37c	0,04c	0,04	0,0087c
	92,4	15,71a	14,10a	4,99ab	0,48a	0,05ab	0,04	0,0113a
	185	15,21abc	13,32ab	4,88b	0,45ab	0,05b	0,04	0,0104ab
	370	15,26abc	12,79b	4,98ab	0,47ab	0,05ab	0,04	0,0097bc
	545	15,52ab	11,43c	4,96ab	0,46ab	0,05ab	0,04	0,0099b
	740	15,41abc	10,89c	5,01ab	0,48a	0,05a	0,04	0,0100b
	925	14,80c	11,45c	4,93ab	0,44b	0,05ab	0,04	0,0095bc

Kısaltmalar: Ç: Çeşit, MU: Magnezyum Uygulamaları, UD: Uygulama Dozları, SD: Serbestlik Derecesi, SU: Sürgün Uzunluğu (cm), KU: Kök Uzunluğu (cm), SYA: Sürgün Yaş Ağırlık (g), SKA: Sürgün Kuru Ağırlık (g), KYA: Kök Yaş Ağırlık (g), KKA: Kök Kuru Ağırlık (g).

4.1.2.1. Sürgün uzunluğu (cm)

Çizelge 4.13. MgO NP ve MgSO₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının sürgün uzunluklarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değerleri
Çeşit (Ç)	1	295,95	295,95	401,21**
Mg Uygulamaları (MU)	1	5,10	5,10	6,92*
Uygulama Dozları (UD)	6	9,88	1,65	2,23*
Ç x MU	1	2,79	2,79	3,78
Ç x UD	6	4,71	0,79	1,07
UD x MU	6	5,75	0,96	1,30
Ç x UD x MU	6	4,11	0,69	0,93
Hata	84	61,96	0,74	
Toplam	111	390,27		

Sürgün uzunluğuna, çeşidin etkisi çok önemli ($p < 0,01$) iken, gerçekleştirilen magnezyum uygulamalarının etkisi ile uygulama dozlarının etkisi, önemli ($p < 0,05$) olmuştur. Çeşit x magnezyum uygulamaları interaksyonu, çeşit x uygulama dozları interaksyonu, uygulama dozları x magnezyum uygulamaları interaksyonu ve çeşit x uygulama dozları x magnezyum uygulamaları interaksyonunun sürgün uzunluğu üzerine etkilerinin analiz sonuçlarına göre önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu görülmüştür (Çizelge 4.13).

Sürgün uzunluğu genel ortalamalarına bakıldığında, çeşitler arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu, Kırık çeşidinin en yüksek değere sahip olduğu (16,89 cm), bunu Odeska çeşidinin (13,64 cm) takip ettiği görülmüştür. Mg uygulamaları karşılaştırıldığında; uygulamalar arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu, MgO NP'nin 15,48 cm ile MgSO₄'ten (15,05 cm) daha yüksek sürgün uzunluğu değeri verdiği görülmüştür. Uygulama dozları arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu, en yüksek SU'nun 92,4 mg/L doz uygulamasından (15,71 cm) elde edildiği, bunu 545 mg/L doz uygulamasının (15,52 cm) ve 370 mg/L doz uygulamasının (15,26 cm) takip ettiği ve

en düşük SU değerinin ise 925 mg/L doz uygulamasından (14,80 cm) elde edildiği görülmüştür (Çizelge 4.12).

Elde edilen sonuçlar, Van *et al.* (2013), Kitosan NP'leri ilave edilmiş robusta kahve fidelerinde NP'lerin N, P, K, Ca ve Mg gibi besin maddelerinin kullanım etkinliğini artırdığını ve bitki boylarında önemli bir artışa sebep olduklarına vurgu yapılmış, olumlu etkilerin görüldüğü çalışma ile benzerlik göstermiştir. Ayrıca, Solanki and Laura (2018)'nin ZnSO₄ ve ZnO NP'lerini ekmeklik buğday tohumlarının çimlenmesinde kullandıkları ve sonucunda sürgün büyümesine olumlu etkileri görüldüğü çalışma da elde ettiğimiz sonuçlarla benzerlik arz etmektedir.

4.1.2.2. Kök uzunluğu (cm)

Çizelge 4.14. MgO NP ve MgSO₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının kök uzunluklarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değerleri
Çeşit (Ç)	1	293,03	293,03	210,14**
Mg Uygulamaları (MU)	1	12,57	12,57	9,01**
Uygulama Dozları (UD)	6	158,17	26,36	18,90**
Ç x MU	1	343,00	343,00	245,97**
Ç x UD	6	27,62	4,60	3,30**
UD x MU	6	108,51	18,09	12,97**
Ç x UD x MU	6	73,48	12,25	8,78**
Hata	84	117,13	1,39	
Toplam	111	1133,52		

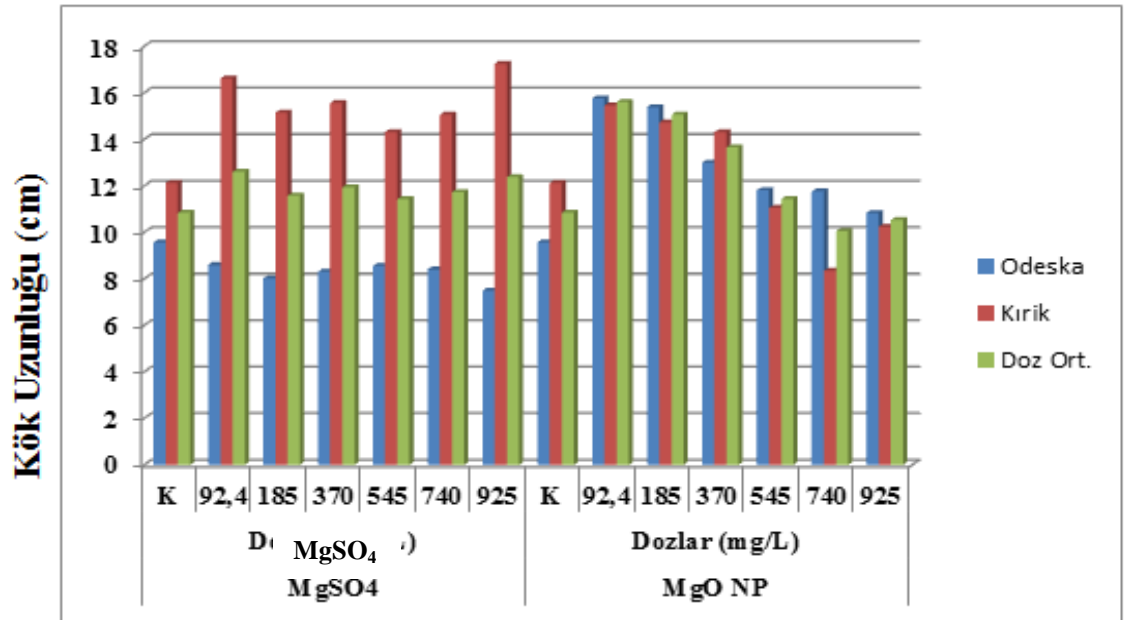
*, p<0,05; **, p<0,01 düzeyinde önemlidir.

Kök uzunluğuna çeşidin etkisi, magnezyum uygulamalarının etkisi, uygulama dozlarının etkisi ile çeşit x magnezyum uygulamaları interaksyonu, çeşit x uygulama dozları interaksyonu, uygulama dozları x magnezyum uygulamaları interaksyonu ve çeşit x uygulama dozları x magnezyum uygulamaları interaksyonunun çok önemli (p<0,01) olduğu görülmüştür (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.15. MgO NP ve MgSO₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının kök uzunluklarına ilişkin sonuçları

UYGULAMALAR															
Ç	MgSO ₄							MgO NP							Ort.*
	K	Dozlar (mg/L)						K	Dozlar (mg/L)						
		92,4	185	370	545	740	925		92,4	185	370	545	740	925	
Ode.	9,56 ghi	8,59 hij	8,02 ij	8,30 hij	8,55 hij	8,40 hij	7,49 j	9,56 ghi	15,75 abc	15,38 abc	12,99 de	11,81 ef	11,76 ef	10,83 fg	10,50 B
Kır.	12,12 ef	16,61 ab	15,14 bc	15,56 abc	14,31 cd	15,06 bc	17,25 a	12,12 ef	15,46 abc	14,73 bcd	14,30 cd	11,05 fg	8,34h ij	10,23 fgh	13,73 A
Doz Ort.	10,84 DEF	12,60 CD	11,58 DEF	11,93 CDEF	11,43 DEF	11,73 DEF	12,37 CDE	10,84 DEF	15,61 A	15,06 AB	13,65 BC	11,43 DEF	10,05 F	10,53 EF	
GUD Ort.*	11,78B							12,45A							

*Aynı büyük harfle gösterilen aynı satır ve sütunlardaki ortalamalar arasında 0,05 ihtimal seviyesinde fark yoktur. Aynı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasında 0,05 ihtimal seviyesinde fark yoktur. Kısaltmalar: K: Kontrol, Ç: Çeşit, Ode: Odeska, Kır: Kırık, GUD: Genel Uygulama Dozları.



Magnezyum Uygulamaları ve Dozları

Şekil 4.4. Çeşitlerin, magnezyum uygulamaları ve dozlarının kök uzunluklarına etkisi

Elde edilen istatistiki sonuçlarda, Kırık çeşidi MgSO₄ uygulamasında 925 mg/L doz oranında (17,25 cm) en yüksek kök uzunluğu değerini verdiği görülmüştür. En düşük kök uzunluğu ise Odeska çeşidi MgSO₄ uygulamasında 7,49 cm ile 925 mg/L doz uygulamasında gözlemlenmiştir. Bütün magnezyum uygulamalarında Kırık çeşidinin Odeska çeşidine göre daha yüksek kök uzunluğu değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca iki çeşit için, magnezyum uygulamaları arasında en yüksek sonuçları MgO NP uygulamasının 92,4 mg/L doz uygulaması (15,61 cm) vermiştir (Çizelge 4.15). Sonuçlara ait grafik Şekil 4.4'te verilmiştir.

Kök uzunluğu genel ortalamalarına bakıldığında, çeşitler arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu, Kırık çeşidinin en yüksek değere sahip olduğu (13,73 cm), bunu Odeska çeşidinin (10,50 cm) takip ettiği görülmüştür. Mg uygulamaları karşılaştırıldığında; uygulamalar arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu, MgO NP'nin 12,45 cm ile MgSO₄'ten (11,78 cm) daha yüksek sürgün uzunluğu değeri verdiği görülmüştür. Uygulama dozları arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu, en yüksek KU'nun 92,4 mg/L doz uygulamasından (14,10 cm) elde edildiği, bunu 185 mg/L doz uygulamasının (13,32 cm) ve 370 mg/L doz uygulamasının (12,79 cm) takip ettiği ve en düşük KU değerinin ise 0 mg/L (kontrol) doz uygulamasından (10,84 cm) elde edildiği görülmüştür (Çizelge 4.12).

Elde edilen sonuçlar, Moghadam *et al.* (2012), demir şelatlı nano gübrenin ıspanak (*Spinacia oleracea* L.) yaş ağırlığı üzerinde, yaprak alanı indeksi, büyüme hızı ve bitkilerin yaprak sayısı, kök sayısı gibi büyüme parametrelerini arttırdıkları, olumlu etkilerin vurgulandığı çalışma ile benzerlik göstermektedir. Ayrıca, Rawat *et al.* (2018), nanopartiküllerin buğday çimlenmesine etkilerini incelemek için yaptıkları çalışmada, TiO₂, ZnO ve kitosan nanopartikülleri ile tohum ıslatma işleminin, buğday bitkisi üzerinde fide büyüme indekslerini arttırdığını bildirmişlerdir.

4.1.2.3. Kök sayısı (adet)

Çizelge 4.16. MgO NP ve MgSO₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının kök sayılarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değerleri
Çeşit (Ç)	1	1,3289	1,3289	24,43**
Mg Uygulamaları (MU)	1	0,7232	0,7232	13,29**
Uygulama Dozları (UD)	6	0,4771	0,0795	1,46
Ç x MU	1	1,4175	1,4175	26,05**
Ç x UD	6	0,6586	0,1098	2,02
UD x MU	6	0,3243	0,0540	0,99
Ç x UD x MU	6	0,40	0,0667	1,23
Hata	84	4,57	0,0544	
Toplam	111	9,90		

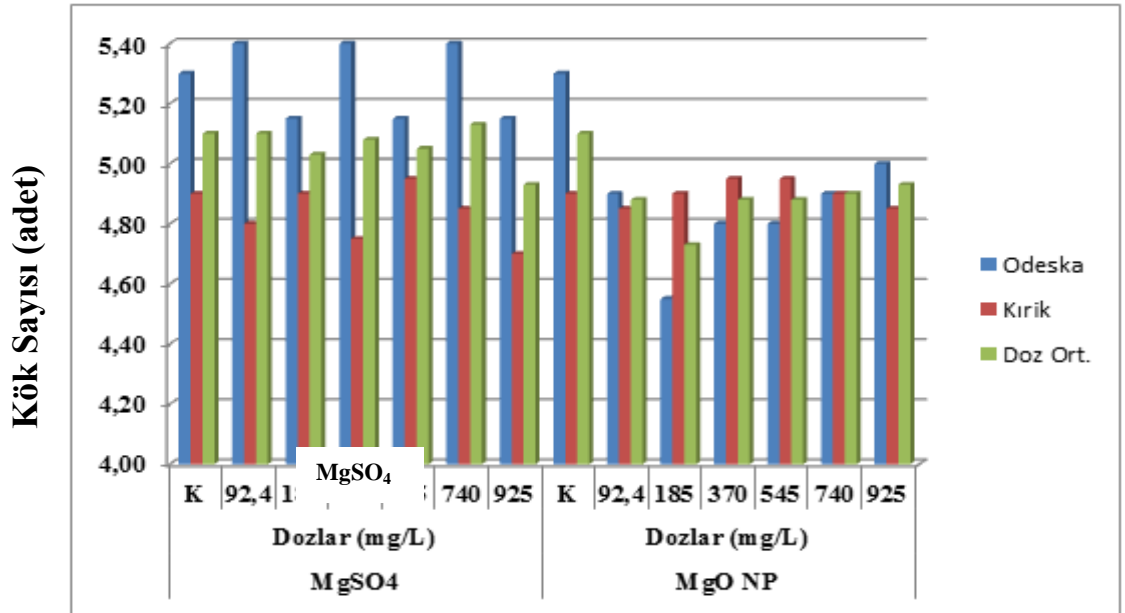
*, p<0,05; **, p<0,01 düzeyinde önemlidir.

Kök sayısına çeşidin, magnezyum uygulamalarının, çeşit x magnezyum uygulamaları interaksyonunun etkisi çok önemli (p<0,01) iken; uygulama dozlarının, çeşit x uygulama dozları interaksyonunun, uygulama dozları x magnezyum uygulamaları interaksyonunun ve çeşit x uygulama dozları x magnezyum uygulamaları interaksyonunun önemsiz (p≥0,05) olduğu görülmüştür (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.17. MgO NP ve MgSO₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının kök sayılarına ilişkin sonuçları

UYGULAMALAR															
Ç	MgSO ₄							MgO NP							Ort.*
	Dozlar (mg/L)							Dozlar (mg/L)							
	K	92,4	185	370	545	740	925	K	92,4	185	370	545	740	925	
Ode.	5,30 ab	5,40 a	5,15 abc	5,40 a	5,15 abc	5,40 a	5,15 abc	5,30 ab	4,90 cde	4,55 e	4,80 cde	4,80 cde	4,90 cde	5,00 bcd	5,09 A
Kır.	4,90 cde	4,80 cde	4,90 cde	4,75 cde	4,95 bede	4,85 cde	4,70 de	4,90 cde	4,85 cde	4,90 cde	4,95 bcde	4,95 bcde	4,90 cde	4,85 cde	4,87 B
Doz Ort.	5,10 AB	5,10 AB	5,03 AB	5,08 AB	5,05 AB	5,13 A	4,93 AB	5,10 AB	4,88 AB	4,73 B	4,88 AB	4,88 AB	4,90 AB	4,93 AB	
GUD Ort.*	5,06A							4,90B							

*Aynı büyük harfle gösterilen aynı satır ve sütunlardaki ortalamalar arasında 0,05 ihtimal seviyesinde fark yoktur. Aynı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasında 0,05 ihtimal seviyesinde fark yoktur. Kısaltmalar: K: Kontrol, Ç: Çeşit, Ode: Odeska, Kır: Kırık, GUD: Genel Uygulama Dozları.



Magnezyum Uygulamaları ve Dozları

Şekil 4.5. Çeşitlerin, magnezyum uygulamaları ve dozlarının kök sayılarına etkisi

Elde edilen istatistiki sonuçlarda, Kırık çeşidi MgSO₄ uygulamasında 92,4 mg/L, 370 mg/L, 740 mg/L doz oranlarında (5,40 adet) en yüksek kök sayısı değerini verdiği görülmüştür. En düşük kök sayısı ise Odeska çeşidi MgO NP uygulamasında 4,55 adet ile 185 mg/L doz uygulamasında gözlemlenmiştir. Bütün magnezyum uygulamalarında kök sayıları birbirlerine yakın olsa da Kırık çeşidinin Odeska çeşidine göre daha yüksek kök sayısı değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca iki çeşit için, magnezyum uygulamaları arasında en yüksek sonuçları MgSO₄ uygulamasının 740 mg/L, doz uygulaması (5,13 adet) vermiştir (Çizelge 4.17). Sonuçlara ait grafik Şekil 4.5'te verilmiştir.

Kök sayısı genel ortalamalarına bakıldığında, çeşitler arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu, Odeska çeşidinin en yüksek değere sahip olduğu (5,09), bunu Kırık çeşidinin (4,87) takip ettiği görülmüştür. Mg uygulamaları karşılaştırıldığında; uygulamalar arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu, MgSO₄'ün 5,06 adet ile MgO NP'den (4,90) daha yüksek kök sayısına sahip olduğu görülmüştür. Uygulama dozları arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu, en yüksek KS'nin 0 mg/L (kontrol) doz uygulamasından (5,10) elde edildiği, bunu 740 mg/L doz uygulamasının (5,01) ve 92,4 mg/L doz uygulamasının (4,99) takip ettiği ve en düşük KS değerinin ise 185 mg/L doz uygulamasından (4,88) elde edildiği görülmüştür (Çizelge 4.12).

Boonyanitipong *et al.* (2011)'in, çeltik (*Oryza sativa*) tohumlarının çimlenmesi üzerinde yaptıkları çalışmada büyümenin erken aşamalarında kök sayısının azaldığını bildirmişlerdir. Ancak, elde edilen sonuçlar, Awasthi *et al.* (2017)'in, ZnO NP'lerini buğday bitkisinde çimlenme ve fide özelliklerini belirlemek amacıyla yaptıkları ve genel bitki büyümesi ve bitki kök sayısında olumlu etki olduğunu belirttikleri çalışma ile benzerlik arz etmektedir. Ayrıca Jhansi *et al.* (2017), daha küçük boyuttaki MgO NP'lerin tohum çimlenmesi ve büyüme parametrelerini artırdığını gözlemlemiştir.

4.1.2.4. Sürgün yaş ağırlığı (g)

Çizelge 4.18. MgO NP ve MgSO₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının sürgün yaş ağırlıklarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değerleri
Çeşit (Ç)	1	0,1099	0,1099	60,63**
Mg Uygulamaları (MU)	1	0,1182	0,1182	65,20**
Uygulama Dozları (UD)	6	0,1460	0,0243	13,42**
Ç x MU	1	0,1039	0,1039	57,29**
Ç x UD	6	0,0273	0,0045	2,51*
UD x MU	6	0,0275	0,0046	2,53*
Ç x UD x MU	6	0,0369	0,0061	3,39**
Hata	84	0,1523	0,00181	
Toplam	111	0,7220		

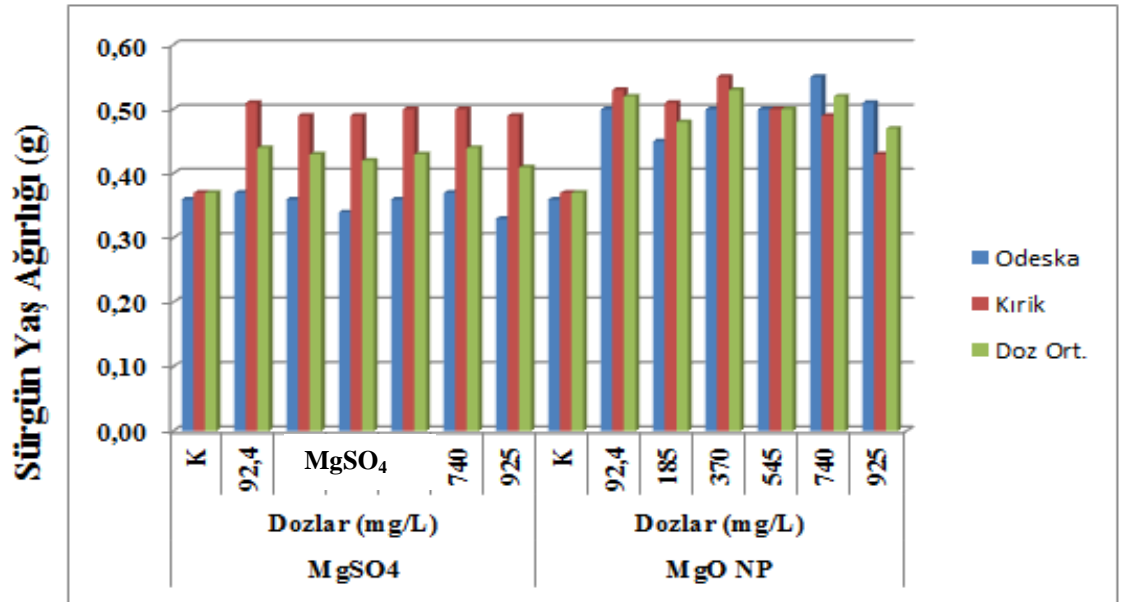
*, p<0,05; **, p<0,01 düzeyinde önemlidir.

Sürgün yaş ağırlığına çeşidin, magnezyum uygulamalarının, uygulama dozlarının etkisi ile çeşit x magnezyum uygulamaları interaksyonu ve çeşit x uygulama dozları x magnezyum uygulamaları interaksyonu çok önemli (p<0,01) iken; çeşit x uygulama dozları interaksyonu ile uygulama dozları x magnezyum uygulamaları interaksyonunun önemli (p<0,05) olduğu görülmüştür (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.19. MgO NP ve MgSO₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının sürgün yaş ağırlıklarına ilişkin sonuçları

UYGULAMALAR															
Ç	MgSO ₄							MgO NP							Ort. *
	Dozlar (mg/L)							Dozlar (mg/L)							
	K	92,4	185	370	545	740	925	K	92,4	185	370	545	740	925	
Ode.	0,36 e	0,37 de	0,36 e	0,34 e	0,36 e	0,37 de	0,33 e	0,36 e	0,50 abc	0,45 bc	0,50 abc	0,50 abc	0,55 a	0,51 ab	0,42 B
Kır.	0,37 de	0,51 ab	0,49 abc	0,49 abc	0,50 abc	0,50 abc	0,49 abc	0,37 de	0,53 a	0,51 ab	0,55 a	0,50 abc	0,49 abc	0,43 cd	0,48 A
Doz Ort.	0,37 E	0,44B CD	0,43 CDE	0,42 CDE	0,43 CDE	0,44 BCD	0,41 DE	0,37 E	0,52 A	0,48 ABC	0,53 A	0,50 AB	0,52 A	0,47 ABC D	
GUD Ort.*	0,42B							0,48A							

*Aynı büyük harfle gösterilen aynı satır ve sütunlardaki ortalamalar arasında 0,05 ihtimal seviyesinde fark yoktur. Aynı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasında 0,05 ihtimal seviyesinde fark yoktur. Kısaltmalar: K: Kontrol, Ç: Çeşit, Ode: Odeska, Kır: Kırık, GUD: Genel Uygulama Dozları.



Magnezyum Uygulamaları ve Dozları

Şekil 4.6. Çeşitlerin, magnezyum uygulamaları ve dozlarının sürgün yaş ağırlıklarına etkisi

Elde edilen istatistiki sonuçlarda, Kırık çeşidi MgO NP uygulamasında 370 mg/L ve Odeska çeşidi 740 mg/L doz oranında (0,55 g) en yüksek sürgün yaş ağırlığı değerlerini verdikleri görülmüştür. Bunları Kırık çeşidi MgO NP uygulamasında 92,4 mg/L (0,53 g), 185 mg/L doz uygulaması (0,51 g) takip ettiği görülmüştür. En düşük sürgün yaş ağırlığı ise Odeska çeşidi MgSO₄ uygulamasında 0,33 g ile 925 mg/L doz uygulamasında gözlemlenmiştir. Bütün magnezyum uygulamalarında Kırık çeşidinin Odeska çeşidine göre daha yüksek sürgün yaş ağırlığı değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca iki çeşit için, magnezyum uygulamaları arasında en yüksek sonuçları MgO NP uygulamasının 370 mg/L doz uygulaması (0,53 g) ve 92 mg/L ile 740 mg/L doz uygulamaları (0,52 g) vermiştir (Çizelge 4.19). Sonuçlara ait grafik Şekil 4.6'da verilmiştir.

Sürgün yaş ağırlığı genel ortalamalarına bakıldığında, çeşitler arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu, Kırık çeşidinin en yüksek değere sahip olduğu (0,48 g), bunu Odeska çeşidinin (0,42 g) takip ettiği görülmüştür. Mg uygulamaları karşılaştırıldığında; uygulamalar arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu, MgO NP'nin 0,48 g ile MgSO₄'ten (0,42 g) daha yüksek sürgün yaş ağırlığına sahip olduğu görülmüştür. Uygulama dozları arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu, en yüksek SYA'nın 92,4 mg/L doz uygulaması ile 740 mg/L doz uygulamasından (0,48 g) elde edildiği, bunu 370 mg/L doz uygulamasının (0,47 g) takip ettiği ve en düşük SYA değerinin ise 0 mg/L (kontrol) doz uygulamasından (0,37 g) elde edildiği görülmüştür (Çizelge 4.12).

Elde ettiğimiz sonuçlar, Moghadam *et al.* (2012)'ın, demir şelatlı nano gübrelerin ıspanak (*Spinacia oleracea* L.) yaş ağırlığı üzerinde olumlu etkilerinin görüldüğü çalışma ile benzerlik göstermektedir. Ayrıca, Rawat *et al.* (2018), nanopartiküllerin buğday çimlenmesine etkilerini incelemek için yaptıkları çalışmada dört nanopartikül (TiO₂, ZnO, nikel ve kitosan) uygulaması seçmiş, NP'lerin sürgün yaş ve kuru ağırlığını artırdığını ortaya koymuşlardır.

4.1.2.5. Sürgün kuru ağırlığı (g)

Çizelge 4.20. MgO NP ve MgSO₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının sürgün kuru ağırlıklarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değerleri
Çeşit (Ç)	1	0,00048472	0,00048472	18,29**
Mg Uygulamaları (MU)	1	0,00218772	0,00218772	82,53**
Uygulama Dozları (UD)	6	0,00123955	0,00020659	7,79**
Ç x MU	1	0,00004251	0,00004251	1,60
Ç x UD	6	0,00022209	0,00003701	1,40
UD x MU	6	0,00055559	0,00009260	3,49
Ç x UD x MU	6	0,00017905	0,00002984	1,13**
Hata	84	0,00222675	0,00002651	
Toplam	111	0,00713799		

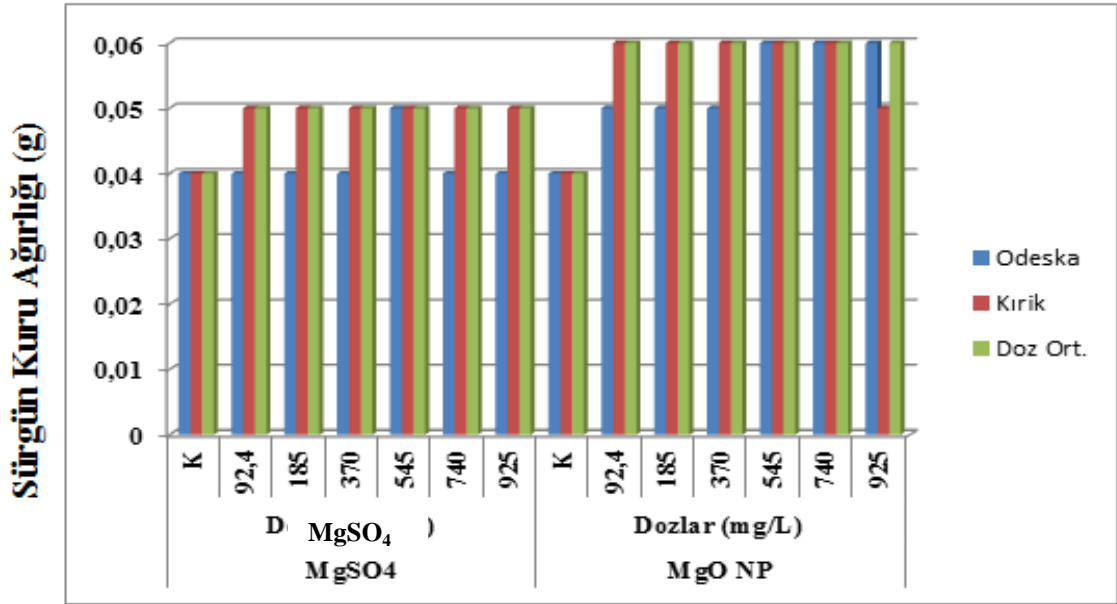
*, p<0,05; **, p<0,01 düzeyinde önemlidir.

Sürgün kuru ağırlığına çeşidin, magnezyum uygulamalarının, uygulama dozlarının etkisi ile çeşit x uygulama dozları x magnezyum uygulamaları interaksyonu çok önemli (p<0,01) iken, çeşit x magnezyum uygulamaları interaksyonu, çeşit x uygulama dozları interaksyonu ile uygulama dozları x magnezyum uygulamaları interaksyonunun önemsiz (p≥0,05) olduğu görülmüştür (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.21. MgO NP ve MgSO₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının sürgün kuru ağırlıklarına ilişkin sonuçları

Ç	UYGULAMALAR														Ort. *
	MgSO ₄							MgO NP							
	Dozlar (mg/L)							Dozlar (mg/L)							
	K	92,4	185	370	545	740	925	K	92,4	185	370	545	740	925	
Ode.	0,04c	0,04c	0,04c	0,04c	0,05b	0,04c	0,04c	0,04c	0,05b	0,05b	0,05b	0,06a	0,06a	0,06a	0,05 A
Kır.	0,04c	0,05b	0,05b	0,05b	0,05b	0,05b	0,05b	0,04c	0,06a	0,06a	0,06a	0,06a	0,06a	0,05b	0,05 A
Doz Ort.	0,04 C	0,05 B	0,05 B	0,05 B	0,05 B	0,05 B	0,05 B	0,04 C	0,06 A	0,06 A	0,06 A	0,06 A	0,06 A	0,06 A	
GUD Ort.*	0,5B							0,5A							

*Aynı büyük harfle gösterilen aynı satır ve sütunlardaki ortalamalar arasında 0,05 ihtimal seviyesinde fark yoktur. Aynı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasında 0,05 ihtimal seviyesinde fark yoktur. Kısaltmalar: K: Kontrol, Ç: Çeşit, Ode: Odeska, Kır: Kırık, GUD: Genel Uygulama Dozları.



Magnezyum Uygulamaları ve Dozları

Şekil 4.7. Çeşitlerin, magnezyum uygulamaları ve dozlarının sürgün kuru ağırlıklarına etkisi

Elde edilen istatistiki sonuçlarda, sürgün kuru ağırlığı genel ortalamalarına bakıldığında, çeşitler arasındaki, Mg uygulamaları arasındaki ve uygulama dozları arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu (Çizelge 4.13), her iki çeşidin magnezyum uygulamalarında ve doz oranlarında sürgün kuru ağırlıkları değerlerinin birbirlerine çok yakın olduğu görülmüştür. En yüksek sürgün kuru ağırlığının 0,06 g olduğu, en düşük sürgün kuru ağırlığının ise 0,04 g olduğu görülmüştür (Çizelge 4.21). Sonuçlara ait grafik Şekil 4.7’de verilmiştir.

Shi *et al.* (2011), su mercimeği (*Landoltia punctata*) bitkisi üzerine bakır oksit nanopartikül (CuO NP) yapılarının test ettikleri bir çalışmada, nanopartikül uygulaması sonrasında bitki gelişiminin %50 oranında azaldığını saptamışlardır. Ancak, elde ettiğimiz sonuçlar, Hafeez *et al.* (2015)’ın, bakır nanopartiküllerinin (Cu NP’lerin) buğdayın büyümesini ve verimini artırma potansiyeline sahip olduğunu gösterdikleri çalışma ile benzerlik göstermektedir.

4.1.2.6. Kök yaş ağırlığı (g)

Çizelge 4.22. MgO NP ve MgSO₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının kök yaş ağırlıklarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değerleri
Çeşit (Ç)	1	0,00464144	0,00464144	51,54**
Mg Uygulamaları (MU)	1	0,00773894	0,00773894	85,94**
Uygulama Dozları (UD)	6	0,00059171	0,00009862	1,10
Ç x MU	1	0,00544608	0,00544608	60,48**
Ç x UD	6	0,00256250	0,00042708	4,74**
UD x MU	6	0,00143675	0,00023946	2,66*
Ç x UD x MU	6	0,00143611	0,00023935	2,66*
Hata	84	0,00756425	0,00009005	
Toplam	111	0,03141778		

*, p<0,05; **, p<0,01 düzeyinde önemlidir.

Kök yaş ağırlığına çeşidin, magnezyum uygulamalarının, çeşit x magnezyum uygulamaları interaksiyonunun ve çeşit x uygulama dozları interaksiyonunun etkisinin çok önemli ($p<0,01$) olduğu; buna karşın, uygulama dozları x magnezyum uygulamaları interaksiyonu ile çeşit x uygulama dozları x magnezyum uygulamaları interaksiyonunun önemli ($p<0,05$) olduğu, uygulama dozlarının etkisinin ise önemsiz ($p\geq 0,05$) olduğu görülmüştür (Çizelge 4.22).

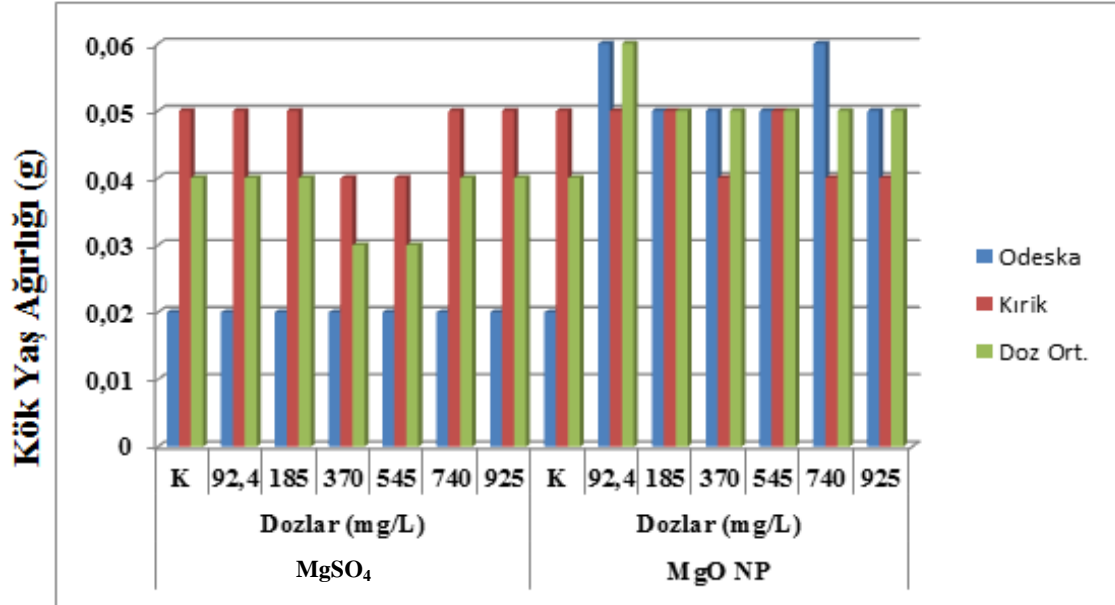
Çizelge 4.23. MgO NP ve MgSO₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının kök yaş ağırlıklarına ilişkin sonuçları

UYGULAMALAR															Ort. *
Ç	MgSO ₄							MgO NP							
	K	92,4	185	370	545	740	925	K	92,4	185	370	545	740	925	
Ode.	0,02 c	0,02 c	0,02 c	0,02 c	0,02 c	0,02 c	0,02 c	0,02 c	0,06 a	0,05a b	0,05a b	0,05a b	0,06 a	0,05a b	0,03 B
Kır.	0,05a b	0,05a b	0,05 ab	0,04 b	0,04 b	0,05 ab	0,05 ab	0,05 ab	0,05 ab	0,05 ab	0,04 b	0,05 ab	0,04 b	0,04 b	0,05 A
Doz Ort.	0,04B C	0,04B C	0,04 BC	0,03 C	0,03 C	0,04 BC	0,04B C	0,04 BC	0,06 A	0,05 AB	0,05 AB	0,05 AB	0,05 AB	0,05 AB	
GUD Ort.*	0,3B							0,5A							

*Aynı büyük harfle gösterilen aynı satır ve sütunlardaki ortalamalar arasında 0,05 ihtimal seviyesinde fark yoktur.

Aynı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasında 0,05 ihtimal seviyesinde fark yoktur.

Kısaltmalar: K: Kontrol, Ç: Çeşit, Ode: Odeska, Kır: Kırık, GUD: Genel Uygulama Dozları.



Magnezyum Uygulamaları ve Dozları

Şekil 4.8. Çeşitlerin, magnezyum uygulamaları ve dozlarının kök yaş ağırlıklarına etkisi

Elde edilen istatistiki sonuçlarda, Odeska çeşidi MgO NP uygulamasında 92,4 mg/L ve 740 mg/L doz oranlarında (0,06 g) en yüksek kök yaş ağırlığı değerlerini verdikleri görülmüştür. En düşük kök yaş ağırlığı ise Odeska çeşidi MgSO₄ uygulamasında 0,02 g ile bütün doz uygulamalarında gözlemlenmiştir. Ayrıca iki çeşit için, magnezyum uygulamaları arasında en yüksek sonuçları MgO NP uygulamasının 92,4 mg/L doz uygulaması (0,06 g) vermiştir (Çizelge 4.23). Sonuçlara ait grafik Şekil 4.8’de verilmiştir.

Kök yaş ağırlığı genel ortalamalarına bakıldığında, çeşitler arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu, Kırık çeşidinin en yüksek değere sahip olduğu (0,05 g), bunu Odeska çeşidinin (0,03 g) takip ettiği görülmüştür. Mg uygulamaları karşılaştırıldığında; uygulamalar arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu, MgO NP’nin 0,05 g ile MgSO₄’ten (0,03 g) daha yüksek kök yaş ağırlığına sahip olduğu görülmüştür. Uygulama dozları arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu, en

yüksek KYA'nın 925 mg/L doz uygulamasından (0,04 g) elde edildiği, bunu takip eden doz uygulama değerlerinin birbirlerine çok yakın olduğu görülmüştür (Çizelge 4.12).

Van *et al.* (2013), Kitosan nanopartiküllerinin (Ch NP'lerinin), robusta kahve (*Coffea canephora*) fidelerinin büyümesi üzerindeki etkileri üzerine yaptıkları çalışmada NP'ler ile muamele edilen bitkilerde, fotosentezi artıran klorofil içeriği üzerinde önemli bir etkinin olduğu ve besin alımını artırmada başarılı olduklarını belirtmişlerdir. Ayrıca Yasmeen *et al.* (2015), ekmeçlik buğday tohumlarını Ag, Cu, Fe NP'lerine maruz bırakmışlar, fidelerde sürgün gelişimi ve kök oluşumunda Fe NP'lerinin daha etkin olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar buğdayın büyümesi üzerine Fe NP'lerinin önemli olduğunu vurgularken, Cu NP'lerinin olumsuz etkileri olduğunu belirtmişlerdir.

4.1.2.7. Kök kuru ağırlığı (g)

Çizelge 4.24. MgO NP ve MgSO₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının kök kuru ağırlıklarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değerleri
Çeşit (Ç)	1	0,00011200	0,00011200	47,76**
Mg Uygulamaları (MU)	1	0,00005714	0,00005714	24,37**
Uygulama Dozları (UD)	6	0,00006286	0,00001048	4,47**
Ç x MU	1	0,00014175	0,00014175	60,44**
Ç x UD	6	0,00000975	0,00000162	0,69
UD x MU	6	0,00002186	0,00000364	1,55
Ç x UD x MU	6	0,00004675	0,00000779	3,32**
Hata	84	0,00019700	0,00000235	
Toplam	111	0,00064911		

*, p<0,05; **, p<0,01 düzeyinde önemlidir.

Kök kuru ağırlığına çeşidin, magnezyum uygulamaları, uygulama dozlarının etkisi ile çeşit x magnezyum uygulamaları interaksyonu, çeşit x uygulama dozları x magnezyum uygulamaları interaksyonu çok önemli (p<0,01) iken, çeşit x uygulama dozları

interaksiyonu, uygulama dozları x magnezyum uygulamaları interaksiyonu önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu görülmüştür (Çizelge 4.24).

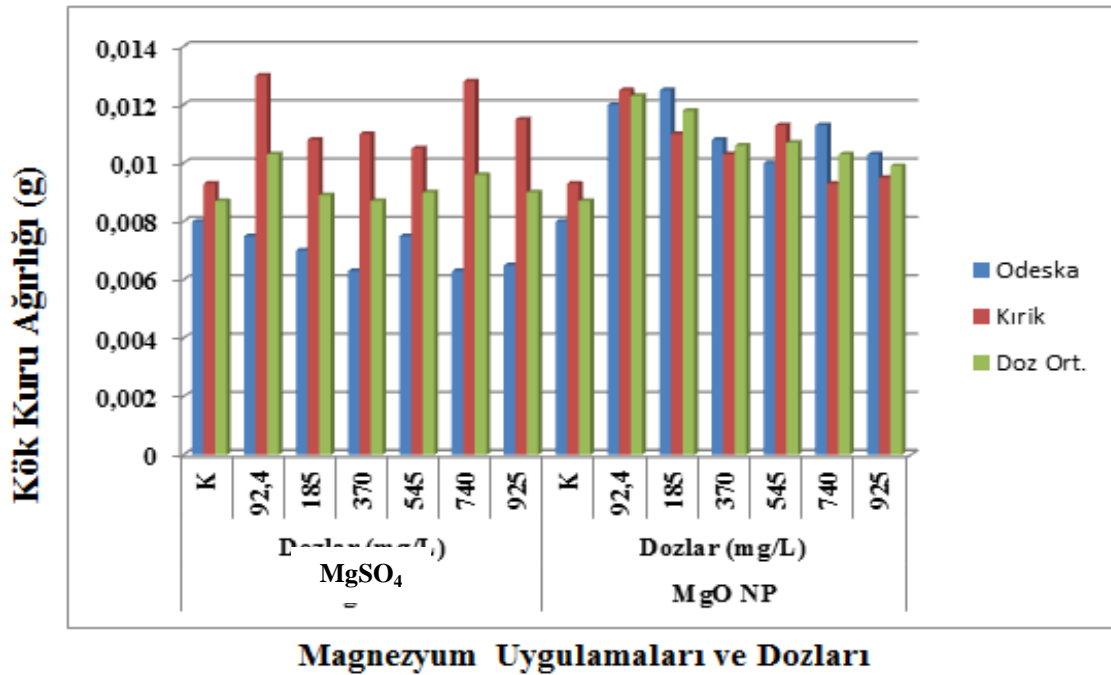
Çizelge 4.25. MgO NP ve MgSO₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarının kök kuru ağırlıklarına ilişkin sonuçları

UYGULAMALAR															Ort. *
Ç	MgSO ₄							MgO NP							
	K	92,4	185	370	545	740	925	K	92,4	185	370	545	740	925	
Ode.	0,0080 b	0,0075 b	0,0070 b	0,0063 b	0,0075 b	0,0063 b	0,0065 b	0,0080 b	0,0120 a	0,0125 a	0,0108 a	0,0100 b	0,0113 a	0,0103 a	0,0089 B
Kır.	0,0093 b	0,0130 a	0,0108 a	0,0110 a	0,0105 a	0,0128 a	0,0115 a	0,0093 a	0,0125 a	0,0110 a	0,0103 a	0,0113 a	0,0093 b	0,0095 b	0,0109 A
Doz Ort.	0,0087 B	0,0103 A	0,0089 B	0,0087 B	0,0090 B	0,0096 B	0,0090 B	0,0087 B	0,0123 A	0,0118 A	0,0106 A	0,0107 A	0,0103 A	0,0099 A	
GUD Ort.*	0,0091 B							0,0106 A							

*Aynı büyük harfle gösterilen aynı satır ve sütunlardaki ortalamalar arasında 0,05 ihtimal seviyesinde fark yoktur.

Aynı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasında 0,05 ihtimal seviyesinde fark yoktur.

Kısaltmalar: K: Kontrol, Ç: Çeşit, Ode: Odeska, Kır: Kırık, GUD: Genel Uygulama Dozları.



Şekil 4.9. Çeşitlerin, magnezyum uygulamaları ve dozlarının kök kuru ağırlıklarına etkisi

Elde edilen istatistiki sonuçlarda, Kırık çeşidi MgSO₄ uygulamasında 92,4 mg/L, 740 mg/L ile MgO NP uygulamasında 92,4 mg/L ve Odeska çeşidi MgO NP uygulamasında 185 mg/L doz oranında (sırasıyla 0,0130 – 0,0128 – 0,0125 – 0,0125 g) en yüksek kök kuru ağırlığı değerlerini verdikleri görülmüştür. Bunları Odeska çeşidi MgO NP uygulamasında 92,4 mg/L (0,0120 g) ile Kırık çeşidi MgSO₄ 925 mg/L doz uygulaması (0,0115 g) takip ettiği görülmüştür. En düşük kök kuru ağırlığı ise Odeska çeşidi MgSO₄ uygulamasında 0,0063 g ile 370 mg/L ve 740 mg/L doz uygulamalarında gözlemlenmiştir. Bütün magnezyum uygulamalarında Kırık çeşidinin Odeska çeşidine göre daha yüksek kök kuru ağırlığı değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca iki çeşit için, magnezyum uygulamaları arasında en yüksek sonuçları MgO NP uygulamasının 92,4 mg/L doz uygulaması (0,0123 g) vermiştir (Çizelge 4.25). Sonuçlara ait grafik Şekil 4.9'da verilmiştir.

Kök kuru ağırlığı genel ortalamalarına bakıldığında, çeşitler arasındaki, Mg uygulamaları arasındaki ve uygulama dozları arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu, çeşitler arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu, Kırık çeşidinin en yüksek değere sahip olduğu (0,0109 g), bunu Odeska çeşidinin (0,0089 g) takip ettiği görülmüştür. Mg uygulamaları karşılaştırıldığında; uygulamalar arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu, MgO NP'nin 0,0106 g ile MgSO₄'ten (0,0091 g) daha yüksek kök kuru ağırlığına sahip olduğu görülmüştür. Uygulama dozları arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu, en yüksek KKA'nın 92,4 mg/L doz uygulamasından (0,0113 g) elde edildiği, bunu 370 mg/L doz uygulamasının (0,0104 g) takip ettiği görülmüştür (Çizelge 4.12).

Azimi *et al.* (2013) yaptıkları çalışmada, TiO₂ NP'lerini, buğday çimi (*Agropyron desertorum*) tohumlarında uygulamışlar, elde ettikleri sonuçlar; TiO₂ NP'lerin, sürgün, fide uzaması, kök ve en yüksek kök biyokütlesi gibi diğer parametrelerde olumlu yönde etki ettiklerini belirtmişlerdir. Ayrıca, Jhansi *et al.* (2017), MgO NP'lerinin yer fıstığı tohumlarına nüfuz edip, tohum çimlenmesini ve büyüme hızı mekanizmasını etkilediğini belirtmişler ve daha küçük boyuttaki MgO NP parçacıklarının, fidelerin gelişimini ve yer fıstığının büyümesini artırdığını vurgulamışlardır. Ghodake *et al.* (2010)'ın, karbon

nanotüplerini uyguladığı *Brassica juncea* ve *Phaseolus mungo*'da tüm konsantrasyonlarda %100 çimlenme yüzdesi gösterdiğini, özellikle *B. juncea*'nın düşük konsantrasyonlarda kök parametrelerine olumlu etkisi olduklarını bildirmişlerdir.

4.2. Korelasyon Katsayıları İncelemeleri

Çizelge 4.26. MgO NP ve MgSO₄ içeren ortamlarda gelişen buğday tohumlarına ait korelasyon verileri

KORELASYON KATSAYILARI														
	ÇO	ÇH	ÇG	ÇHK	ÇHİ	OÇZ	ÇGİ	SU	KU	KS	SYA	SKA	KYA	KKA
ÇO	1,00	0,93**	1,00**	-0,03	1,00**	0,04	0,08	0,02	-0,14	0,21*	-0,02	-0,04	-0,23*	-0,06
ÇH		1,00	0,93**	-0,01	0,93**	0,02	0,05	0,04	-0,16	0,18	-0,05	-0,07	-0,22*	-0,08
ÇG			1,00	-0,03	1,00**	0,04	0,08	0,02	-0,14	0,21*	-0,02	-0,04	-0,23*	-0,06
ÇHK				1,00	-0,03	-0,99**	-0,65**	-0,81**	-0,43**	0,29**	-0,31**	-0,22*	-0,30**	-0,34**
ÇHİ					1,00	0,04	0,08	0,02	-0,14	0,21*	-0,02	-0,04	-0,23*	-0,06
OÇZ						1,00	0,66**	0,83**	0,43**	-0,31**	0,34**	0,27**	0,34**	0,36**
ÇGİ							1,00	0,82**	0,92**	-0,48**	0,69**	0,38**	0,57**	0,75**
SU								1,00	0,57**	-0,30**	0,61**	0,50**	0,40**	0,50**
KU									1,00	-0,55**	0,62**	0,25**	0,62**	0,78**
KS										1,00	-0,41**	-0,22*	-0,56**	-0,54**
SYA											1,00	0,82**	0,59**	0,67**
SKA												1,00	0,46**	0,43**
KYA													1,00	0,67*
KKA														1,00

*, p<0,05; **, p<0,01 düzeyinde önemlidir.

Kısaltmalar: ÇO: Çimlenme Oranı, ÇH: Çimlenme Hızı, ÇG: Çimlenme Gücü, ÇHK: Çimlenme Hızı Katsayısı, ÇHİ: Çimlenme Hızı İndeksi, OÇZ: Ortalama Çimlenme Zamanı, ÇGİ: Çimlenme Gücü İndeksi, SU: Sürgün Uzunluğu, KU: Kök Uzunluğu, SYA: Sürgün Yaş Ağırlık, SKA: Sürgün Kuru Ağırlık, KYA: Kök Yaş Ağırlık, KKA: Kök Kuru Ağırlık.

4.2.1. Çimlenme oranı - Çimlenme hızı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme oranı ile çimlenme hızı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli (p<0,01) olup, korelasyon katsayısının 0,93 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre, çimlenme oranı arttıkça

çimlenme hızının da arttığı, aynı şekilde çimlenme oranının azaldığı durumlarda çimlenme hızının da azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.2. Çimlenme oranı - Çimlenme gücü ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme oranı ile çimlenme gücü arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p < 0,01$) olup, korelasyon katsayısının 1,00 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre, çimlenme oranı arttıkça çimlenme gücünün de arttığı, aynı şekilde çimlenme oranının azaldığı durumlarda çimlenme gücünün de azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.3. Çimlenme oranı - Çimlenme hızı katsayısı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme oranı ile çimlenme hızı katsayısı arasındaki ilişkinin, istatistiksel anlamda önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu bulunmuştur.

4.2.4. Çimlenme oranı - Çimlenme hızı indeksi ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme oranı ile çimlenme hızı indeksi arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p < 0,01$) olup, korelasyon katsayısının 1,00 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre, çimlenme oranı arttıkça çimlenme hızı indeksinin de arttığı, aynı şekilde çimlenme oranının azaldığı durumlarda çimlenme hızı indeksinin de azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.5. Çimlenme oranı - Ortalama çimlenme zamanı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme oranı ile ortalama çimlenme zamanı arasındaki ilişkinin, istatistiksel anlamda önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu bulunmuştur.

4.2.6. Çimlenme oranı - Çimlenme gücü indeksi ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme oranı ile çimlenme gücü indeksi arasındaki ilişkinin, istatistiksel anlamda önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu bulunmuştur.

4.2.7. Çimlenme oranı - Sürgün uzunluğu ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme oranı ile sürgün uzunluğu arasındaki ilişkinin, istatistiksel anlamda önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu bulunmuştur.

4.2.8. Çimlenme oranı - Kök uzunluğu ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme oranı ile kök uzunluğu arasındaki ilişkinin, istatistiksel anlamda önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu bulunmuştur.

4.2.9. Çimlenme oranı - Kök sayısı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme oranı ile kök sayısı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda önemli ($p < 0,05$) olup, korelasyon katsayısının 0,21 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre, kök sayısı arttıkça çimlenme oranının da arttığı, aynı şekilde kök sayısının azaldığı durumlarda çimlenme oranının da azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.10. Çimlenme oranı - Sürgün yaş ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme oranı ile sürgün yaş ağırlığı arasındaki ilişkinin, istatistiksel anlamda önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu bulunmuştur.

4.2.11. Çimlenme oranı - Sürgün kuru ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme oranı ile sürgün kuru ağırlığı arasındaki ilişkinin, istatistiksel anlamda önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu bulunmuştur.

4.2.12. Çimlenme oranı - Kök yaş ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme oranı ile kök yaş ağırlığı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda önemli ($p < 0,05$) olup, korelasyon katsayısının -0,23 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki ters orantıya göre kök yaş ağırlığı arttıkça çimlenme oranının azaldığı, çimlenme oranının artmasına karşın, kök yaş ağırlığının azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.13. Çimlenme oranı - Kök kuru ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme oranı ile kök kuru ağırlığı arasındaki ilişkinin, istatistiksel anlamda önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu bulunmuştur.

4.2.14. Çimlenme hızı - Çimlenme gücü ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme hızı ile çimlenme gücü arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p < 0,01$) olup, korelasyon katsayısının 0,93 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre, çimlenme hızı arttıkça

çimlenme gücünün de arttığı, aynı şekilde çimlenme hızının azaldığı durumlarda çimlenme gücünün de azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.15. Çimlenme hızı - Çimlenme hızı katsayısı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme hızı ile çimlenme hızı katsayısı arasındaki ilişkinin, istatistiksel anlamda önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu bulunmuştur.

4.2.16. Çimlenme hızı - Çimlenme hızı indeksi ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme hızı ile çimlenme hızı indeksi arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p < 0,01$) olup, korelasyon katsayısının 0,93 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre, çimlenme hızı arttıkça çimlenme hızı indeksinin de arttığı, aynı şekilde çimlenme hızının azaldığı durumlarda çimlenme hızı indeksinin de azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.17. Çimlenme hızı - Ortalama çimlenme zamanı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme hızı ile ortalama çimlenme zamanı arasındaki ilişkinin, istatistiksel anlamda önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu bulunmuştur.

4.2.18. Çimlenme hızı - Çimlenme gücü indeksi ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme hızı ile çimlenme gücü indeksi arasındaki ilişkinin, istatistiksel anlamda önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu bulunmuştur.

4.2.19. Çimlenme hızı - Sürgün uzunluğu ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme hızı ile sürgün uzunluğu arasındaki ilişkinin, istatistiksel anlamda önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu bulunmuştur.

4.2.20. Çimlenme hızı - Kök uzunluğu ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme hızı ile kök uzunluğu arasındaki ilişkinin, istatistiksel anlamda önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu bulunmuştur.

4.2.21. Çimlenme hızı - Kök sayısı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme hızı ile kök sayısı arasındaki ilişkinin, istatistiksel anlamda önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu bulunmuştur.

4.2.22. Çimlenme hızı - Sürgün yaş ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme hızı ile sürgün yaş ağırlığı arasındaki ilişkinin, istatistiksel anlamda önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu bulunmuştur.

4.2.23. Çimlenme hızı - Sürgün kuru ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme hızı ile sürgün kuru ağırlığı arasındaki ilişkinin, istatistiksel anlamda önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu bulunmuştur.

4.2.24. Çimlenme hızı - Kök yaş ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme hızı ile kök yaş ağırlığı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda önemli ($p < 0,05$) olup, korelasyon katsayısının -0,22 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki ters orantıya göre kök yaş ağırlığı arttıkça çimlenme hızının azaldığı, çimlenme hızının artmasına karşın, kök yaş ağırlığının azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.25. Çimlenme hızı - Kök kuru ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme hızı ile kök kuru ağırlığı arasındaki ilişkinin, istatistiksel anlamda önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu bulunmuştur.

4.2.26. Çimlenme gücü - Çimlenme hızı katsayısı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme gücü (ÇG) ile çimlenme hızı katsayısı (ÇHK) arasındaki ilişkinin, istatistiksel anlamda önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu bulunmuştur.

4.2.27. Çimlenme gücü - Çimlenme hızı indeksi ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme gücü ile çimlenme hızı indeksi arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p < 0,01$) olup, korelasyon katsayısının 1,00 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre, çimlenme gücü arttıkça çimlenme hızı indeksinin de arttığı, aynı şekilde çimlenme gücünün azaldığı durumlarda çimlenme hızı indeksinin de azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.28. Çimlenme gücü - Ortalama çimlenme zamanı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme gücü ile ortalama çimlenme zamanı arasındaki ilişkinin, istatistiksel anlamda önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu bulunmuştur.

4.2.29. Çimlenme gücü - Çimlenme gücü indeksi ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme gücü ile çimlenme gücü indeksi arasındaki ilişkinin, istatistiksel anlamda önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu bulunmuştur.

4.2.30. Çimlenme gücü - Sürgün uzunluğu ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme gücü ile sürgün uzunluğu arasındaki ilişkinin, istatistiksel anlamda önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu bulunmuştur.

4.2.31. Çimlenme gücü - Kök uzunluğu ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme gücü ile kök uzunluğu arasındaki ilişkinin, istatistiksel anlamda önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu bulunmuştur.

4.2.32. Çimlenme gücü - Kök sayısı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme gücü ile kök sayısı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda önemli ($p < 0,05$) olup, korelasyon katsayısının 0,21 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre, kök sayısı arttıkça çimlenme gücünün de arttığı, aynı şekilde kök sayısının azaldığı durumlarda çimlenme gücünün de azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.33. Çimlenme gücü - Sürgün yaş ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme gücü ile sürgün yaş ağırlığı arasındaki ilişkinin, istatistiksel anlamda önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu bulunmuştur.

4.2.34. Çimlenme gücü - Sürgün kuru ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme gücü ile sürgün kuru ağırlığı arasındaki ilişkinin, istatistiksel anlamda önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu bulunmuştur.

4.2.35. Çimlenme gücü - Kök yaş ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme gücü ile kök yaş ağırlığı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda önemli ($p < 0,05$) olup, korelasyon katsayısının -0,23

olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki ters orantıya göre kök yaş ağırlığı arttıka çimlenme gücünün azaldığı, çimlenme gücünün artmasına karşın, kök yaş ağırlığının azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.36. Çimlenme gücü - Kök kuru ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme gücü ile kök kuru ağırlığı arasındaki ilişkinin, istatistiksel anlamda önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu bulunmuştur.

4.2.37. Çimlenme hızı katsayısı - çimlenme hızı indeksi ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme hızı katsayısı ile çimlenme hızı indeksi arasındaki ilişkinin, istatistiksel anlamda önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu bulunmuştur.

4.2.38. Çimlenme hızı katsayısı - Ortalama imlenme zamanı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme hızı katsayısı ile ortalama çimlenme zamanı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p < 0,01$) olup, korelasyon katsayısının -0,99 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki ters orantıya göre, çimlenme hızı katsayısı arttıka ortalama çimlenme zamanının azaldığı, çimlenme hızı katsayısının azaldığı durumlarda ortalama çimlenme zamanının arttığı tespit edilmiştir.

4.2.39. Çimlenme hızı katsayısı - çimlenme gücü indeksi ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme hızı katsayısı ile çimlenme gücü indeksi arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p < 0,01$) olup, korelasyon katsayısının -0,65 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki ters orantıya göre, çimlenme hızı katsayısı arttıka çimlenme gücü indeksinin azaldığı, çimlenme hızı katsayısının azaldığı durumlarda çimlenme gücü indeksinin arttığı tespit edilmiştir.

4.2.40. Çimlenme hızı katsayısı - Sürgün uzunluğu ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme hızı katsayısı ile sürgün uzunluğu arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p < 0,01$) olup, korelasyon katsayısının -0,81 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki ters orantıya göre sürgün uzunluğu arttıka çimlenme hızı katsayısının azaldığı, çimlenme hızı katsayısının artmasına karşın, sürgün uzunluğunun azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.41. Çimlenme hızı katsayısı - Kök uzunluğu ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme hızı katsayısı ile kök uzunluğu arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p<0,01$) olup, korelasyon katsayısının $-0,43$ olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki ters orantıya göre kök uzunluğu arttıkça çimlenme hızı katsayısının azaldığı, çimlenme hızı katsayısının artmasına karşın, kök uzunluğunun azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.42. Çimlenme hızı katsayısı - Kök sayısı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme hızı katsayısı ile kök sayısı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p<0,01$) olup, korelasyon katsayısının $0,29$ olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre kök sayısı arttıkça çimlenme hızı katsayısının arttığı, aynı şekilde kök sayısının da azaldığı durumlarda, çimlenme hızı katsayısının da azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.43. Çimlenme hızı katsayısı - Sürgün yaş ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme hızı katsayısı ile sürgün yaş ağırlığı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p<0,01$) olup, korelasyon katsayısının $-0,31$ olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki ters orantıya göre sürgün yaş ağırlığı arttıkça çimlenme hızı katsayısının azaldığı, çimlenme hızı katsayısının artmasına karşın, sürgün yaş ağırlığının azaldığı tespit edilmiştir.

4.3.44. Çimlenme hızı katsayısı - Sürgün kuru ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme hızı katsayısı ile sürgün kuru ağırlığı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda önemli ($p<0,05$) olup, korelasyon katsayısının $-0,22$ olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki ters orantıya göre sürgün kuru ağırlığı arttıkça çimlenme hızı katsayısının azaldığı, çimlenme hızı katsayısının artmasına karşın, sürgün kuru ağırlığının azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.45. Çimlenme hızı katsayısı - Kök yaş ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme hızı katsayısı ile kök yaş ağırlığı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p<0,01$) olup, korelasyon katsayısının $-0,30$ olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki ters orantıya göre kök yaş

ağırlığı arttıkça çimlenme hızı katsayısının azaldığı, çimlenme hızı katsayısının artmasına karşın, kök yaş ağırlığının azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.46. Çimlenme hızı katsayısı - Kök kuru ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme hızı katsayısı ile kök kuru ağırlığı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p < 0,01$) olup, korelasyon katsayısının -0,34 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki ters orantıya göre kök kuru ağırlığı arttıkça çimlenme hızı katsayısının azaldığı, çimlenme hızı katsayısının artmasına karşın, kök kuru ağırlığının azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.47. Çimlenme hızı indeksi - Ortalama çimlenme zamanı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme hızı indeksi ile ortalama çimlenme zamanı arasındaki ilişkinin, istatistiksel anlamda önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu bulunmuştur.

4.2.48. Çimlenme hızı indeksi - Çimlenme gücü indeksi ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme hızı indeksi ile çimlenme gücü indeksi arasındaki ilişkinin, istatistiksel anlamda önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu bulunmuştur.

4.2.49. Çimlenme hızı indeksi - Sürgün uzunluğu ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme hızı indeksi ile sürgün uzunluğu arasındaki ilişkinin, istatistiksel anlamda önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu bulunmuştur.

4.2.50. Çimlenme hızı indeksi - Kök uzunluğu ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme hızı indeksi ile kök uzunluğu arasındaki ilişkinin, istatistiksel anlamda önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu bulunmuştur.

4.2.51. Çimlenme hızı indeksi - Kök sayısı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme hızı indeksi ile kök sayısı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda önemli ($p < 0,05$) olup, korelasyon katsayısının 0,21 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre, kök sayısı arttıkça çimlenme hızı indeksinin de arttığı, aynı şekilde kök sayısının azaldığı durumlarda çimlenme hızı indeksinin de azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.52. Çimlenme hızı indeksi - Sürgün yaş ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme hızı indeksi ile sürgün yaş ağırlığı arasındaki ilişkinin, istatistiksel anlamda önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu bulunmuştur.

4.2.53. Çimlenme hızı indeksi - Sürgün kuru ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre sürgün çimlenme hızı indeksi ile sürgün kuru ağırlığı arasındaki ilişkinin, istatistiksel anlamda önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu bulunmuştur.

4.2.54. Çimlenme hızı indeksi - Kök yaş ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme hızı indeksi ile kök yaş ağırlığı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda önemli ($p < 0,05$) olup, korelasyon katsayısının -0,23 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki ters orantıya göre kök yaş ağırlığı arttıkça çimlenme hızı indeksinin azaldığı, çimlenme hızı indeksinin artmasına karşın, kök yaş ağırlığının azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.55. Çimlenme hızı indeksi - Kök kuru ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme hızı indeksi ile kök kuru ağırlığı arasındaki ilişkinin, istatistiksel anlamda önemsiz ($p \geq 0,05$) olduğu bulunmuştur.

4.2.56. Ortalama çimlenme zamanı - Çimlenme gücü indeksi ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre ortalama çimlenme zamanı ile çimlenme gücü indeksi arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p < 0,01$) olup, korelasyon katsayısının 0,66 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre, ortalama çimlenme zamanı arttıkça çimlenme gücü indeksinin de arttığı, aynı şekilde ortalama çimlenme zamanının azaldığı durumlarda çimlenme gücü indeksinin de azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.57. Ortalama çimlenme zamanı - Sürgün uzunluğu ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre sürgün uzunluğu ile ortalama çimlenme zamanı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p < 0,01$) olup, korelasyon katsayısının 0,83 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre, sürgün uzunluğu arttıkça ortalama çimlenme zamanının da arttığı, aynı şekilde sürgün

uzunluğunun azaldığı durumlarda ortalama çimlenme zamanının da azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.58. Ortalama çimlenme zamanı - Kök uzunluğu ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre ortalama çimlenme zamanı ile kök uzunluğu arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p<0,01$) olup, korelasyon katsayısının 0,43 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre, kök uzunluğu arttıkça ortalama çimlenme zamanının da arttığı, aynı şekilde kök uzunluğunun azaldığı durumlarda ortalama çimlenme zamanının da azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.59. Ortalama çimlenme zamanı - Kök sayısı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre ortalama çimlenme zamanı ile kök sayısı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p<0,01$) olup, korelasyon katsayısının -0,31 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki ters orantıya göre, kök sayısı arttıkça ortalama çimlenme zamanının azaldığı, kök sayısının azaldığı durumlarda ortalama çimlenme zamanının arttığı tespit edilmiştir.

4.2.60. Ortalama çimlenme zamanı - Sürgün yaş ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre ortalama çimlenme zamanı ile sürgün yaş ağırlığı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p<0,01$) olup, korelasyon katsayısının 0,34 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre, sürgün yaş ağırlığı arttıkça ortalama çimlenme zamanının da arttığı, aynı şekilde sürgün yaş ağırlığının azaldığı durumlarda ortalama çimlenme zamanının da azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.61. Ortalama çimlenme zamanı - Sürgün kuru ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre ortalama çimlenme zamanı ile sürgün kuru ağırlığı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p<0,01$) olup, korelasyon katsayısının 0,27 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre, sürgün kuru ağırlığı arttıkça ortalama çimlenme zamanının da arttığı, aynı şekilde sürgün kuru ağırlığının azaldığı durumlarda ortalama çimlenme zamanının da azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.62. Ortalama çimlenme zamanı - Kök yaş ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre ortalama çimlenme zamanı ile kök yaş ağırlığı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p<0,01$) olup, korelasyon katsayısının 0,34 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre, kök yaş ağırlığı arttıkça ortalama çimlenme zamanının da arttığı, aynı şekilde kök yaş ağırlığının azaldığı durumlarda ortalama çimlenme zamanının da azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.63. Ortalama çimlenme zamanı - Kök kuru ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre ortalama çimlenme zamanı ile kök kuru ağırlığı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p<0,01$) olup, korelasyon katsayısının 0,36 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre, kök kuru ağırlığı arttıkça ortalama çimlenme zamanının da arttığı, aynı şekilde kök kuru ağırlığının azaldığı durumlarda ortalama çimlenme zamanının da azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.64. Çimlenme gücü indeksi - Sürgün uzunluğu ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme gücü indeksi ile sürgün uzunluğu arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p<0,01$) olup, korelasyon katsayısının 0,82 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre, sürgün uzunluğu arttıkça çimlenme gücü indeksinin de arttığı, aynı şekilde sürgün uzunluğunun azaldığı durumlarda çimlenme gücü indeksinin de azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.65. Çimlenme gücü indeksi - Kök uzunluğu ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme gücü indeksi ile kök uzunluğu arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p<0,01$) olup, korelasyon katsayısının 0,92 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre, kök uzunluğu arttıkça çimlenme gücü indeksinin de arttığı, aynı şekilde kök uzunluğunun azaldığı durumlarda çimlenme gücü indeksinin de azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.66. Çimlenme gücü indeksi - Kök sayısı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme gücü indeksi ile kök sayısı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p<0,01$) olup, korelasyon katsayısının -0,48 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki ters orantıya göre, kök sayısı

arttıkça çimlenme gücü indeksinin azaldığı, kök sayısının azaldığı durumlarda çimlenme gücü indeksinin arttığı tespit edilmiştir.

4.2.67. Çimlenme gücü indeksi - Sürgün yaş ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme gücü indeksi ile sürgün yaş ağırlığı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p<0,01$) olup, korelasyon katsayısının 0,69 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre, sürgün yaş ağırlığı arttıkça çimlenme gücü indeksinin de arttığı, aynı şekilde sürgün yaş ağırlığının azaldığı durumlarda çimlenme gücü indeksinin de azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.68. Çimlenme gücü indeksi - Sürgün kuru ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme gücü indeksi ile sürgün kuru ağırlığı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p<0,01$) olup, korelasyon katsayısının 0,38 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre, sürgün kuru ağırlığı arttıkça çimlenme gücü indeksinin de arttığı, aynı şekilde sürgün kuru ağırlığının azaldığı durumlarda çimlenme gücü indeksinin de azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.69. Çimlenme gücü indeksi - Kök yaş ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme gücü indeksi ile kök yaş ağırlığı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p<0,01$) olup, korelasyon katsayısının 0,57 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre, kök yaş ağırlığı arttıkça çimlenme gücü indeksinin de arttığı, aynı şekilde kök yaş ağırlığının azaldığı durumlarda çimlenme gücü indeksinin de azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.70. Çimlenme gücü indeksi - Kök kuru ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre çimlenme gücü indeksi ile kök kuru ağırlığı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p<0,01$) olup, korelasyon katsayısının 0,75 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre, kök kuru ağırlığı arttıkça çimlenme gücü indeksinin de arttığı, aynı şekilde kök kuru ağırlığının azaldığı durumlarda çimlenme gücü indeksinin de azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.71. Sürgün uzunluğu - Kök uzunluğu ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre sürgün uzunluğu ile kök uzunluğu arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p<0,01$) olup, korelasyon katsayısının 0,57 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre, sürgün uzunluğu arttıkça kök uzunluğunun da arttığı, aynı şekilde sürgün uzunluğunun azaldığı durumlarda kök uzunluğunun da azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.72. Sürgün uzunluğu - Kök sayısı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre sürgün uzunluğu ile kök sayısı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p<0,01$) olup, korelasyon katsayısının -0,30 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki ters orantıya göre sürgün uzunluğu arttıkça kök sayısının azaldığı, kök sayısının artmasına karşın, sürgün uzunluğunun azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.73. Sürgün uzunluğu - Sürgün yaş ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre sürgün uzunluğu ile sürgün yaş ağırlığı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p<0,01$) olup, korelasyon katsayısının 0,61 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre, sürgün uzunluğu arttıkça sürgün yaş ağırlığının da arttığı, aynı şekilde sürgün uzunluğunun azaldığı durumlarda sürgün yaş ağırlığının da azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.74. Sürgün uzunluğu - Sürgün kuru ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre sürgün uzunluğu ile sürgün kuru ağırlığı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p<0,01$) olup, korelasyon katsayısının 0,50 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre, sürgün uzunluğu arttıkça sürgün kuru ağırlığının da arttığı, aynı şekilde sürgün uzunluğunun azaldığı durumlarda sürgün kuru ağırlığının da azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.75. Sürgün uzunluğu - Kök yaş ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre sürgün uzunluğu ile kök yaş ağırlığı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p<0,01$) olup, korelasyon katsayısının 0,40 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre, sürgün uzunluğu

arttikça kök yaş ağırlığının da arttığı, aynı şekilde sürgün uzunluğunun azaldığı durumlarda kök yaş ağırlığının da azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.76. Sürgün uzunluğu - Kök kuru ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre sürgün uzunluğu ile kök kuru ağırlığı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p<0,01$) olup, korelasyon katsayısının 0,50 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre, sürgün uzunluğu arttikça kök kuru ağırlığının da arttığı, aynı şekilde sürgün uzunluğunun azaldığı durumlarda kök kuru ağırlığının da azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.77. Kök uzunluğu - Kök sayısı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre kök uzunluğu ile kök sayısı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p<0,01$) olup, korelasyon katsayısının -0,55 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki ters orantıya göre, kök uzunluğu arttikça kök sayısının azaldığı, kök uzunluğunun azaldığı durumlarda kök sayısının arttığı tespit edilmiştir.

4.2.78. Kök uzunluğu - Sürgün yaş ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre kök uzunluğu ile sürgün yaş ağırlığı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p<0,01$) olup, korelasyon katsayısının 0,62 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre, kök uzunluğu arttikça sürgün yaş ağırlığının da arttığı, aynı şekilde kök uzunluğunun azaldığı durumlarda sürgün yaş ağırlığının da azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.79. Kök uzunluğu - Sürgün kuru ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre kök uzunluğu ile sürgün kuru ağırlığı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p<0,01$) olup, korelasyon katsayısının 0,25 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre, kök uzunluğu arttikça sürgün kuru ağırlığının da arttığı, aynı şekilde kök uzunluğunun azaldığı durumlarda sürgün kuru ağırlığının da azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.80. Kök uzunluğu - Kök yaş ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre kök uzunluğu ile kök yaş ağırlığı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p<0,01$) olup, korelasyon katsayısının 0,62 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre, kök uzunluğu arttıkça kök yaş ağırlığının da arttığı, aynı şekilde kök uzunluğunun azaldığı durumlarda kök yaş ağırlığının da azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.81. Kök uzunluğu - Kök kuru ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre kök uzunluğu ile kök kuru ağırlığı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p<0,01$) olup, korelasyon katsayısının 0,78 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre, kök uzunluğu arttıkça kök kuru ağırlığının da arttığı, aynı şekilde kök uzunluğunun azaldığı durumlarda kök kuru ağırlığının da azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.82. Kök sayısı - Sürgün yaş ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre kök sayısı ile sürgün yaş ağırlığı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p<0,01$) olup, korelasyon katsayısının -0,41 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki ters orantıya göre, kök sayısı arttıkça sürgün yaş ağırlığının azaldığı, kök sayısının azaldığı durumlarda sürgün yaş ağırlığının da arttığı tespit edilmiştir.

4.2.83. Kök sayısı - Sürgün kuru ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre kök sayısı ile sürgün kuru ağırlığı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p<0,01$) olup, korelasyon katsayısının -0,22 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki ters orantıya göre, kök sayısı arttıkça sürgün kuru ağırlığının azaldığı, kök sayısının azaldığı durumlarda sürgün kuru ağırlığının arttığı tespit edilmiştir.

4.2.84. Kök sayısı - Kök yaş ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre kök sayısı ile kök yaş ağırlığı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p<0,01$) olup, korelasyon katsayısının -0,56 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki ters orantıya göre, kök sayısı arttıkça kök

yaş ağırlığının azaldığı, kök sayısının azaldığı durumlarda kök yaş ağırlığının arttığı tespit edilmiştir.

4.2.85. Kök sayısı - Kök kuru ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre kök sayısı ile kök kuru ağırlığı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p<0,01$) olup, korelasyon katsayısının -0,54 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki ters orantıya göre, kök sayısı arttıkça kök kuru ağırlığının azaldığı, kök sayısının azaldığı durumlarda kök kuru ağırlığının arttığı tespit edilmiştir.

4.2.86. Sürgün yaş ağırlığı - Sürgün kuru ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre sürgün yaş ağırlığı ile sürgün kuru ağırlığı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p<0,01$) olup, korelasyon katsayısının 0,82 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre sürgün yaş ağırlığı arttıkça sürgün kuru ağırlığının da arttığı, aynı şekilde sürgün yaş ağırlığının azaldığı durumlarda sürgün kuru ağırlığının da azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.87. Sürgün yaş ağırlığı - Kök yaş ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre sürgün yaş ağırlığı ile kök yaş ağırlığı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p<0,01$) olup, korelasyon katsayısının 0,59 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre, sürgün yaş ağırlığı arttıkça kök yaş ağırlığının da arttığı, aynı şekilde sürgün yaş ağırlığının azaldığı durumlarda kök yaş ağırlığının da azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.88. Sürgün yaş ağırlığı - Kök kuru ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre sürgün yaş ağırlığı ile kök kuru ağırlığı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p<0,01$) olup, korelasyon katsayısının 0,67 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre, sürgün yaş ağırlığı arttıkça kök kuru ağırlığının da arttığı, aynı şekilde sürgün yaş ağırlığının azaldığı durumlarda kök kuru ağırlığının da azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.89. Sürgün kuru ağırlığı - Kök yaş ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre sürgün kuru ağırlığı ile kök yaş ağırlığı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p<0,01$) olup, korelasyon katsayısının 0,46 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre, sürgün kuru ağırlığı arttıkça kök yaş ağırlığının da arttığı, aynı şekilde sürgün kuru ağırlığının azaldığı durumlarda kök yaş ağırlığının da azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.90. Sürgün kuru ağırlığı - Kök kuru ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre sürgün kuru ağırlığı ile kök kuru ağırlığı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda çok önemli ($p<0,01$) olup, korelasyon katsayısının 0,43 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre, sürgün kuru ağırlığı arttıkça kök kuru ağırlığının da arttığı, aynı şekilde sürgün kuru ağırlığının azaldığı durumlarda kök kuru ağırlığının da azaldığı tespit edilmiştir.

4.2.91. Kök yaş ağırlığı - Kök kuru ağırlığı ilişkisi

Çizelge 4.26'da verilen analiz sonuçlarına göre kök yaş ağırlığı ile kök kuru ağırlığı arasındaki ilişki, istatistiksel anlamda önemli ($p<0,05$) olup, korelasyon katsayısının 0,67 olduğu görülmüştür. Birbirleri arasındaki doğru orantıya göre, kök yaş ağırlığı arttıkça kök kuru ağırlığının da arttığı, aynı şekilde kök yaş ağırlığının azaldığı durumlarda kök kuru ağırlığının da azaldığı tespit edilmiştir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) bütün dünyada insanoğlunun beslenme ihtiyacının karşılanmasında çok önemli bir yer kaplamasından ve besin alım döngüsü içerisinde kendisine büyük bir yer bulmasından dolayı, klasik ıslah ve biyoteknolojik çalışmalarda yoğun olarak kullanılan bir bitkidir. Böylesine stratejik bir ürün olan ve besin zincirinde önemli bir yer etmeyi başaran buğday üzerinde çok sayıda geleneksel ve modern biyoteknolojik çalışmalar yapılmasına rağmen, nanopartiküllerin kullanıldığı nanoteknolojik araştırmaların çok az sayıda yürütüldüğü görülmektedir.

Son zamanlarda tarımsal üretimde nanomateryallerin kullanımının artmasıyla birlikte, buğday bitkisinin ıslahı, tohumluk üretimi ve yetiştirilmesinde bu teknolojinin kullanımına olan ilgi de gittikçe artmaya başlamıştır. Daha önce yapılan birçok çalışmada kullanıldığı gibi bu çalışmanın da esasını teşkil eden Mg^{+2} elementinin, buğday yetiştiriciliğinde önemli fonksiyonları olduğu, incelenen literatür kaynaklarından açıkça görmek mümkündür. Çalışmamızda kullanılan MgO NP'lerinin jasmonik asit, asetil salisilik asit, melatonin ve seretonin vb. birçok bitki büyüme düzenleyicisinde olduğu gibi bitkileri çok sayıda biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı koruduğu ve bu nedenle bitkilerin korunması ve muhafazasında alternatif bir kaynak olarak tercih edilebileceği yönünde çok sayıda tavsiyeler yer almaktadır. Yapılan bu tez çalışması ile farklı dozdaki MgO NP'leri ve $MgSO_4$ 'ün buğday tohumlarının çimlenmesi ve sürgün oluşturması üzerine etkileri araştırılmış, elde edilen sonuçlarla bu kimyasalların geniş alanlarda kullanılabilirliği ile ilgili bir ön bilgi ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Araştırmamızda Kırık ve Odeska buğday çeşitleri kullanılmış ve çalışma Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tohumluk Laboratuvarı'nda yürütülmüştür. MgO NP'leri ve $MgSO_4$ 'ün 0 – 92,4 – 185,0 – 370,0 – 545,0 – 740,0 ve 925,0 mg/L doz konsantrasyonlarının uygulandığı çalışmada; çimlenme oranı (%), çimlenme hızı (%), çimlenme gücü (%), çimlenme hızı katsayısı, ortalama çimlenme zamanı, çimlenme gücü indeksi, çimlenme hızı indeksi, sürgün uzunluğu (cm), kök uzunluğu (cm), kök sayısı (adet), sürgün ve kök yaş ağırlıkları (g), sürgün ve kök kuru ağırlıkları (g) ölçüm ve

değerlendirilmeleri yapılmıştır. Tesadüf parselleri deneme desenine göre yürütülen çalışmada varyans analizi, Duncan çoklu karşılaştırma testi ve korelasyon analizi ile parametreler arasındaki ilişkiler ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Çimlenme ile ilgili sonuçlara bakıldığında; çeşitler arasında çimlenme hızı katsayısı, ortalama çimlenme zamanı ve çimlenme gücü indeksi yönünden farklılıklar olduğu görülürken, incelenen diğer çimlenme parametreleri yönünden istatistiki anlamda bir farklılık olmadığı belirlenmiştir. Çimlenme hızı katsayısı Odeska çeşidinde (84,0), Kırık çeşidinde (52,16), ortalama çimlenme zamanı Kırık çeşidinde (1,92), Odeska çeşidinde (1,20), çimlenme gücü indeksi ise Kırık çeşidinde (3016,30), Odeska çeşidinde (2370,77) değerlerini vermiştir. Bu sonuçlara göre Kırık çeşidinin Odeska çeşidine göre daha iyi çimlenme parametre değerleri verdiği görülmektedir.

Uygulamalara bakıldığında; MgO NP'leri ve MgSO₄'ün sadece ortalama çimlenme zamanı ve çimlenme gücü indeksi yönünden farklılık gösterdiği, diğer karakterler arasındaki farklılığın istatistiki olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Çalışmada uygulanan MgO NP'lerinin MgSO₄ ile çok yakın değerler verdiği, çimlenme gücü indeksi yönünden de daha iyi durumda olduğu (2738,28) görüldüğünden, MgO NP'lerinin gelecekte yapılacak çalışmalarda alternatif bir NP olarak düşünülebileceği, geniş alanlarda yapılacak nano-gübre kullanımında da dikkate değer bir potansiyeli arzettiği aşikardır.

Uygulama dozları incelendiğinde; çimlenme hızı katsayısı, ortalama çimlenme zamanı ve çimlenme gücü indeksi parametrelerinin istatistiki olarak anlamlı farklılıklar içerdiği, buna karşın diğer uygulama dozları arasındaki farklılığın önemli olmadığı görülmektedir. Çalışma sonucundan, uygulama dozlarının çimlenme değerlerine olumsuz bir etkisinin olmadığı, hatta çimlenmeye önemli katkılar sağladığı, 92,4 – 185,0 – 370,0 – 545,0 ve 740,0 mg/L konsantrasyonlarına kadar olan aralıkta herhangi bir dozun daha sonra yapılacak çalışmalarda ve geniş alanlardaki uygulamalarda rahatlıkla kullanılabileceği açık bir şekilde ortaya konulmuştur.

Fide elde etme değerleri incelendiğinde; incelenen bütün karakterler yönünden çeşitler arasındaki farkın önemli olduğu, Kırık çeşidinin kök sayısı hariç bütün

parametrelerde üstün özellik gösterdiği görülmektedir. Kültür ortamında geliştirilen bitkiciklerin, doğal ortamına alıştırılmasında önemli kriterlerden sürgün uzunluğu Kırık çeşidinde 16,89 cm, Odeska çeşidinde ise 13,64 cm olarak ölçülmüş, kök uzunluğu ise Kırık çeşidinde 13,73 cm, Odeska çeşidinde ise 10,50 cm olarak ölçülmüştür.

Sürgün elde etmede MgO NP'leri ve MgSO₄'ün incelenen bütün karakterlere etkisi önemli bulunmuş, MgO NP'lerinin etkisinin tüm parametrelerde önde olduğu, sadece kök sayısında MgSO₄'ün daha iyi durumda olduğu görülmektedir. MgO NP'nin 15,48 cm sürgün uzunluğu, 12,45 cm kök uzunluğu verdiği, buna karşın MgSO₄ uygulamasının 15,05 cm sürgün uzunluğu ve 11,78 cm kök uzunluğu verdiği tespit edilmiştir. Burada da MgO NP uygulamalarının sürgün oluşturma parametreleri üzerine etkilerinin çok belirgin olduğu ve gelecekte yapılacak çalışmalarda alternatif bir nano-gübre ya da stres faktörlerine karşı koruyucu olarak kullanılabilmesi aşıkardır.

Fide elde etme değerlerine uygulama dozlarının etkileri incelendiğinde, bütün dozların kök yaş ağırlığı hariç, incelenen parametrelere olan etkisinin önemli olduğu, dozajlar arttıkça sürgün ve kök değerlerine herhangi bir olumsuz etkilerinin olmadığı görülmektedir. En uzun sürgünlerin 92,4 mg/L konsantrasyonundan elde edildiği (15,71 cm), bunu 545 mg/L (15,52 cm), 740 mg/L (15,41 cm), 370 mg/L (15,26 cm), 185 mg/L (15,21 cm) ve 0 mg/L – kontrol (14,93 cm) uygulamalarının takip ettiği, en kısa sürgünlerin ise 925 mg/L (14,8 cm) uygulamasından elde edildiği görülmektedir. Önemli bir parametre olan kök uzunluğunda da benzer sonuçlar belirlendiğinden; sürgün elde etmede de kontrol dışındaki dozaj uygulamalarının önemli katkılarının olduğu açıkça ortaya konmuştur.

Elde edilen sonuçlardan çimlenme ve fide oluşturma değerlerinden en iyi sonuçlar Kırık çeşidinden, MgO NP uygulamasından ve 92,4 – 185,0 – 370,0 – 545,0 – 740 mg/L aralığındaki dozaj uygulamalarından elde edildiği net olarak görülmektedir. MgO NP uygulamasının bitkilerde oksin ve sitokinin etkisi olduğu, daha sonra yapılacak çalışmalarda etkin bir sürgün ve kök gelişimi için bu nanopartikülün farklı aralıktaki dozajlarda kullanımının araştırmacılara daha doğru sonuçlar verebileceği tavsiye edilebilir. Elde edilen bitkilerin saksıda, serada ve tarlada toprağa etkin bir şekilde tutunmasını ve

bitki besin elementlerinden verimli bir şekilde yararlanmasını sağlamak için daha canlı, daha uzun ve kalın sürgün ve köklerin elde edilmesi, bitki koruma, biyotik ve abiyotik stres faktörlerine dayanıklılık için MgO nanopartiküllerinin nano-gübre ya da başka amaçla kullanımı yönünde gelecekte çalışmalar yapılması uygulamacılara yeni ufuklar açacaktır. Buğday tohumlarına uygulanan MgO NP'lerinin tohumların çimlenme ve sürgün oluşturmalarını etkin bir şekilde düzenlediği, bu nedenle klasik ve biyoteknolojik ıslah çalışmalarında etkin bir rejenerasyon için kullanılabileceği, bu nedenle bu NP'lerin ticari üretime sunulmasının ekonomiye katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Abdul-Baki, A.A., Anderson, J.D., 1970. Viability and leaching of sugars from germinating barley. *Crop Science*, 10(1), 31-34.
- AOSA., 1983. *Seed vigor testing handbook*. Contribution to the handbook on seed testing. Association of Official Seed Analysts, Lincoln, NE, USA. 32.
- Awasthi, A., Bansal, S., Jangir, L.K., Awasthi, G., Awasthi, K.K. and Awasthi, K., 2017. Effect of ZnO Nanoparticles on Germination of *Triticum aestivum* Seeds. Project No. SB/FT/LS-338/2012., *Macromolecular Symposia*, 376, 1700043.
- Azimi, R., Feizi, H and Hosseini, M. K., 2013. Can bulk and nanosized titanium dioxide particles improve seed germination features of wheatgrass (*Agropyron desertorum*). *Notulae Scientia Biologicae*, 5(3), 325-331.
- Bindhu, M. R., Umadevi, M., Micheal, M. K., Arasu, M. V., and Al-Dhabi, N. A., 2016. Structural, morphological and optical properties of MgO nanoparticles for antibacterial applications. *Materials Letters*, 166, 19–22.
- Booyanitipong, P., Kumar, P., Kositsup, B., Baruah, S and Dutta, J., 2011. Effects of zinc oxide nanoparticles of roots of rice *Oryza sativa* L. *International Conference on Environment and BioScience*, 21, 172-176.
- Cai, L., Chen, J., Liu, Z., Wang, H., Yang, H. and Ding, W., 2018. Magnesium Oxide Nanoparticles: Effective Agricultural Antibacterial Agent Against *Ralstonia solanacearum*. *Frontiers in Microbiology*, 9, 790.
- Cakmak, I., Kirkby, EA., 2008. Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating photooxidative damage. *Physiologia Plantarum*, 133, 692–704.
- Cakmak, I., 2013. Magnesium in crop production food quality and human health. *Plant Soil*, 368, 1–4.
- Cakmak, I., 2015. Magnesium in crop production food quality and human health. *Crop & Pasture Science*, 66, i–ii.

- Chen, J., Peng, H., Wang, X., Shao, F., Yuan, Z., and Han, H. 2014. Graphene oxide exhibits broad-spectrum antimicrobial activity against bacterial phytopathogens and fungal conidia by intertwining and membrane perturbation. *Nanoscale* 6, 1879–1889.
- Chichiricò, G., Poma, A., 2015. Penetration and toxicity of nanomaterials in higher plants. *Nanomaterials*, 5, 851–873.
- Cifuentes, M., Fuentes, C., Mattar, P., Tobar, N., Hugo, E., Ben-Jonathan, N., Rojas, C., Martinez, J., 2010. Obesity-associated proinflammatory cytokines increase calcium sensing receptor (CaSR) protein expression in primary human adipocytes and LS14 human adipose cell line. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 500, 151–156.
- de Baaij, JHF., Hoenderop, JGJ., Bindels, RJM., 2015. Magnesium in man: implications for health and disease. *Physiological Reviews*, 95, 1–46.
- Delporte, F., O. Mostade and J. M. Jacquemin. 2001. Plant regeneration through callus initiation from thin mature embryo fragments of wheat. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 67, 73-80.
- Demir, E., Kaya, N., Kaya, B., 2014. Genotoxic effects of zinc oxide and titanium dioxide nanoparticles on root meristem cells of *Allium cepa* by comet assay. *Turkish Journal of Biology*, 38, 31-39.
- Demirbilek, E., 2015. Tarimda ve Gıdada Nanoteknoloji, *Journal of Food and Feed Science – Technology*, 15, 46-53.
- Dobrucka, R., 2016. Synthesis of MgO Nanoparticles Using *Artemisia abrotanum* Herba Extract and Their Antioxidant and Photocatalytic Properties. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science*, 42, 547–555.
- Doğaroğlu, Z.G. and Köleli, N., 2017. Effects of TiO₂ and ZnO nanoparticles on germinating and antioxidant system of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Ecology and Environmental Research*, 15(3), 1499-1510.

- Eggenberger, K., Birtalan, E., Schröder, T., Bräse, S., Nick, P., 2009. Passage of Trojan peptoids into plant cells. *Chembiochemistry*, 10(15), 2504–2512.
- Elkoca, E., 1997. *Fasulye (Phaseolus vulgaris L.)’de Tuza dayanıklılık üzerine bir araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum. 76.
- Epstein, E., Bloom, A.J., 2005. Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives, *2nd edition*. *Sinauer Associates*, Sunderland. ISBN: 0–87893–172–4, 380.
- Eren, H., Pekmezci, M. Y., Okay, S., Turktas, M., Inal, B., Ilhan, E., Unver, T., 2015. Hexaploid wheat (*Triticum aestivum*) root miRNome analysis in response to salt stress. *Annals of Applied Biology*, 167(2), 208-216.
- Fang, M., Chen, JH., Xu, XL., Yang, PH., Hildebrand, HF., 2006. Antibacterial activities of inorganic agents on six bacteria associated with oral infections by two susceptibility tests. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 27:513-517.
- Faraji, J., Sepehri, A., 2018. Titanium Dioxide Nanoparticles and Sodium Nitroprusside Alleviate the Adverse Effects of Cadmium Stress on Germination and Seedling Growth of Wheat (*Triticum aestivum* L.), *Universitas Scientiarum*, 23(1), 61-87.
- Feynman, R. P., 1960. There’s Plenty of Room at the Bottom, *Engineering Science*, 23, 22-36.
- Fleischer, A., O’Neill, M.A. and Ehwald, R. 1999. The pore size of non-graminaceous plant cell walls is rapidly decreased by borate estercross-linking of the pectic polysaccharide rhamnogalacturonan II. *Plant Physiology*, 121, 829–838.
- Ghodake, G., Seo, Y. D., Park, D and Lee, D. S., 2010. Phytotoxicity of carbon nanotubes assessed by *Brassica juncea* and *Phaseolus mungo*. *Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics*, 5, 157-160.

- Ghormade, V., Deshpande, M. V., and Paknikar, K. M. 2011. Perspectives for nano biotechnology enabled protection and nutrition of plants. *Biotechnology Advances*, 29, 792–803.
- Giroto AS, Guimarães GG, Foschini M, *et al.*, 2017. Role of Slow-release Nanocomposite Fertilizers on Nitrogen and Phosphate Availability in Soil[J]. *Scientific Reports*, 7, 1-11.
- Gojon, A., Nacry, P., Davidian, J.C., 2009. Root uptake regulation: a central process for NPS homeostasis in plants. *Current Opinion in Plant Biology*, 12, 328–338.
- Goldstain, A., 1997. Handbook of Nanophase Materials, *Marcel Dekker Inc*, New York. ISBN 9780824794699, 382.
- Hafeez, A., Razzaq, A., Mahmood, T., Jhanzab, H.M., 2015. Potential of Copper Nanoparticles to Increase Growth and Yield of Wheat. *Journal of Nanoscience with Advanced Technology*, 1(1), 6-11.
- Hassan, F., Parviz, R. M., Nasser, S and Amir, F., 2012. Impact of bulk and nanosized titanium dioxide (TiO₂) on wheat seed germination and seedling growth. *Biological Trace Element Research*. 146, 101-106.
- Hayashi, H., Hakuta, Y., 2010. Hydrothermal synthesis of metal oxide nanoparticles in supercritical water. *Materials*, 3, 3794–3817.
- Hemeg, H. A., 2017. Nanomaterials for alternative antibacterial therapy. *International Journal of Nanomedicine*, 12, 8211–8225.
- Hou, Y., Yu, J., Gao, S., 2003. Solvothermal Reduction synthesis and characterization of superparamagnetic magnetite nanoparticles. *Journal of Materials Chemistry A - Royal Society of Chemistry*, 13, 1983–1987.
- Huang, L., Li, DQ., Lin, YJ., Evans, D.G., Duan, X., 2005. Influence of nano-MgO particle size on bactericidal action against *Bacillus subtilis* var. niger. *Chinese Science Bulletin*, 50, 514-519.

- Huang, L., Li, D. Q., Lin, Y. J., Wei, M., Evans, D.G., and Duan, X., 2005. Controllable preparation of nano-MgO and investigation of its bactericidal properties. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 99, 986–993.
- Iannone, MF., Groppa, MD., Sousa, ME., Raap, MBF., Benavides, MP., 2016. Impact of magnetite iron oxide nanoparticles on wheat (*Triticum aestivum* L.) development: Evaluation of oxidative damage. *Environmental and Experimental Botany*, 131 77–88.
- Igamberdiev, AU., Kleczkowski, LA., 2015. Optimization of ATP synthase function in mitochondria and chloroplasts via the adenylate kinase equilibrium. *Frontiers in Plant Science*, 6,10.
- Imada, K., Sakai, S., Kajihara, H., Tanaka, S., and Ito, S., 2016. Magnesium oxide nanoparticles induce systemic resistance in tomato against bacterial wilt disease. *Plant Pathology*, 65, 551–560.
- Jhansi, K., Jayarambabu, N., Reddy, K.P., Reddy, N.M., Suvarna, R.P., Rao, K.V., Kumar, V.R., Rajendar, V., 2017. Biosynthesis of MgO nanoparticles using mushroom extract: effect on peanut (*Arachis hypogaea* L.) seed germination. *3 Biotech*, 7, 263.
- Jin, T., and He, Y., 2011. Antibacterial activities of magnesium oxide (MgO) nanoparticles against foodborne pathogens. *Journal of Nanoparticle Research*, 13, 6877–6885.
- Joseph, T. and Morrison, M., 2006. Nanotechnology in agriculture and food. *Nanoforum report, Institute of Nanotechnology*. 14.
- Jung, WK., Koo, HC., Kim, KW., Shin, S., Kim, SH., Park, YH., 2008. Antibacterial activity and mechanism of action of the silver ion in *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Applied and Environmental Microbiology*. 74, 2171-2178.
- Kalhapure, R. S., Suleman, N., Mocktar, C., Seedat, N., and Govender, T. 2015. Nanoengineered drug delivery systems for enhancing antibiotic therapy. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 104, 872–905.

- Koşunkartay, H., 2019. *Buğday İleri Mutant Hatlarının Tarımsal Özelliklerinin Erzurum Kuru Tarım Şartlarında Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum. 64.
- Kouhi, M., S.M., Lahouti, M., Ganjeali, A., 2015. Erratum to: 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 Soil Pollut*, 226, 364.
- Krishnamoorthy, K., Moon, J. Y., Hyun, H. B., Cho, S. K., and Kim, S.-J., 2012b. Mechanistic investigation on the toxicity of MgO nanoparticles toward cancer cells. *Journal of Materials Chemistry*, 22, 24610–24617.
- Kün, E., 1988. *Serin İklim Tahulları*. Ankara Üniversitesi. Ziraat Fak. Yayınları, Ankara. 1032, 322.
- Kumari, M., Khan, SS., Pakrashi, S., Mukherjee, A., 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, W., M., An, Y. J., Yoon, H., Kweon, H. S., 2008. Toxicity and bioavailability of copper nanoparticles to the terrestrial plants mung bean (*Phaseolus radiatus*) and wheat (*Triticum aestivum*): plant agar test for water-insoluble nanoparticles. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 27, 1915–1921.
- Lee, CW., Mahendra, S., Zodrow, K., Li, D., Tsai, YC., Braam, J., Alvarez, PJJ., 2010. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 29(3), 669-675.
- Lee H-J, Lee G, Jang NR, Yun JH, Song JY, Kim BS (2011) Biological synthesis of copper nanoparticles using plant extract. *Nanotechnology*, 1, 371–374.
- Li, J., Xiao, L., Wang, S., Yang, D., Zou, Z., 2019. Physiological Effects of MgO and ZnO Nanoparticles on the *Citrus maxima*. *Journal of Wuhan University of Technology- Materials Science Education*, 34, 243–253.

- Lin, D., Xing, B., 2007. Phytotoxicity of nanoparticles: Inhibition of seed germination and root growth. *Environmental Pollution*, 150:243-250.
- Lin, D., Xing, B., 2008. Root Uptake and Phytotoxicity of ZnO Nanoparticles. *Environmental Science & Technology*, 42(15), 5580–5585.
- Liu, W., Su, P., Chen, S., Wang, N., Ma, Y., Liu, Y., et al., 2014. Synthesis of TiO₂ nanotubes with ZnO nanoparticles to achieve antibacterial properties and stem cell compatibility. *Nanoscale* 6, 9050–9062.
- Ma, X., Wang, C., 2010. *Environmental Engineering Science*, 27,(11), 989-992.
- Mageshwari, K., Sawanta, Mali S., Sathyamoorthy, R., Patil, PS., 2013. Template-free synthesis of MgO nanoparticles for effective photocatalytic applications. *Powder Technology*, 249, 456–462.
- Maguire, J.D., 1962. Speed of germination—aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2(2), 176-177.
- Mahawar, H., Prasanna, R., Simranjit, K., 2017. Deciphering the Mode of Interactions of Nanoparticles with Mung Bean (*Vigna Radiata* L.) [J]. *Israel Journal of Plant Sciences*, 1-9
- Marschner, P., 2012. Marschner's mineral nutrition of higher plants, 3rd edition. *Elsevier, Academic Press*, USA. 672.
- Martinez-Boubeta, C., Balcells, L., Cristofol, R., Sanfeliu, C., Rodriguez, E., Weissleder, R., et al., 2010. Self-assembled multifunctional Fe/MgO nanospheres for magnetic resonance imaging and hyperthermia. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, 6, 362–370.
- Mbonyiryivuze, A., Zongo, S., Diallo, A., Bertrand, S., Minani, E., Yadav, L. L., Mwakikunga, B., Dhlamini, S. M., & Maaza, M., 2015. Titanium Dioxide Nanoparticles Biosynthesis for Dye Sensitized Solar Cells application: Review. *Physics and Materials Chemistry*, 3(1), 12-17.

- Miwa, K., Tanaka, M., Kamiya, T., Fujiwara, T., 2010. Molecular mechanisms of boron transport in plants: involvement of Arabidopsis NIP5;1 and NIP6;1. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 679, 83–96.
- Moghadam, A. L., Vattani, H., Baghaei, N and Keshavarz, N., 2012. Effect of different levels of fertilizer nano iron chelates on growth and yield characteristics of two varieties of spinach (*Spinacia oleracea* L.): Varamin 88 and Viroflay. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*. 4(12), 4813-4818.
- Moradi, Dezfuli., P., Sharifzadeh, F., Janmohammadi, M., 2008. Influence of priming techniques on seed germination behavior of maize inbred lines (*Zea mays* L.). *Journal of Agricultural and Biological Science*, 3(3), 22-25.
- Morla, S., Rao, C. S. V. R and Chakrapani, R., 2011. Factors affecting seed germination and seedling growth of tomato plants cultured *in vitro* conditions. *Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences*, 1 (2), 328-334.
- Mushtaq, YK., 2011. Effect of nanoscale Fe₃O₄, TiO₂ and carbon particles on cucumber seed germination. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 46, 1732–1735.
- Nadaroglu, H., Onem, H., Gugor, A.A., 2016. Green Synthesis of Cerium (III) oxide (Ce₂O₃) Nanoparticules and Determination of It's Antioxidant Activity. *IET Nanobiotechnology IET Nanobiotechnology*, 78(6), 2060-2063.
- Nair, R., Poulouse, A. C., Nagaoka, Y., Yoshida, Y., Maekawa, T and Kumar, D. S., 2011. Uptake of FITC labeled silica nanoparticles and quantum dots by rice seedlings: Effects on seed germination and their potential as biolabels for plants. *Journal of Fluorescent*. 21, 2057-2068.
- Nartop, P., 2016. Biyosentetik gümüş nanopartiküllerinin *Pyraecanthia coccinea* bitkisinin gövde eksplantlarının yüzey sterilizasyonunda kullanımı. *Pamukkale Üniversitesi Muhendislik Bilim Dergisi*, 23(6), 759-761,

- Nel, A., Xia, T., Madler, L., Li, N., 2006. Toxic potential of materials at the nanolevel. *Science*, 311, 622-627.
- Özer, Y., 2008. *Nanobilim ve Nanoteknoloji Ülke Güvenliği/Etkinliği Açısından Doğru Modelin Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, T.C. Kara Harp Okulu, Ankara. 197.
- Pittenger, C., Duman R.S., 2008. Stress, depression, and neuroplasticity: a convergence of mechanisms. *Neuropsychopharmacology*, 33, 88-109.
- Prasad, T. N. V. K. V., Sudhakar, P., Sreenivasulu, Y., Latha, P., Munaswamy, V., Reddy, K.R., Sreeprasad, T.S., Sajanalal, P.R. and Pradeep, T., 2012. Effect of Nanoscale Zinc Oxide Particles on the Germination, Growth and Yield of Peanut. *Journal of Plant Nutrition*, 35, 905–927.
- Portis, AR Jr., 1992. Regulation of ribulose 15-bisphosphate carboxylase/oxygenase activity. *Annual Review of Plant Physiology*, 43, 415–437.
- Rahaie, M., Xue, G. P., Schenk, P. M., 2013. The role of transcription factors in wheat under different abiotic stresses. *InTech*, 367-385.
- Rao, C.N. R., Müller, A., Cheetham, A. K., 2005. The Chemistry of Nanomaterials Volume 1, *WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA*, Weinheim. ISBN: 3-527-30686-2, 741.
- Rawat, P.S., Kumar, R., Ram, P., Pandey, P., 2018. Effect of Nanoparticles on Wheat Seed Germination and Seedling Growth. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering*, ISNI:0000000091950263, 12, 1.
- Rico, CM., Majumdar, S., Duarte-Gardea, M., Peralta-Videa, JR., Gardea-Torresdey, JL., 2011. Interaction of nanoparticles with edible plants and their possible implications in the food chain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(8), 3485–3498.

- Roco, Mihail C., 2005. International Perspective on Government Nanotechnology Funding in 2005. *Journal of Nanoparticle Research*, 7, 707-712.
- Rodriguez, J.A., 2007. *Synthesis properties and applications of oxide nanomaterials*. Canada, Wiley. ISBN: 978-0-471-72405-6, 752.
- Rosanoff, A., 2013. Changing crop magnesium concentrations: impact on human health. *Plant Soil*, 368, 139–153.
- Sahoo, S.K., Parveen, S. and Panda, J.J., 2007. The present and future of nanotechnology in human health care, *Nanomedicine*, 20-21.
- Sawicki, A., Zhou, S., Kwiatkowski, K., 2017. 1-N-histidine Phosphorylation of ChlD by the AAA+ ChlI2 Stimulates Magnesium Chelatase Activity in Chlorophyll Synthesis. *Biochemical Journal*, 474, 2 095.
- Scott, R.S. and Chen, H., 2002. Nanoscale science and engineering for agriculture and food systems. *Overview of USDA/CSREES Nanotechnology Programs*. The US Department of Agriculture. 9(1), 17–18.
- Sergeev, G.B., 2006. *Nanochemistry*, London: Elsevier. 262.
- Shahzad, A., Iqbal, M., Asif, M., Hirani, A. H., Goyal, A. 2013. Growing wheat on saline lands: can a dream come true?. *Australian Journal of Crop Science*, 7(4), 515.
- Shaul, O., 2002. Magnesium transport and function in plants: the tip of the iceberg. *Biometals*, 15, 307–321.
- Shi, J., Abid, AD., Kennedy, IM., Hristova, KR., Silk, WK., 2011. To duck-weeds (*Landoltia punctata*), nanoparticulate copper oxide is more inhibitory than the soluble copper in the bulk solution? *Environ Pollut* 159, 1277–1282.
- Solanki, P. and Laura, JS., 2018. Effect of ZnO nanoparticles on seed germination and seedling growth in wheat (*Triticum aestivum*), *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(5), 2048-2052.

- Sreedhara, A., Cowan, J.A., 2002. Structural and catalytic roles for divalent magnesium in nucleic acid biochemistry. *Biometals*, 15, 211–223.
- Stagnari, F., Onofri, A., Pisante, M., 2011. Response of French Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Cultivars to Foliar Applications of Magnesium. *Italian Journal of Agronomy*, 4, 101-110
- Sun, H., X, Zhang., Z, Zhang., Y, Chen., J.C. Crittenden., 2009. *Environmental Pollution*, 157(4), 1165-1170.
- Van, S. N., Minh, H. D and Anh, D. N., 2013. Study on chitosan nanoparticles on biophysical characteristics and growth of robusta coffee in green house. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 2(4), 289-294.
- Wedding, R.T., Black, M.K., 1988. Role of magnesium in the binding of substrate and effectors to phosphoenolpyruvate carboxylase from a CAM plant. *Plant Physiology*, 87, 443–446.
- Worthington, V., 2001. Nutritional quality of organic versus conventional fruits vegetables and grains. *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 7, 161–173.
- Yasmeen, F., Razzaq, A., Iqbal, M.N., Jhanzab, H.F., 2015. Effect of silver, copper and iron nanoparticles on wheat germination. *International Journal of Biosciences*, 6(4), 112-117.
- Zhang, Z., He, X., Zhang, H., Ma, Y., Zhang, P., Ding, Y., Zhao, Y., 2011. Uptake and distribution of ceria nanoparticles in cucumber plants. *Metallomics*, 3, 816-822.
- Zhang S, Yang Y, Gao B, *et al.*, 2017. Superhydrophobic Controlled-release Fertilizers Coated with Bio-based Polymers with Organosilicon and Nano-Silica Modifications. *Journal of Materials Chemistry A*, 5, 19 943-19 953.

ÖZGEÇMİŞ

10.05.1988 tarihinde Trabzon'un Of ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Of'ta tamamladı. 2009 yılında Konya Selçuk Üniversitesi Kadınhanı Faik İçil Meslek Yüksekokulu Doğalgaz Isıtma ve Sıhhi Tesisat Teknolojileri Bölümünden mezun oldu. 2010 yılında Iğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümünde yükseköğrenimine başladı ve yükseköğreniminin son senesinde Erasmus değişim programıyla Macaristan'ın Szeged şehrine gitti. 2013/14 dönemini Szeged Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri bölümünde tamamladı. 2014 yılında mezun oldu. 2015 yılında Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitime başladı. Lisansüstü eğitimi boyunca gerek yurt içi gerek yurt dışı bilim adına çalışmalara katıldı. Ulusal - uluslararası bildiri ve makaleler yayınladı.