



**FARKLI GAMMA IŞINI DOZLARININ EKMEKLİK BUĞDAYDA (*Triticum aestivum* L.) BAZI MORFOLOJİK, FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL
ÖZELLİKLER ÜZERİNE ETKİLERİ**

HAKAN GÜLEN

Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

**Danışman: Prof. Dr. Alpay BALKAN
2025**

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**FARKLI GAMMA IŞINI DOZLARININ EKMEKLİK BUĞDAYDA (*Triticum aestivum* L.) BAZI MORFOLOJİK, FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL
ÖZELLİKLER ÜZERİNE ETKİLERİ**

HAKAN GÜLEN

ORCID: 0009-0009-5049-6511

**TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Danışman: Prof. Dr. Alpay BALKAN**

**ŞUBAT-2025
Her hakkı saklıdır.**

ÖZET

FARKLI GAMMA IŞINI DOZLARININ EKMEKLİK BUĞDAYDA (*Triticum aestivum* L.) BAZI MORFOLOJİK, FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL ÖZELLİKLER ÜZERİNE ETKİLERİ

Hakan GÜLEN

Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Alpay BALKAN

Bu çalışma, 5 ekmeklik buğday çeşidinin (Tekirdağ, Sana, Sagittario, Renan, Flamura-85) tohumlarına Kobalt-60 (^{60}Co) kaynağı kullanılarak uygulanan 6 farklı gamma ışını dozunun (0-kontrol, 100, 200, 300, 400 ve 500 Gy) bazı morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özellikler üzerine etkilerini belirlemek amacıyla laboratuvar (petri kabı ve saksı) ve tarla denemeleri şeklinde yürütülmüştür. Denemeler, çeşitler ana parselleri, gamma ışını dozları alt parselleri oluşturacak şekilde bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Laboratuvar denemesinde, artan gamma ışını dozlarının petri kaplarında çimlenme oranını, kök sayısını, kök uzunluğunu, sürgün uzunluğunu, kök yaş ve kuru ağırlığını, sürgün yaş ve kuru ağırlığını önemli bir şekilde azalttığı belirlenmiştir. Saksı denemesinde, artan gamma ışını dozu sürme gücünde, stoma sayısında, stoma boyunda, fide boyunda, kök uzunluğunda, toprak üstü yaş ve kuru ağırlığında azalmaya, klorofil içeriğinde, membran zararlanmasında, yaprak su kayıp oranında, kök yaş ve kuru ağırlığında ise artmaya neden olmuştur. Tarla denemesinde, gamma ışını dozunun artması ile başaklanma süresinin, bayrak yaprak alanının, bayrak yaprak yeşil kalma süresinin, klorofil içeriğinin, membran zararlanmasının, bitki örtüsü sıcaklığının, bağıl su içeriğinin, stoma sayısının, stoma boyutlarının ve MDA miktarının arttığı, stoma iletkenliğinin, yaprak su kayıp oranının, SOD ve POX aktivitesinin, bitki boyunun, başak uzunluğunun, başakta başakçık sayısının, başakta tane sayısının, başakta tane ağırlığının, hasat indeksinin, bitki tane veriminin ve bin tane ağırlığının ise azaldığı belirlenmiştir. Çimlenme özellikleri için Sana ve Renan, fide özellikleri için Flamura-85, fizyolojik ve biyokimyasal özellikler için Renan, agronomik için Renan ve Sagittario gamma ışınından uygulamalarından en fazla etkilenen çeşitler olmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Triticum aestivum* L., Gamma Işını, Mutasyon, Büyüme, Biyokimyasal Özellikler

ABSTRACT

THE EFFECTS OF DIFFERENT GAMMA RAY DOSES ON SOME MORPHOLOGICAL, PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS IN BREAD WHEAT (*Triticum aestivum* L.)

Hakan GÜLEN

Department of Field Crops

MSc. Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Alpay BALKAN

This study was carried out as laboratory (petri dish and pot) and field experiments to determine the effects of 6 different gamma ray doses (0-control, 100, 200, 300, 400 and 500 Gy) on some morphological, physiological and biochemical characteristics of 5 bread wheat varieties (Tekirdag, Sana, Sagittario, Renan, Flamura-85) seeds using Cobalt-60 (^{60}Co) source. The experiments were conducted with 3 replications in a split-plot design with varieties as main plots and gamma ray doses as sub-plots. In the laboratory experiment, it was determined that increasing doses of gamma rays significantly decreased the germination rate, number of roots, root length, shoot length, root wet and dry weight, and shoot fresh and dry weight in petri dishes. In the pot experiment, increasing dose of gamma ray caused a decrease in seedling vigor, stomatal number, stomatal length, seedling length, root length, seedling wet and dry weight, and an increase in chlorophyll content, membrane damage, leaf water loss rate, and root wet and dry weight. In the field experiment, heading time, flag leaf area, flag leaf stay-green time, chlorophyll content, membrane damage, canopy temperature, relative water content, stomatal number, stomatal size and MDA amount increased with increasing gamma ray dose, stomatal conductance, leaf water loss rate, SOD and POX activities, plant height, spike length, number of spikelets in spike, number of grains in spike, grain weight in spike, harvest index, plant grain yield and thousand grain weight decreased. Sana and Renan for germination characteristics, Flamura-85 for seedling characteristics, Renan for physiological and biochemical characteristics, Renan and Sagittario for agronomic characteristics were the most affected varieties by gamma irradiation.

Keywords: *Triticum aestivum* L., Gamma Ray, Mutation, Growth, Biochemical Characteristics

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
SİMGELER DİZİNİ	x
KISALTMALAR DİZİNİ	xi
TEŞEKKÜR	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Literatür Özeti	4
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	13
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	14
2.1. Materyal	14
2.2. Işınlama işlemi	15
2.3. Yöntem.....	15
2.3.1. Laboratuvar denemeleri.....	15
2.3.1.1. Çimlendirme denemesi	15
2.3.1.2. Saksı denemesi.....	17
2.3.2. Tarla denemesi.....	19
2.3.2.1. Araştırma yeri ve özellikleri	19
2.3.2.1.1. İklim özellikleri	19
2.3.2.1.2. Toprak özellikleri.....	21
2.3.2.2. Ekim ve bakım	21
2.4. Verilerin Değerlendirilmesi.....	24
3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	26
3.1. Çimlendirme Denemesi.....	26
3.1.1. Çimlenme Oranı.....	26
3.1.2. Kök Sayısı.....	28
3.1.3. Kök Uzunluğu.....	29
3.1.4. Sürgün Uzunluğu	31
3.1.5. Kök Yaş Ağırlığı.....	33
3.1.6. Kök Kuru Ağırlığı.....	35
3.1.7. Sürgün Yaş Ağırlığı.....	37
3.1.8. Sürgün kuru ağırlığı.....	38
3.2. Saksı Denemesi	41
3.2.1. Sürme Gücü.....	41
3.2.2. Klorofil içeriği	42

3.2.3. Stoma İletkenliği	44
3.2.4. Membran zararlanması	46
3.2.5. Bitki Örtüsü Sıcaklığı.....	48
3.2.6. Yaprak Su Kayıp Oranı	49
3.2.7. Bağlı Su İçeriği.....	51
3.2.8. Stoma Sayısı	53
3.2.9. Stoma Eni	54
3.2.10. Stoma boyu	56
3.2.11. Fide Uzunluğu.....	58
3.2.12. Kök Uzunluğu.....	59
3.2.13. Kök Yaş Ağırlığı.....	61
3.2.14. Kök Kuru Ağırlığı.....	63
3.2.15. Toprak Üstü Yaş Ağırlığı	65
3.2.16. Toprak Üstü Kuru Ağırlığı	66
3.3. Tarla Denemesi	68
3.3.1. Başaklanma Gün Sayısı.....	68
3.3.2. Bayrak Yaprak Alanı	70
3.3.3. Bayrak Yaprığın Yeşil Kalma Süresi.....	72
3.3.4. Klorofil İçeriği.....	74
3.3.5. Stoma İletkenliği	76
3.3.6. Membran zararlanması	77
3.3.7. Bitki Örtüsü Sıcaklığı.....	79
3.3.8. Yaprak Su Kayıp Oranı	81
3.3.9. Bağlı Su İçeriği.....	82
3.3.10. Stoma Sayısı	84
3.3.11. Stoma Eni.....	86
3.3.12. Stoma Boyu	87
3.3.13. Süperoksit Dismutaz (SOD) Aktivitesi.....	89
3.3.14. Peroksidaz (POX) Aktivitesi	91
3.3.15. Lipit Peroksidasyonu Miktarı (MDA)	93
3.3.16. Bitki Boyu.....	95
3.3.17. Başak Uzunluğu.....	96
3.3.18. Başakçık Sayısı	98
3.3.19. Başakta Tane Sayısı	100
3.3.20. Başakta Tane Ağırlığı	102
3.3.21. Hasat İndeksi	104
3.3.22. Bitki tane verimi	106

3.3.23. Bin tane ağırlığı	108
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	111
KAYNAKLAR	123
ÖZGEÇMİŞ.....	128



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Tekirdağ iline ait 2015-2016 buğday yetiştirme dönemi bazı iklim değerleri	20
Çizelge 2.2. Tekirdağ iline ait uzun yıllar bazı iklim değerleri	20
Çizelge 2.3. Deneme alanına ait toprak analiz sonuçları	21
Çizelge 3.1. Çimlenme oranına ilişkin varyans analizi sonuçları	26
Çizelge 3.2. Çimlenme oranına ilişkin ortalama değerler (%) ve önemlilik grupları	26
Çizelge 3.3. Kök sayısına ilişkin varyans analizi sonuçları	28
Çizelge 3.4. Kök sayısına ilişkin ortalama değerler (adet) ve önemlilik grupları	28
Çizelge 3.5. Kök uzunluğuna (mm) ilişkin varyans analizi sonuçları	29
Çizelge 3.6. Kök uzunluğuna ilişkin ortalama değerler (mm) ve önemlilik grupları	30
Çizelge 3.7. Sürgün uzunluğuna ilişkin varyans analizi sonuçları	31
Çizelge 3.8. Sürgün uzunluğuna ilişkin ortalama değerler (mm) ve önemlilik grupları	32
Çizelge 3.9. Kök yaş ağırlığına (mg) ilişkin varyans analizi sonuçları	33
Çizelge 3.10. Kök yaş ağırlığına ilişkin ortalama değerler (mg) ve önemlilik grupları	33
Çizelge 3.11. Kök kuru ağırlığına ilişkin varyans analizi sonuçları	35
Çizelge 3.12. Kök kuru ağırlığına ilişkin ortalama değerler (mg) ve önemlilik grupları	35
Çizelge 3.13. Sürgün yaş ağırlığına ilişkin varyans analizi sonuçları	37
Çizelge 3.14. Sürgün yaş ağırlığına ilişkin ortalama değerler (mg) ve önemlilik grupları	37
Çizelge 3.15. Sürgün kuru ağırlığına ilişkin varyans analizi sonuçları	39
Çizelge 3.16. Sürgün kuru ağırlığına ilişkin ortalama değerler (mg) ve önemlilik grupları	39
Çizelge 3.17. Sürme gücüne ilişkin varyans analizi sonuçları	41
Çizelge 3.18. Sürme gücüne ilişkin ortalama değerler (%) ve önemlilik grupları	41
Çizelge 3.19. Klorofil içeriğine ilişkin varyans analizi sonuçları	42
Çizelge 3.20. Klorofil içeriğine ilişkin ortalama değerler (SPAD) ve önemlilik grupları	43
Çizelge 3.21. Stoma iletkenliğine ilişkin varyans analizi sonuçları	44
Çizelge 3.22. Stoma iletkenliğine ilişkin ortalama değerler ($\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) ve önemlilik grupları	45
Çizelge 3.23. Membran zararlanmasına ilişkin varyans analizi sonuçları	46
Çizelge 3.24. Membran zararlanmasına ilişkin ortalama değerler (%) ve önemlilik grupları	47
Çizelge 3.25. Bitki örtüsü sıcaklığına ilişkin varyans analizi sonuçları	48
Çizelge 3.26. Bitki örtüsü sıcaklığına ilişkin ortalama değerler ($^{\circ}\text{C}$) ve önemlilik grupları	48
Çizelge 3.27. Yaprak su kayıp oranlarına ilişkin varyans analizi sonuçları	49
Çizelge 3.28. Yaprak su kayıp oranlarına ilişkin ortalama değerler (%) ve önemlilik grupları	50

Çizelge 3.29. Bağıl su içeriği oranlarına ilişkin varyans analizi sonuçları.....	51
Çizelge 3.30. Bağıl su içeriği oralarına ilişkin ortalama değerler (%) ve önemlilik grupları ..	51
Çizelge 3.31. Stoma sayısının oranlarına ilişkin varyans analizi sonuçları.....	53
Çizelge 3.32. Stoma sayısı oranlarına ilişkin ortalama değerler (adet) ve önemlilik grupları ..	53
Çizelge 3.33. Stoma eni oranlarına ilişkin varyans analizi sonuçları	54
Çizelge 3.34. Stoma enine ilişkin ortalama değerler (μ) ve önemlilik grupları	55
Çizelge 3.35. Stoma boyuna oranlarına ilişkin varyans analizi sonuçları	56
Çizelge 3.36. Stoma boyuna ilişkin ortalama değerler (μ) ve önemlilik grupları	56
Çizelge 3.37. Fide uzunluğu oranlarına ilişkin varyans analizi sonuçları	58
Çizelge 3.38. Fide uzunluğuna ilişkin ortalama değerler (cm) ve önemlilik grupları.....	58
Çizelge 3.39. Kök uzunluğu oranlarına ilişkin varyans analizi sonuçları	59
Çizelge 3.40. Kök uzunluğuna ilişkin ortalama değerler (cm) ve önemlilik grupları	60
Çizelge 3.41. Kök yaş ağırlığına oranlarına ilişkin varyans analizi sonuçları	61
Çizelge 3.42. Kök yaş ağırlığına ilişkin ortalama değerler (mg) ve önemlilik grupları.....	62
Çizelge 3.43. Kök kuru ağırlığına oranlarına ilişkin varyans analizi sonuçları	63
Çizelge 3.44. Kök kuru ağırlığına ilişkin ortalama değerler (mg) ve önemlilik grupları.....	63
Çizelge 3.45. Toprak üstü yaş ağırlığına oranlarına ilişkin varyans analizi sonuçları	65
Çizelge 3.46. Toprak üstü yaş ağırlığına ilişkin ortalama değerler (mg) ve önemlilik grupları	65
Çizelge 3.47. Toprak üstü kuru ağırlığına oranlarına ilişkin varyans analizi sonuçları	67
Çizelge 3.48. Toprak üstü kuru ağırlığına ilişkin ortalama değerler (mg) ve önemlilik grupları	67
Çizelge 3.49. Başaklanma gün sayısının ilişkin varyans analizi sonuçları.....	68
Çizelge 3.50. Başaklanma gün sayısına ilişkin ortalama değerler (gün) ve önemlilik grupları.....	69
Çizelge 3.51. Bayrak yaprak alanına ilişkin varyans analizi sonuçları	70
Çizelge 3.52. Bayrak yaprak alanına ilişkin ortalama değerler (cm^2) ve önemlilik grupları ...	71
Çizelge 3.53. Bayrak yaprağın yeşil kalma süresi ilişkin varyans analizi sonuçları	72
Çizelge 3.54. Bayrak yaprağın yeşil kalma süresine ilişkin ortalama değerler (gün) ve önemlilik grupları	73
Çizelge 3.55. Klorofil içeriğine ilişkin varyans analizi sonuçları	74
Çizelge 3.56. Klorofil içeriğine ilişkin ortalama değerler (SPAD) ve önemlilik grupları	74
Çizelge 3.57. Stoma iletkenliğine ilişkin varyans analizi sonuçları	76
Çizelge 3.58. Stoma iletkenliğine ilişkin ortalama değerler ($\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) ve önemlilik grupları	76

Çizelge 3.59. Membran zararlanmasına ilişkin varyans analizi sonuçları	77
Çizelge 3.60. Membran zararlanmasına ilişkin ortalama değerler (%) ve önemlilik grupları .	78
Çizelge 3.61. Bitki örtüsü sıcaklığına ilişkin varyans analizi sonuçları	79
Çizelge 3.62. Bitki örtüsü sıcaklığına ilişkin ortalama değerler ($^{\circ}\text{C}$) ve önemlilik grupları	80
Çizelge 3.63. Yaprak su kayıp oranına ilişkin varyans analizi sonuçları	81
Çizelge 3.64. Yaprak su kayıp oranına ilişkin ortalama değerler (%) ve önemlilik grupları ...	81
Çizelge 3.65. Bağlı su içeriğine ilişkin varyans analizi sonuçları	82
Çizelge 3.66. Bağlı su içeriğine ilişkin ortalama değerler (%) ve önemlilik grupları	83
Çizelge 3.67. Stoma sayısına ilişkin varyans analizi sonuçları	84
Çizelge 3.68. Stoma sayısına ilişkin ortalama değerler (adet) ve önemlilik grupları	85
Çizelge 3.69. Stoma enine ilişkin varyans analizi sonuçları	86
Çizelge 3.70. Stoma enine ilişkin ortalama değerler (μ) ve önemlilik grupları	86
Çizelge 3.71. Stoma boyuna ilişkin varyans analizi sonuçları	87
Çizelge 3.72. Stoma boyuna ilişkin ortalama değerler (μ) ve önemlilik grupları	88
Çizelge 3.73. Süperoksit dismutaz aktivitesine ilişkin varyans analizi sonuçları	89
Çizelge 3.74. Süperoksit dismutaz aktivitesine ilişkin ortalama değerler (U mg^{-1}) ve önemlilik grupları	90
Çizelge 3.75. Peroksidaz aktivitesine ilişkin varyans analizi sonuçları	91
Çizelge 3.76. Peroksidaz aktivitesine ilişkin ortalama değerler (U mg^{-1}) ve önemlilik grupları	91
Çizelge 3.77. Lipit peroksidasyonu miktarına ilişkin varyans analizi sonuçları	93
Çizelge 3.78. Lipit peroksidasyonu miktarına ilişkin ortalama değerler ($\text{nmol g yaş ağırlık}^{-1}$) ve önemlilik grupları	93
Çizelge 3.79. Bitki boyuna ilişkin varyans analizi sonuçları	95
Çizelge 3.80. Bitki boyuna ilişkin ortalama değerler (cm) ve önemlilik grupları	95
Çizelge 3.81. Başak uzunluğuna ilişkin varyans analizi sonuçları	97
Çizelge 3.82. Başak uzunluğuna ilişkin ortalama değerler (cm) ve önemlilik grupları	97
Çizelge 3.83. Başakçık sayısına ilişkin varyans analizi sonuçları	99
Çizelge 3.84. Başakçık sayısına ilişkin ortalama değerler (adet) ve önemlilik grupları	99
Çizelge 3.85. Başakta tane sayısına ilişkin varyans analizi sonuçları	101
Çizelge 3.86. Başakta tane sayısına ilişkin ortalama değerler (adet) ve önemlilik grupları ...	101
Çizelge 3.87. Başakta tane ağırlığına ilişkin varyans analizi sonuçları	103
Çizelge 3.88. Başakta tane ağırlığına ilişkin ortalama değerler (g) ve önemlilik grupları	103
Çizelge 3.89. Hasat indeksine ilişkin varyans analizi sonuçları	104

Çizelge 3.90. Hasat indeksine ilişkin ortalama değerler (%) ve önemlilik grupları.....	105
Çizelge 3.91. Bitki tane verimine ilişkin varyans analizi sonuçları	106
Çizelge 3.92. Bitki tane verimine ilişkin ortalama değerler (g) ve önemlilik grupları.....	106
Çizelge 3.93. Bin tane ağırlığı ilişkin varyans analizi sonuçları	108
Çizelge 3.94. Bin tane ağırlığı ilişkin ortalama değerler (g) ve önemlilik grupları	108



SİMGELER DİZİNİ

%	Yüzde
°C	Santigrat Derece
°	Derece
pH	Hidrojenin potansiyeli veya hidrojenin gücü
⁶⁰ Co	Kobalt-60



KISALTMALAR DİZİNİ

μ	Mikron
BSİ	Bağıl Su İçeriği
CAT	Katalaz
CIMMYT	Uluslararası Mısır ve Buğday Geliştirme Merkezi
cm	Santimetre
cm ²	Santimetrekaire
da	Dekar
dS m ⁻¹	Desisimens/metre
EKÖF	En Küçük Önemli Fark
EMS	Etil Metansülfonat
ENU	Ethyl nitrosoarea
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
g	Gram
GR	Glutasyon redüktaz
Gy	Gray
H ₂ O ₂	Hidrojen peroksit
hl	Hektolitire
K	Potasyum
KA	Kuru ağırlığı
kg	Kilogram
Kg/da	Kilogram/dekar
kGy	Kilo Gray
MDA	Malondialdehid
mg	Miligram
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
mm	Milimetre
mM	Millimolar
mmol m ⁻² s ⁻¹	Saniyede metrekaireye milimol
MNU	Methyl nitrosoarea
Na	Sodyum
NaCl	Sodyum Klorür
NaN ₃	Sodium azide

POX	Peroksidaz
ppm	Milyonda bir birim
ROT	Reaktif oksijen türleri
SANAEM	Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi
SOD	Süperoksit dismutaz
TBA	Tiobarbitürik asit
TCA	Trikloroasetik asit
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UV	Ultraviyola Işınları
vd.	Ve diğerleri
YA	Yaş ağırlığı
YSİ	Yaprak Su İçeriği

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans sürem boyunca bana araştırma konusunda ve tez çalışmasının her aşamasında yardımcı olan, ilgi ve fikirleri ile bu süreci tamamlamama destek veren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Alpay BALKAN'a, çalışmam süresince önerileri ve bilgileriyle desteklerini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Oğuz BİLGİN, Sayın Prof. Dr. İsmet BAŞER ve Doç. Dr. Sefer DEMİRBAŞ'a teşekkürlerimi sunarım.

Beni her zaman karşılıksız destekleyen eğitim hayatım boyunca her zaman yanımda olan ve hayatı kolaylaştıran eşim ve meslektaşım Şükriye Burcu Gülen ve aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hakan GÜLEN

Ziraat Mühendisi

1. GİRİŞ

Dünyada nüfusunun beslenmesinde en önemli bitki grubunu oluşturan tahıllar içerisinde buğday, yaklaşık 220 milyon hektarlık ekim alanına ve 799 milyon tonluk üretime sahiptir. Ülkemiz insanının beslenmesinde de vazgeçilmez bir ürün olan buğdayın ülkemizde yaklaşık 6,8 milyon hektarlık alanda 22 milyon tonluk üretimi bulunmaktadır (Anomin, 2023). Buğday, proteinler, B vitamini türleri, lifler ve fitokimyasallar gibi temel besin maddelerinin önemli bir kaynağıdır (Shewry ve Hey, 2015). Dünya nüfusunun tükettiği besin kalorilerinin ve proteinlerin yaklaşık %20'sini buğday oluşturmaktadır (Shiferaw, Smale, Braun, Duveiller, Reynolds, Muricho, 2013).

Bugün 8 milyar civarında olan dünya nüfusunun 2030 yılında 8,5 milyara ulaşacağı öngörülmektedir (Anonim, 2016). Erozyon, sanayileşme ve kentleşme gibi nedenlerle dünya tarım alanlarının hızla azaldığı bilinmektedir. Bunun yanında yetiştirme tekniği uygulamalarında yapılan hatalar diğer kültür bitkilerinde olduğu gibi buğdayda da birim alan verimini olumsuz bir şekilde etkilemektedir. Bu durumda, kısıtlı olan tarım alanlarında dünya nüfusunun ihtiyacı olan buğdayı üretmede tek çare birim alan veriminin artırılması olarak düşünülmektedir.

İklim değişikliği nedeniyle gıda güvencesi için istikrarlı buğday arzına ihtiyaç duyulan dünyada bu arzı destekleyecek birim alan veriminin artırılması için ise yetiştirme tekniği uygulamalarının iyileştirilmesine ve çeşitli genetik kaynaklara ihtiyaç duyulmaktadır (Hong, Kim, Jo, Choi, Ahn, Kwon, Kim, Seo, Kim, 2022). Özellikle iklim değişikliğinin bir sonucu olarak etkileri giderek artan abiyotik ve biyotik stres faktörlerine toleranslı/dayanıklı verimi yüksek yeni çeşitlerin ıslah edilmesi oldukça önemlidir. Bu da bitkilerin stres faktörlerine karşı koymada kullandıkları morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerin birlikte değerlendirilerek ıslah programlarında yer almasıyla mümkün olacaktır. Zira dünyada buğday ıslahı konusunda çalışan kuruluşların başında gelen Uluslararası Mısır ve Buğday Geliştirme Merkezi (CIMMYT)'nde stres faktörlerine toleranslı/dayanıklı buğday geliştirme çalışmalarında fizyolojik özelliklerin etkin bir şekilde kullanıldığı bilinmektedir (Reynolds, Ortiz, McNab, 2001).

Bitkilerde genellikle stres faktörlerinin etkisiyle oluşan tekil oksijen, süperoksit radikali (O_2^-), hidroksil radikali ($OH\cdot$) ve hidrojen peroksit (H_2O_2) gibi reaktif oksijen türleri (ROT)'nin birikimi oksidatif strese neden olmaktadır. Bu moleküller normal hücresel

metabolizmalarda da sürekli olarak oluşmakta ve bitki hücreleri normal koşullar altında bu ROT'nin miktarını antioksidanlar ve çeşitli korunma sistemleri ile düşük düzeyde tutmaktadır. Stres koşulları altında artan ROT; hücre zarlarında lipid peroksidasyonuna, protein oksidasyonuna, enzim inhibisyonuna, klorofil parçalanmasına, DNA ile RNA'da hasarlara ve hücre ölümüne neden olmaktadır. Antioksidan savunma sistemi artan ROT'nden hücreyi korumak için askorbat, glutatyon, α -tokoferol, karotenoidler gibi antioksidanları ve katalaz (CAT), peroksidaz (POX), glutatyon redüktaz (GR), süperoksit dismutaz (SOD) gibi antioksidan enzimleri kullanılmaktadırlar. SOD antioksidan savunma sisteminin öncül enzimi olup $O_2^{\cdot-}$ 'i hızla H_2O_2 ve O_2 'ye dönüştürmektedir. Meydana gelen H_2O_2 , CAT ve çeşitli peroksidazlar aracılığıyla H_2O_2 'nin parçalanmasını katalizlemektedir. Stres koşullarının bitkilerin hücre zarlarında meydana getirdiği hasarın bir göstergesi olan lipid peroksidasyonu (malondialdehid; MDA) miktarı ise biyokimyasal hasar belirteci olarak kullanılmaktadır.

Genel olarak bitki ıslahı programlarının temel amacı, istenilen genotiplerde bir varyasyon yaratmak, istenilen özellik(ler) için seleksiyon yapmak ve ıslah amacına uygun olan genotipleri çoğaltmaktır. Bir ıslah programında genetik varyasyonu artırmak için birçok araştırmacı, melezleme ve mutasyon gibi klasik ıslah tekniklerinin yanı sıra genetik transformasyon, genom düzenleme ve introgresyon gibi yeni biyoteknolojik teknikler de dahil farklı teknikler kullanılmaktadır. Klasik ıslah yöntemlerinin başında melezleme tekniği gelmektedir ve bu teknik kullanılarak çok sayıda yeni buğday çeşidi geliştirilmiş ve üreticilere sunulmuştur. Ancak, bu yöntemle çeşit geliştirme çalışmalarında uzun süreye, yoğun emeğe ve kaynağa ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle, 20. yüzyılın bitki ıslahçıları ve genetikçileri radyasyonu bitki ıslahı için yeni bir araç olarak kullanmışlardır. Bitki ıslahında, tohumların ısınlanması, erken olgunlaşma, abiyotik streslere tolerans, tane verimi ve kalitesi gibi özellikleri iyileştirerek bitki ıslahçılarının yeni genotipler seçmesini sağlayan genetik varyasyona neden olabilmektedir (Rahimi ve Bahrani, 2011).

Mutasyonlar, kalıtım materyalinin (DNA ve RNA) fiziksel ve kimyasal yapısının değişmesi sonucu DNA dizininde, genetik açılım veya rekombinasyon kökenli olmayan, kalıtsal değişimler olarak tanımlanmaktadır (Van Harten, 1998). Mutasyon terimi, kromozomlardaki sayı ve yapı değişiklikleri ile genlerdeki değişimleri içermektedir.

Mutasyon ıslahı çalışmaları, bitki veya bitkilerin çoğaltma organlarının fiziksel (nötron ışınları, X ışınları, gamma ışınları) veya kimyasal mutagenler (EMS-ethyl

methanesulfonate, MNU-methyl nitrosourea, ENU-ethyl nitrosourea, NaN₃-sodium azide) ile muamele edilmesine dayanmaktadır. Mutasyon ıslahı, tarımsal açıdan önemli özelliklere sahip çeşitli ürünlerde çeşitli ve değerli materyaller geliştirmek için başarıyla kullanılmıştır (Borzouei, Kafi, Khazaei, Naseriyan, Majdabadi, 2010). Mutasyon ıslahı ile farklı bitkilerde 3000'den fazla çeşit resmi olarak tescil edilmiştir (Laghari, Sial, Arain, Khanzada, Channa, 2012). Bu mutant çeşitlerin çoğu (%64) gamma ışını gibi fiziksel mutagenler kullanılarak geliştirilmiştir (Ghirija ve Dhanavel, 2009). Bu durum, son yıllarda bitki ıslahı programlarında mutasyonun başarılı olarak kullanıldığının bir göstergesidir.

Gamma ışınları, belirli elementler radyoaktif parçalanmaya uğradığında üretilen yüksek penetrasyon derinliğine sahip kısa dalga boylu elektromanyetik ışınımlardır ve ışınlamaya bağlı olarak hücrelerde ve dokularda morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal, genetik ve sitolojik değişikliklerle bitki büyümesi ve gelişimi üzerinde önemli etkilere sahiptir (Irfaq ve Nawab, 2003; Heidarieh, Borzouei, Rajabifar, Ziaie, Shafiei, 2012). Kiong, Ling, Grace, Harun (2008), bitkilerde gamma ışınlamasının fizyolojik özelliklerin değiştirilmesinde yararlı olabileceğini bildirmişlerdir. Bununla birlikte, yüksek dozda gamma ışınlarının bitkilerin biyokimyasal ve fizyolojik özelliklerini olumsuz yönde etkilediği de bilinmektedir (Katiyar, Pandey, Keshavkant, 2022). Bitkilerde mutasyon oluşturmak için en yaygın kullanılan gamma ışını kaynakları Caesium-137 (137Cs) ve Cobalt-60 (⁶⁰Co)'dır. Bu mutagenlerle canlıda oluşturulan mutasyonlar, doğal olarak meydana gelen mutasyonlara çok benzemektedir (Anonim, 1977).

Bitkilerde büyümeyi %50 oranında azaltan gamma ve nötron ışınlarının etkili dozları tür ve çeşitlere göre değişmektedir. Ekmeklik buğdayda büyümeyi %50 azaltan etkili dozların 200-350 Gy, makarnalık buğdayda ise büyümeyi %50 azaltan etkili dozların 200-300 Gy arasında değiştiği ve her iki türde de bitki ıslahında kullanılacak etkili dozun 100-250 Gy arasında olduğunu bildirilmektedir (Anonim, 1977).

Bu araştırmada, ekmeklik buğdayda Cobalt-60 (⁶⁰Co) kaynağı kullanılarak uygulanan 6 farklı gamma ışını dozunun (0-kontrol, 100, 200, 300, 400 ve 500 Gy) son yıllarda özellikle stres faktörlerine toleranslı/dayanıklı buğday geliştirme çalışmalarında fenolojik ve morfolojik özellikler yanında seleksiyon kriteri olarak kullanılan fizyolojik ve biyokimyasal özellikler üzerine etkilerinin incelenmesi, fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerde istenilen varyasyonu yaratmada etkili gamma ışını dozu yada dozlarının belirlenmesi ve ülkemizde kısıtlı olan literatür bilgisine katkı yapılması amaçlanmıştır.

1.1. Literatür Özeti

Sakin ve Sencar (1995), iki makarnalık buğday çeşidinin (Sofu ve Gediz-75) tohumlarına Kobalt-60 (^{60}Co) kaynağından 5, 10, 15 ve 20 krad dozlarında gamma ışını uyguladıkları çalışmalarında, M_1 generasyonunda çıkış oranı ve kök uzunluğunun gamma ışınından önemli bir şekilde etkilenmediğini, buna karşılık fide boyu ve ilk yaprak uzunluğunun özellikle yüksek dozlarda önemli ölçüde azaldığı belirlemişlerdir.

Akıncı, Gül ve Baysal (1998), gamma ışınlarının (0, 5, 10, 15 ve 20 Krad) bazı ekmeklik (Sham 4, İzmir 85 ve Kırac 66) ve makarnalık (Sham 1, Diyarbakır 81 ve Ege 88) buğday çeşitlerinin M_1 generasyonunda fide özelliklerine olan etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar, çıkış oranını %82,5-98,2, ilk yaprak uzunluğunun 5,76-10,09 cm, fide boyunun 11,6-18,4 cm, kök uzunluğunun 5,87-10,13 cm, fide yaş ağırlığının 0,182-0,360 g ve fide kuru ağırlığının 0,0226-0,0383 g arasında değiştiğini belirlemiştir. Ayrıca araştırmacılar, genelde artan gamma ışını dozlarına paralel olarak incelenen tüm özelliklere ait değerlerde azalmalar olduğu tespit etmişlerdir.

Gandapore, Hasnain ve Sayal (1999), iki farklı ekmekli buğday çeşidine uygulanan farklı dozlarda (0, 100, 150, 200 ve 250 Gy) gamma ışını sonucunda; 100 ve 150 Gy gamma ışını dozlarının bitkilerde verimi arttırdığını, fakat artan gamma ışını dozunun bin tane ağırlığı, bitki boyu ve başakta başakçık sayısında önemli azalmalara neden olduğunu saptamışlardır.

Irfaq ve Nawab (2001), farklı buğday çeşitlerine uygulanan gamma ışını dozlarının (10 kR, 20 kR, 30 kR ve 40 kR) etkisini araştırdıkları çalışmalarında, yüksek gamma ışını dozlarında (30 kR ve 40 kR) çeşitlerin bitki boyunda, hayatta kalma yüzdesinde ve bin tane ağırlığında önemli ölçüde azalmalar olduğu belirlemişlerdir. Gamma ışın dozlarındaki artışa tepki olarak tüm çeşitlerin çimlenmesi önemli ölçüde gecikmesine rağmen 10 kR dozunda bitki boyunun arttığı, ancak daha yüksek gamma ışını dozlarından (30 ve 40 kR) bitki boyunda anormallikler olduğu tespit etmişlerdir. Araştırmacılar çeşitlerin, bazı karakterlere göre farklı gamma ışını dozlarına farklı tepkiler verdiğini ifade etmişlerdir.

Sakin ve Sencar (2001), Tokat-Kazova şartlarında Gediz-75 ve Sofu makarnalık buğday çeşitlerinin tohumlarına 50 Gy, 100 Gy, 150 Gy ve 200 Gy gamma ışın dozları ve % 0,1, %0,2, % 0,3 ve %0,4 EMS uyguladıkları araştırmalarında, M_1 generasyonunda bitkilerin

fertilitesini ve M₂ generasyonunda bitkilerin klorofil mutasyonlarını incelemişlerdir. Araştırmacılar, M₁ generasyonunda bitkilerin fertilitesinin EMS uygulamalarına kıyasla gamma ışını uygulamalarında daha düşük olduğu, mutasyon spektrumu ve frekansının uygulama dozu ve çeşitlere bağlı olduğunu ve mutagenlerin etkileri yüksek dozlarda belirgin bir şekilde arttığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, en yüksek mutagenik verimin Gediz-75 çeşidinde %0,4 EMS dozundan, Sofu çeşidinde ise 100 Gy gamma ışını dozundan elde edildiğini bildirmişlerdir.

Din ve Ahmad (2004), 5 farklı ekmeklik buğday çeşidine 4 farklı doz gamma ışını (15, 25, 35, 45 Krad) uyguladıkları çalışmalarında, düşük gamma ışını uygulamalarında etkilerinin önemsiz olduğunu, fakat gamma ışını dozu arttıkça bitki boyu ve verimin önemli bir şekilde düştüğünü tespit etmişlerdir.

Başer, Korkut ve Bilgin (2005), iki makarnalık buğday çeşidine uygulanan 7 farklı gamma ışını dozu (0, 100, 200, 300, 400, 500 ve 600 Gy) uyguladıkları araştırmalarında, M₁ generasyonunda bitki gelişimini incelemişlerdir. Araştırmacılar, 100 ve 200 Gy gamma ışını dozlarının bitki gelişiminde azaltıcı bir etkisinin olmadığını, buna karşılık 400 ve 500 Gy gamma ışını dozlarında ise bitki gelişiminin önemli oranda azaldığı, 600 Gy uygulamasında ise tohumların tamamının öldüğünü tespit etmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar, çimlenme oranının 100 ve 200 Gy gamma ışını dozlarından etkilenmediğini, 400 ve 500 Gy gamma ışını uygulamalarında ise çimlenme oranının önemli bir şekilde azaldığını ve M₁ generasyonunda en iyi varyasyonun 300 ve 400 Gy gamma ışını dozu uygulamalarından elde edildiğini belirlemişlerdir.

Akıncı ve Baysal (2005), Sorgül makarnalık buğday çeşidinin tohumlarına uygulanan farklı dozlardaki gamma ışınlarının (0, 50, 100, 150, 200, 250 ve 300 Gy) M₁ generasyonunda fide gelişimine ve M₂ generasyonunda klorofil mutasyonlarına etkisini incelemişlerdir. Araştırmacılar, artan artan gamma ışını dozlarının M₁ generasyonunda fide gelişimini baskıladığını, M₂ genreasyonunda klorofil mutasyonlarını önemli ölçüde arttırdığını saptamışlardır. Araştırmacılar ayrıca, en yüksek klorofil mutasyon frekansı 300 Gy gamma ışını dozunda olduğu ve Sorgül makarnalık buğday çeşidi için 150 Gy gamma ışını dozunun etkili doz olduğu belirlemişlerdir.

Şenay ve Çiftçi (2005), yaptıkları çalışmalarında farklı gamma ışını (50, 150 ve 250 Gy) ve EMS (%0,2, %0,4) uygulamalarının Kundura 1149 makarnalık buğday çeşidinde M₁

generasyonunda bitki gelişimi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Araştırmacılar gamma ışını ve EMS uygulamalarının ayrı ayrı ve birlikte uygulandığında fidelerde çıkış oranını etkilemediğini, ancak çıkışta gecikmelere neden olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca, artan mutagen dozlarına bağlı olarak bitkisel özelliklerde önemli düzeyde azalmalar meydana geldiği araştırmacılar tarafından açıklanmıştır.

Atak, Kaya ve Çiftçi (2006), farklı tritikale çeşitlerinin (Karma-2000, Presto ve Tatlıcak-97) M₁ generasyonunda çıkış ve fide gelişimi üzerine gamma dozlarının (0, 50, 100, 200 ve 300 Gy) etkilerini belirlemek amacıyla yürüttükleri araştırmalarında, gamma ışın dozlarına çeşitlerin farklı tepkiler gösterdiğini, en az etkilenen çeşidin Karma-2000, en fazla etkilenenin ise Tatlıcak-97 olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca araştırmacılar, tritikale çeşitlerinin çıkışı ve gelişimini en fazla etkileyen gamma ışını dozunun 300 Gy olduğu ve tohum canlılığında bir azalma olmadan uygulanabilecek maksimum gamma ışını dozunun ise 200 Gy olduğu belirlemişlerdir.

Başer, Bilgin, Korkut ve Balkan (2007), iki makarnalık buğday çeşidine (Kunduru ve Altınbaş) uyguladıkları 6 farklı gamma ışını dozunun (0, 100, 200, 300, 400 ve 500 Gy) bitki gelişimi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında, 200 Gy doz uygulamasından sonra M₁ generasyonlarda bitki boyunda önemli oranda azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, incelenen diğer özellikler (bitki verimi, ana saptaki başakta tane ağırlığı, başakta tane sayısı, hasat indeksi ve başak uzunluğu) bakımından 300 Gy doz uygulandığında istenen özelliklere sahip genotiplerin elde edilebildiğini ve gamma ışın uygulamasında bitkide kardeş sayısını arttırdığı tespit etmişlerdir.

Singh ve Datta (2010a), buğdaya uygulanan düşük dozlarda gamma ışınlarının (0,01-0,10 kGy) bitki gelişimine ve verime etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, düşük dozda uygulanan gamma ışınlarının bitki canlılığını, fertil kardeş sayısını ve bayrak yaprak alanını arttırdığı, bitki boyunu azalttığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, fertil kardeş sayısı ve başakta tane sayısının artmasına bağlı olarak tane veriminin arttığını, ancak bin tane ağırlığının azaldığını tespit etmişlerdir. Düşük dozda uygulanan gamma ışınlarının genetik düzeyde büyüme hormonlarını olumsuz etkilemesinden dolayı bitki boyunun kısaldığını ifade etmişlerdir.

Singh ve Datta (2010b), Hindistan'da bir ekmeklik buğday genotipinin tohumlarına 0, 0,01, 0,03, 0,05, 0,07 ve 0,10 kGy gamma ışını uyguladıkları çalışmalarında, gamma ışını

dozundaki artışın bayrak yaprak alanını önemli bir şekilde artırdığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, gamma ışını dozlarının stoma iletkenliği üzerine etkisinin doza bağlı olarak değiştiğini, kontrol uygulamasına göre 0,01 ve 0,03 kGy dozlarında stoma iletkenliğinin azaldığını, 0,05 ve 0,10 kGy dozlarında ise arttığını saptamışlardır.

Borzouei, Kafi, Khazaei, Naseriyan ve Majdabadi (2010), İran'da iki ekmeklik buğday genotipinin tohumlarına 0, 100, 200, 300 ve 400 Gy gamma ışını uygulayarak yürüttükleri çalışmalarında, doz artışına bağlı olarak ortalama çimlenme süresinin kısaldığını, kök uzunluğunun, kök kuru ağırlığının, sürgün uzunluğunun ve sürgün kuru ağırlığının azaldığını, buna karşılık çimlenme oranının doz artışından önemli bir şekilde etkilenmediğini, klorofil içeriğinin ise 100 ve 200 Gy uygulamalarında arttığını tespit etmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, incelenen özellikler bakımından buğday genotiplerinin gamma ışını uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğunu açıklamışlardır.

Melki ve Marouani (2010), Tunus'ta bir makarnalık buğday çeşidinin tohumlarına 0, 10, 20 ve 30 Gy gamma ışını uyguladıkları araştırmalarında, gamma ışını uygulamalarının çimlenme oranı üzerine etkisinin istatistiki olarak önemli olmadığını bulmuşlardır. Araştırmacılar ayrıca, en yüksek kök uzunluğu, kök sayısı, sürgün uzunluğu ve sürgün kuru ağırlığı değerinin 20 GY gamma ışını dozundan elde edildiğini tespit etmişlerdir.

Rahimi ve Bahrani (2011), İran'da iki ekmeklik buğday çeşidinin tohumlarına 0, 25, 50, 75, 100 ve 125 Gy gamma ışını uyguladıkları çalışmalarında, tane verimi, bin tane ağırlığı, hasat indeksi ve yaprak alanı indeksi parametrelerini incelemişlerdir. Araştırmacılar incelenen tüm özellikler bakımından çeşitler arasında önemli farklar olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca, incelenen tüm özelliklerin 50 Gy'e kadar olan doz artışlarından önemli bir şekilde etkilenmediğini, 50 Gy'den sonra artan gamma ışını dozlarının ise incelenen tüm özelliklerde önemli bir şekilde azalmaya neden olduğunu saptamışlardır.

Şenay ve Şekerci (2011), Kunduru 1149 makarnalık buğday çeşidinin tohumlarına farklı dozlarda gamma ışını (50, 150 ve 250 Gy) ve EMS (% 2 ve % 4) uyguladıkları araştırmalarında, incelenen bitki büyüme özellikleri bakımından tek ve birlikte uygulamalarda artan mutagen dozlarına bağlı olarak önemli düzeyde azalmalar meydana gelmiş, birleşik uygulamalarda iki mutagenin toplam etkisinde daha etkili olduğu belirlenmiştir.

Wang, Yu ve Tian (2012), Çin'de bir ekmeklik buğday çeşidinin tohumlarına 0, 0,6, 1,5, 2,4 ve 3 kGy gamma ışını uyguladıkları çalışmalarında, gamma ışını dozundaki artışın

Çimlenme oranını, sürgün uzunluğunu ve kök uzunluğunu önemli bir şekilde azalttığını açıklamışlardır.

Olgun, Ayter, Kutlu ve Başçıfti (2012), Eskişehir’de iki ekmeklik buğday eşidinin (Sönmez ve Kirik) tohumlarına yedi farklı gamma ışını dozu (0, 50, 100, 150, 250 ve 300 Gy) uyguladıkları çalışmalarında, Kirik eşidinde 250 Gy ve Sönmez eşidinde 200 Gy ışın dozlarının fide boyu ve kök uzunluğunu azalttığını belirlemişlerdir. Ayrıca araştırmacılar, gamma dozundaki artışın sürme gücünü, fide boyunu, kök uzunluğunu ve fide kuru ağırlığını önemli bir şekilde azalttığını saptamışlardır.

Stoklosa, Michele, Perchonok, Little, Nivens ve Mauer (2012), düşük dozlarda uygulanan gamma ışınlarının (1, 3, 10 ve 100 Gy) beş buğday eşidinin (Apogee, Perigee, Parshall, Yavaros 79 ve Yecora Rojo) yapısı, fonksiyonu ve antioksidan özellikleri üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, buğday çeşitlerinin protein oranı, yağ oranı, nişasta içeriği ve antioksidan özellikleri bakımından uygulanan gamma ışını dozlarına tepkilerinin farklı olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, artan gamma ışını dozlarının denemeye aldıkları tüm çeşitlerde antioksidant kapasitesini önemli bir şekilde düşürdüğünü belirlemişlerdir.

Borzouei, Kafi, Sayahi, Rabiei ve Amin (2013), İran’da iki ekmeklik buğday çeşidinin tohumlarına 0, 100, 200, 300 ve 400 Gy gamma ışını uyguladıkları çalışmalarında, gamma ışını dozundaki artışın kontrole göre klorofil içeriğinde önemli bir şekilde azalışa, buna karşılık MDA miktarı ve POX aktivitesinde önemli bir şekilde artışa neden olduğunu belirlemişlerdir.

Singh, Ahuja, Singhal ve Babu (2013), Hindistan’da bir buğday çeşidinin tohumlarına 0, 5, 25, 100 ve 500 Gy gamma ışını uyguladıkları araştırmalarında, kontrol uygulamasına göre gamma ışını uygulamalarının sürgün yaş ağırlığını, kök yaş ağırlığını, kök uzunluğunu, klorofil içeriğini, membran zararlanmasını, tane verimini artırdığını, buna karşılık gamma ışını uygulamalarının bayrak yaprak alanı, fotosentez hızı ve stoma iletkenliği üzerine önemli bir etkisinin olmadığını belirlemişlerdir.

Abou-Zeid ve Abdel-Latif (2014), Mısır’da bir ekmeklik buğday çeşidinin tohumlarına 0, 0,5, 1, 2 ve KGy gamma ışını uyguladıkları araştırmalarında, artan gamma ışını dozlarının çimlenme oranını, sürgün uzunluğunu, sürgün ve kök yaş ağırlığını, sürgün ve kök kuru ağırlığını, bağıl su içeriğini ve membran zararlanmasını önemli bir şekilde azalttığını

tespit etmişlerdir. Buna karşılık, artan gamma ışını dozlarının klorofil içeriğini ise artırdığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, gamma ışını dozundaki artışın SOD ve POX içeriğini artırdığını, CAT içeriğini ise azalttığını saptamışlardır.

Kara, Ergün ve Ertem Vaizoğulları (2015), bir arpa ve bir buğday çeşidinin tohumlarına 0, 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500 ve 600 Gy gamma ışını uyguladıkları araştırmalarında, gamma ışını uygulamalarının buğdayda çimlenme oranı üzerine etkisinin istatistiki olarak önemli olmadığını, sürgün ve kök uzunluğunu ise gamma ışını dozu artışına bağlı olarak sırasıyla %94,55 ve %42,18 oranında azaldığını belirlemişlerdir.

Khah ve Verma (2015), Hindistan'da bir ekmeklik buğday çeşidinin tohumlarına 0, 10, 15, 20, 25 ve 30 kR gamma ışını uyguladıkları araştırmalarında, kontrol uygulamasına göre artan gamma ışını dozlarının M₁ generasyonunda çimlenme oranında, sürme gücünde, bitki boyunda, başak uzunluğunda başaktaki başakçık sayısında, başaktaki tane sayısında önemli bir şekilde azalmaya neden olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar bin tane ağırlığının ise 15 kR gamma ışını dozunda kontrole göre arttığını diğer dozlarda ise azaldığını açıklamışlardır.

Ahmed, Khan, Khan, Akhtar, Umar, Ali, Hussain ve Shah (2017), Pakistan'da iki ekmeklik buğday çeşidinin tohumlarına 0, 15, 25, 35 ve 45 Krad gamma ışını uyguladıkları araştırmalarında, çeşitlerin gamma ışını uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğunu saptamışlardır. Araştırmacılar, kontrole göre gamma ışını dozundaki artışın çimlenme süresini uzattığını, çimlenme oranını düşürdüğünü, başaklanma ve olgunlaşma süresini bir çeşitte kısalttığını diğerinde uzattığını, bitki boyunu kısalttığını, başak uzunluğunu bir çeşitte etkilemediğini diğerinde artırdığını, başakta başakçık sayısını bir çeşitte artırdığını diğerinde azalttığını, başaktaki tane sayısını bir çeşitte artırdığını diğerinde azalttığını ve bin tane ağırlığını artırdığını ortaya koymuşlardır.

Gordeeva, Shoeva, Yudina, Kukoeva ve Khlestkina (2018), Rusya'da 8 ekmeklik buğday hattının tohumlarına 0, 50, 100 ve 200 Gy gamma ışını uyguladıkları çalışmalarında, buğday genotiplerinin gamma ışını uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğunu, gamma ışını uygulamalarının kontrole göre çimlenme oranını düşürdüğünü belirlemişlerdir. Araştırmacılar ayrıca gamma ışını uygulamalarının sürgün uzunluğunda %29,7-61,2 oranında, sürgün ağırlığında %30,5-68,6 oranında, kök uzunluğunda %46,1-76,3 oranında ve kök ağırlığında %44,5-80,8 oranında azalmaya neden olduğunu saptamışlardır.

Pane, Lopez, Cantamutto, Domenech ve Castro-Franco (2018), Arjantin’de bir buğday ve bir tritikale çeşidinin tohumlarına 0, 50, 200, 400, 550, 700, 850 ve 1000 Gy gamma ışını uyguladıkları çalışmalarında, buğday tohumlarının çimlenme oranının gamma ışını dozu 550 Gy veya daha yüksek olduğunda önemli şekilde düştüğünü ve 1000 Gy’de %75 oranında azaldığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, gamma ışını dozundaki artışın fide büyümesini ve sürme gücünü de önemli bir şekilde azalttığını saptamışlardır.

Balkan, Bilgin, Başer, Göçmen, Demirkıran ve Deviren (2019), üç ekmeklik buğday çeşidinin tohumlarına 0, 100, 200, 300, 400 ve 500 Gy gamma ışını uyguladıkları ve Tekirdağ ekolojik koşullarında yürüttükleri araştırmalarında, M₁ generasyonunda bitki boyu, başak uzunluğu, başakta başakçık sayısı, başakta tane sayısı, başakta tane ağırlığı, hasat indeksi, bin tane ağırlığı ve tane verimi parametrelerini incelemişlerdir. Araştırmacılar, gamma ışını dozlarının başak uzunluğu dışındaki tüm incelenen parametreleri önemli bir şekilde etkilediğini ve ekmeklik buğday genotiplerinin gamma ışını uygulamalarından farklı bir şekilde etkilendiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar, gamma ışını dozundaki artışın bitki boyunu kısalttığını, başakta başakçık sayısını düşürdüğünü, hasat indeksini ve bin tane ağırlığını azalttığını saptamışlardır. Bununla birlikte, kontrol uygulamasına göre başakta tane sayısının 200, 400 ve 500 Gy dozlarında, tane veriminin ise 300 ve 500 Gy dozlarında arttığını belirlemişlerdir.

El-Kameesy, Salama, Ghannam ve Roshdy (2019), Mısır’da bir buğday çeşidinin tohumlarına 0, 1,5, 2, 2,5, 3, 5, 7, ve 10 krad gamma ışını uyguladıkları araştırmalarında, çimlenme oranı, sürgün uzunluğu, kök uzunluğu, yaş ağırlık, kuru ağırlık ve klorofil içeriği parametrelerini incelemişlerdir. Araştırmacılar, incelenen parametrelerin gamma ışını uygulamasından farklı bir şekilde etkilendiğini bildirmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar, çimlenme oranının 3,0 krad dozundan sonraki dozlarda önemli bir şekilde azaldığını, en yüksek sürgün uzunluğu, kök uzunluğu, yaş ağırlık, kuru ağırlık ve klorofil içeriği değerlerinin 2,5 krad gamma ışını uygulamasından elde edildiğini belirlemişlerdir.

Khan, Newsheen, Aziz, Ullah, Sher, Rahman ve Khan (2020), Pakistan’da iki ekmeklik buğday çeşidinin tohumlarına 0, 5, 10 ve 15 krad gamma ışını uygulayarak yürüttükleri araştırmalarında, gamma ışını dozundaki artışın M₁ bitkilerinde bitkideki başak sayısını, başak uzunluğunu ve bitki tane verimini düşürdüğünü belirlemişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, kontrol uygulamasına göre 5 ve 10 krad dozlarında bin tane ağırlığının önemli bir

şekilde azaldığını, ancak 15 krad uygulamasında kontrole benzer ve yüksek bin tane ağırlığı değerleri elde ettiklerini bildirmişlerdir.

Ahumada-Flores, Briceño-Zamora, García-Montoya, López-Cázarez, Pereo-Galvez, Parra-Cota ve Santos-Villalobos (2020), Meksika’da bir makarnalık buğday çeşidinin tohumlarına 0, 100, 200, 300, 400, 500 ve 600 Gy gamma ışını dozu uyguladıkları araştırmalarında, gamma ışını dozlarının çimlenme oranı üzerine etkisinin istatistiki olarak önemli olmadığını ve çimlenme oranının %77,78-88,89 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Bununla birlikte, araştırmacılar sürme gücünün gamma ışını uygulamalarından önemli bir şekilde etkilendiğini ve kontrol uygulamasında %100 olan sürme gücünün 600 Gy dozunda %6,66’ya düştüğünü, en yüksek sürgün uzunluğunun 100 Gy dozunda (21,57 cm), en düşük sürgün uzunluğunu ise 600 Gy dozunda (1,16 cm) belirlendiğini açıklamışlardır.

Öztürk, Şen, Yaylacı, Tülek, Tülek ve Avcı (2020), sekiz ekmeklik buğday genotipinin tohumlarına 0, 170, 200 ve 250 Gy gamma ışını uyguladıkları araştırmalarında, gamma ışını dozundaki artışın kontrol uygulamasına göre bayrak yaprak alanını, klorofil içeriğini ve stoma sayısını azalttığını, başaklanma süresini ise uzattığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar ayrıca incelenen özellikler bakımından ekmeklik buğday genotipleri arasında önemli farklar olduğunu açıklamışlardır.

Ahumada-Flores, Pando, Cota, Torres, Sarsu ve Villalobos (2021), Meksika’da bir makarnalık buğday çeşidinin tohumlarına 0, 100, 200 ve 300 Gy gamma ışını uyguladıkları araştırmalarında, gamma dozu artışının çimlenme oranında, sürme gücünde, kök ve sürgün uzunluğunda ve bitki boyunda önemli bir şekilde azalmaya neden olduğunu, başaklanma ve olgunlaşma süresini ise önemli bir şekilde geciktirdiğini belirlemişlerdir.

Kiani, Borzouei, Ramezanpour, Soltanloo ve Saadati (2022), İran’da bir ekmeklik buğday çeşidinin tohumlarına 0, 100, 200, 300 ve 400 Gy gamma ışını uyguladıkları çalışmalarında, kontrol uygulamasına göre çimlenme oranının 100, 200, ve 300 Gy gamma ışını uygulamalarında azaldığını, 400 Gy gamma ışını uygulamasına ise arttığını; sürme gücünün gamma ışını dozu arttıkça azaldığını; sürgün uzunluğunun 100 Gy uygulamasından önemli bir şekilde etkilenmediğini, 200, 300 ve 400 Gy gamma ışını uygulamalarında ise önemli bir şekilde azaldığını; kök uzunluğunun gamma ışını doz artışına bağlı olarak azaldığını; sürgün ve kök yaş ağırlığının 200 Gy gamma ışını uygulamasında arttığını, diğer dozlarda ise azaldığını; sürgün kuru ağırlığının 300 Gy gamma ışını uygulamasına kadarki

doz artışından önemli bir şekilde etkilenmediğini, 400 Gy dozunda ise önemli bir şekilde azaldığını; kök kuru ağırlığının 100 Gy gamma ışını dozundan sonraki doz artışlarında önemli bir şekilde azaldığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar, gamma ışını uygulamasının ekmeklik buğdayda katalaz (CAT), POX ve polifenol oksidaz (PPO) aktivitesi gibi biyokimyasal özellikleri de önemli bir şekilde etkilediğini ve gerek morfolojik özellikler gerekse biyokimyasal özellikler için 200-300 Gy'in en uygun gamma ışını dozları olduğunu tespit etmişlerdir.

Shabani, Alemzadeh, Nakhoda, Razi, Houshmandpanah ve Hildebrand (2022), İran'da bir ekmeklik buğday çeşidinin tohumlarına 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350 ve 400 Gy gamma ışını uygulayarak elde ettikleri mutant hatları inceledikleri çalışmalarında, başaklanma süresinin, olgunlaşma süresinin, bitki boyunun, hasat indeksinin, bayrak yaprak alanının, başakta tane sayısının, bin tane ağırlığının, tane veriminin, başak uzunluğunun, klorofil içeriğinin ve stoma iletkenliğinin önemli bir şekilde değiştiğini belirlemişlerdir.

Hong vd. (2022), Kore'de bir ekmeklik buğday çeşidinin tohumlarına 0, 100, 300 ve 500 Gy gamma ışını dozları uyguladıkları araştırmalarında, kontrol uygulamasına göre çimlenme oranının, sürgün uzunluğunun, kök uzunluğunun ve klorofil içeriğinin gamma dozu artışına bağlı olarak önemli bir şekilde azaldığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar ayrıca gamma ışını uygulamalarının buğdayın biyokimyasal özelliklerini de önemli bir şekilde etkilediğini ve gamma ışını dozundaki artışın SOD ve POX aktivitesini önemli bir şekilde artırdığını saptamışlardır.

Gad, El-Bakery, Ata, El-Orabey, Gebrel ve Kishk (2023), Mısır'da beş ekmeklik buğday çeşidinin tohumlarına 0, 50, 100, 150, 200 ve 250 Gy gamma ışını uyguladıkları araştırmalarında, bitki boyu, bitkide başak sayısı, başak uzunluğu, başakta başakçık sayısı, başakta tane sayısı, bin tane ağırlığı, bitki tane verimi, çimlenme oranı, sürgün uzunluğu, kuru ağırlığı ve tohum gücü indeksi bakımından buğday çeşitlerinin gamma ışını uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca, kontrol uygulamasına göre artan gamma dozunun buğdayda bitki boyunu kısalttığı, başak uzunluğunu artırdığı, başakta başakçık sayısını artırdığı, başakta tane sayısını artırdığı, bin tane ağırlığını artırdığı, bitki tane verimini artırdığı, çimlenme oranını 50 Gy uygulaması dışında düşürdüğü, sürgün uzunluğunu azalttığı, sürgün kuru ağırlığını azalttığı ve tohum gücü indeksini 50 gy uygulaması dışında düşürdüğü araştırmacılar tarafından saptanmıştır.

1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmasının amacı orijini, fenolojik ve agronomik özellikleri farklı 5 ekmeklik buğday çeşidinin (Tekirdağ, Sana, Sagittario, Renan, Flamura-85) tohumlarına Kobalt-60 (^{60}Co) kaynağı kullanılarak uygulanan 6 farklı gamma ışını dozunun (0-kontrol, 100, 200, 300, 400 ve 500 Gy) çimlenme, fide gelişme ve başaklanma dönemlerindeki bazı morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özellikler üzerine etkilerinin incelenmek ve bu konuda daha sonra yapılacak çalışmalar için bilgi birikimine katkı sağlamaktır.



2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Araştırmada, orijini, fenolojik ve agronomik özellikleri farklı 5 ticari ekmeklik buğday çeşidi (Tekirdağ, Sana, Sagittario, Renan, Flamura-85) anaç olarak seçilmiş, bu çeşitlerin ⁶⁰Co kaynağından 6 farklı gamma dozu (0, 100, 200, 300, 400 ve 500 Gy) uygulaması yapılmış tohumları materyal olarak kullanılmıştır.

Araştırmada anaç olarak kullanılan çeşitlerin bazı tarımsal özelliklerine ilişkin bilgiler aşağıda verilmiştir.

Tekirdağ: Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından 2005 yılında tescil ettirilmiş, 80-85 cm boyunda, beyaz başaklı, başakları kılçıklı, dik ve yarı eğik görünümde, taneleri iri (bin tane ağırlığı 40-42 g), kırmızı renkli ve sert-yarı sert yapıda olan kışlık ve orta erkenci bir ekmeklik buğday çeşididir.

Sana: Hırvatistan orijinli, 80 cm boyunda, beyaz başaklı, başakları kılçıksız, dik ve yarı eğik görünümde, taneleri orta irilikte (bin tane ağırlığı 35-37 g), kırmızı renkli ve yarı sert yapıda, ekmeklik kalitesi düşük olan kışlık ve erkenci bir ekmeklik buğday çeşididir.

Sagittario: İtalya orijinli, 2001 yılında Tasaco Tarım tarafından tescil ettirilmiş, 85-90 cm boyunda, beyaz başaklı, başakları kılçıklı, dik ve yarı eğik görünümde, taneleri iri (bin tane ağırlığı 40-45 g), kırmızı renkli ve yarı sert yapıda, kalitesi yüksek, alternatif gelişme tabiatlı ve orta erkenci bir ekmeklik buğday çeşididir.

Renan: Fransa orijinli, 2013 yılında Alfa Tohum tarafından tescil ettirilmiş, 95-100 cm boyunda, beyaz başaklı, başakları kılçıklı ve sık dizilişli, taneleri iri (bin tane ağırlığı 40-44 g), kırmızı renkli ve yarı sert yapıda olan kışlık ve orta geççi bir ekmeklik buğday çeşididir.

Flamura-85: Romanya orijinli, 1999 yılında Tareks Tar. Ür. A. G. İth. İhr. Tic. A.Ş tarafından tescil ettirilmiş, 85-95 cm boyunda, beyaz başaklı, başakları kılçıklı ve yarı eğik görünümde, taneleri orta irilikte (bin tane ağırlığı 37-41 g), kırmızı renkli ve sert yarı-sert yapıda, kalitesi yüksek, kışlık ve orta erkenci bir ekmeklik buğday çeşididir.

2.2. Işınlama işlemi

Araştırmada anaç olarak kullanılan ekmeklik buğday çeşitlerinin 2015 yılı hasat döneminden elde edilen tohumları ışınlama işleminden önce 2,2 mm'lik elekten geçirilmiştir. Her gamma ışını dozu için en az 2500 adet tohum sayılmış, %14 nem içeriğinde 2015 yılı Kasım ayında Ankara'daki Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi (SANAEM)'nde 2,190 kGy h⁻¹ gücündeki Kobalt-60 (⁶⁰Co) kaynağından elde edilen gamma ışınları (100, 200, 300, 400 ve 500 Gy) ile ışınlanmıştır. Işınlama sonrası tohumlar ekim yapılincaya kadar 4 °C'de buzdolabında bekletilmiş (Akbaş ve Ünver, 1986) ve kısa sürede ekimi yapılmıştır. Araştırmada anaç olarak kullanılan ekmeklik buğday çeşitlerinin gamma ışını uygulanmamış 0 Gy dozları kontrol olarak kullanılmıştır.

2.3. Yöntem

Bu araştırma, 2015-2016 yetiştirme döneminde M₁ generasyonunda, laboratuvar ve tarla denemeleri şeklinde 2 farklı koşulda yürütülmüştür.

2.3.1. Laboratuvar denemeleri

Laboratuvar denemeleri, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Bitki Biyoteknolojisi ve Islahı Laboratuvarında bulunan kontrollü bitki yetiştirme odasında çimlendirme ve saksı denemeleri şeklinde kurulmuştur.

2.3.1.1. Çimlendirme denemesi

Çimlendirme denemesi, tohumlara uygulanan farklı gamma ışını dozlarının ele alınan çeşitlerin çimlenme ve erken fide gelişimi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla, petri kaplarında, çeşitler ana parselleri, farklı gamma ışını dozları alt parselleri oluşturacak şekilde tesadüf parsellerinde bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür.

Deneme materyalini oluşturan tohumlar öncelikle %1,5'lik sodyum hipoklorit solüsyonunda 15 dk bekletilerek yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuş, daha sonra

üzerlerindeki sodyum hipokloriti uzaklaştırmak için tohumlar steril kabinde steril edilmiş distile su ile 3 defa 5'er dakikalık sürelerle yıkanmıştır (Dhanda, Sethi, Behl, 2004). Yüzey sterilizasyonu yapılmış tohumlar, steril kabin altında, içerisinde 10 ml steril saf su bulunan ve 9 cm çaplı steril petri kaplarında, her kaba 20 tohum olacak şekilde, önceden steri edilmiş iki katlı filtre kağıtları üzerine steril edilmiş pens yardımı ile yerleştirilmiştir. Buharlaşmayı önlemek için petri kapları parafilm ile sarılmıştır. Petri kapları daha sonra kontrollü bitki yetiştirme odasında, $250 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ışık içeren 16/8 saat (aydınlık/karanlık) fotoperiyotta, $25\pm 2^\circ\text{C}/15\pm 2^\circ\text{C}$ (gündüz/gece) sıcaklıkta, $60\pm 5\%$ nemli ortamda 8 gün süresince çimlenmeye bırakılmıştır. Tohumların kökçükleri 2 mm kadar uzadığında çimlenmiş olarak kabul edilmiştir (ISTA, 1996).

Çimlendirme denemesinde incelenen özelliklere ait gözlem ve ölçümler aşağıda açıklandığı şekilde yapılmıştır.

Çimlenme oranı (%): Sekiz gün sonunda Petri kaplarında çimlenen tohumlar sayılmış ve çimlenme oranları [çimlenme oranı=(çimlenen tohum sayısı/toplam tohum sayısı) $\times 100$] formülü ile belirlenmiştir.

Aşağıdaki ölçümler deneme süresi sonunda Petri kaplarından tesadüfi olarak seçilecek 5 bitki üzerinde yapılmıştır.

Kök sayısı(adet): Bitkilerin kökleri sayılmış, ortalaması alınarak belirlenmiştir.

Kök uzunluğu (mm): Bitkilerin kök tacı ile köklerinin en uç noktası arasındaki mesafe ölçülmüş, ortalaması alınarak belirlenmiştir.

Sürgün uzunluğu (mm): Bitkilerin kök tacı ile yapraklarının en uç noktası arasındaki mesafe ölçülmüş, ortalaması alınarak belirlenmiştir.

Kök yaş ağırlığı (mg): Bitkilerin kökleri kök tacından kesilerek hassas terazide tartılacak ortalaması alınarak belirlenmiştir.

Kök kuru ağırlığı (mg): Bitkilerin yaş ağırlıkları belirlenen kökleri, 70°C 'lik etüvde 48 saat kurutulduktan sonra tartılmış, ortalaması alınarak belirlenmiştir.

Sürgün yaş ağırlığı (mg): Kök tacından kesilen bitkilerin toprak üstü kısımları hassas terazide tartılmış, ortalaması alınarak belirlenmiştir.

Sürgün kuru ağırlığı (mg): Bitkilerin yaş ağırlıkları belirlenen toprak üstü kısımları, 70 °C’lik etüvde 48 saat kurutulduktan sonra tartılmış, ortalaması alınarak belirlenmiştir.

2.3.1.2. Saksı denemesi

Saksı denemesi, tohumlara uygulanan farklı gamma ışını dozlarının ele alınan çeşitlerin sürme gücü ve 3-5 yapraklı dönemde (Zadoks 13.-15. dönem) morfolojik ve fizyolojik özellikleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla, 1,5 L’lik saksılarda, çeşitler ana parselleri, farklı gamma ışını dozları alt parselleri oluşturacak şekilde tesadüf parsellerinde bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür.

Deneme materyalini oluşturan tohumlar, içerisinde 2:1 oranında torf ve perlit karışımı içeren 1,5 L’lik saksılara bir markör yardımıyla 3 cm derinliğe, eşit aralıklarla her saksıya 20 adet tohum olacak şekilde ekilmiştir. Ekimi yapılan saksılar, çevre koşullarının etkisinin en aza indirmek amacıyla $250 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ışık içeren 16/8 saat (aydınlık/karanlık) fotoperiyota, $25\pm 2^\circ\text{C}/15\pm 2^\circ\text{C}$ (gündüz/gece) sıcaklığa, $60\pm 5\%$ neme sahip kontrollü bitki yetiştirme odasına aktarılmıştır. Saksılar periyodik olarak 2 günlük aralıklarla sulanmıştır. Dört-beş hafta sonunda torf:perlit karışımındaki besin maddesi eksikliğini gidermek için saksılara haftada bir %50’lik Hoagland besin çözeltisi ile sulanmıştır.

Saksı denemesinde incelenen özelliklere (3-5 yapraklı dönem; Zadoks 13.-15. dönem) ait gözlem ve ölçümler aşağıda açıklandığı şekilde yapılmıştır.

Sürme gücü (%): Saksılara ekilen tohumların on iki gün sonunda çimlenip toprak üstüne çıkanları sayılmış ve sürme gücü [sürme gücü=(toprak üstüne çıkan tohum sayısı/toplam tohum sayısı)x100] formülü ile belirlenmiştir (Şehirali, 1997).

Saksı denemesinde fide gelişme döneminde (3-5 yapraklı dönem; Zadoks 13.-15. dönem) her saksıdan tesadüfen seçilen 5 bitkide belirlenen özellikler aşağıda verilmiştir.

Klorofil içeriği (SPAD): Bitkilerin tam olarak gelişmiş en son çıkan yapraklarında “Konica Minolta SPAD-502” portatif klorofilmetre ile ölçülmüş, ortalaması alınarak belirlenmiştir. Klorofilmetrenin üretici firmasına göre SPAD değer skalasında 1=klorotik veya sarı renk, 50 = koyu yeşil renk olarak belirtilmiştir (Uzunlu, 2006).

Stoma iletkenliği (mmol m⁻²s⁻¹): Bitkilerin tam olarak gelişmiş en son çıkan yapraklarında 11:00-14:00 saatleri arasında “Decagon SC-1” portatif yaprak porometresi ile ölçülmüş, ortalaması alınarak belirlenmiştir.

Membran Zararlanması (%): Bitkilerin tam olarak gelişmiş en son çıkan yapraklarında 11:00-14:00 saatleri arasında Reynolds vd. (2001)’nın açıkladığı laboratuvar yöntemine göre belirlenmiştir.

Bitki rtş sıcaklığı (°C): 11:00-14:00 saatleri arasında portatif infrared termometre ile her bir saksıda ölçülmüş, ortalaması alınarak belirlenmiştir. Doğru lm yapabilmek için portatif infrared termometre bitkilerin 1 m uzağından 45°’lik açı yapacak şekilde tutulmuştur.

Yaprak su kayıp oranı (%): Bitkilerin tam olarak gelişmiş en son çıkan yaprakları alınmış, tartılarak yaş ağırlıkları (mg) olarak belirlenmiştir. Yaş ağırlıkları belirlenen bu yapraklar 30 °C’lik etüvde 2 saat kurutulmuş ve sonra tekrar tartılmıştır. Daha sonra yaş ağırlıklarla kuru ağırlıklar arasındaki fark yaş ağırlığa oranlanarak yaprak su kayıp oranı bulunmuştur (Clarke ve McCaig 1982).

Bağıl su içeriği (%): Bitkilerin tam olarak gelişmiş en son çıkan yaprakları alınmış, tartılarak taze (yaş) ağırlıkları (Y.A.) (mg) olarak belirlenmiştir. Daha sonra bu yapraklar petri kaplarında distile su ile tamamen ıslatılmış filtre kâğıdı arasında 24 saat bekletilerek turgor haline getirilmiştir. Turgor haline gelmiş yapraklar, üzerlerindeki su birikintisini uzaklaştırmak için hızlıca kağıt havlu ile silinmiş, tekrar tartılarak turgor ağırlıkları (T.A.) (mg) olarak saptanmıştır. Bu yapraklar, 70 °C’de 48 saat kurutularak kuru ağırlıkları (K.A.) belirlenmiştir. Yaprakların bağıl su içerikleri (B.S.İ.) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Cseuz vd., 2002).

$$\text{B.S.İ. (\%)} = [\text{Y.A.} - \text{K.A.}] / [\text{T.A.} - \text{K.A.}] \times 100$$

Stoma sayısı (adet): Bitkilerin tam olarak gelişmiş en son çıkan yapraklarına şeffaf tırnak parlaticı sürülecek ve parlaticının kuruması için belirlenmiştir. Kuruyan parlaticı yaprak yüzeyinden dikkatlice kaldırılacak ve bir lam üzerine yerleştirilmiştir. Daha sonra 4×100 büyütmeli mikroskop alanına düşen stomalar sayılmış, ortalaması alınarak belirlenmiştir.

Stoma eni ve boyu (μ): Stoma sayısının belirlendiği 4×100 büyütmeli mikroskop alanına düşen stomaların eni ve boyu oküler mikrometre ile ölçülmüş, ortalaması alınarak belirlenmiştir.

Fide uzunluğu (cm): Bitkilerin kök tacı ile yapraklarının en uç noktası arasındaki mesafe ölçülecek, ortalaması alınarak belirlenmiştir.

Kök uzunluğu (cm): Bitkilerin kök tacı ile köklerinin en uç noktası arasındaki mesafe ölçülmüş, ortalaması alınarak belirlenmiştir.

Kök yaş ağırlığı (g): Bitkilerin kökleri kök tacından kesilerek hassas terazide tartılmış, ortalaması alınarak belirlenmiştir.

Kök kuru ağırlığı (g): Bitkilerin yaş ağırlıkları belirlenen kökleri, 70 °C'lik etüvde 48 saat kurutulduktan sonra tartılmış, ortalaması alınarak belirlenmiştir.

Toprak üstü yaş ağırlığı (g): Kök tacından kesilen bitkilerin toprak üstü kısımları hassas terazide tartılmış, ortalaması alınarak belirlenmiştir.

Toprak üstü kuru ağırlığı (g): Bitkilerin yaş ağırlıkları belirlenen toprak üstü kısımları, 70 °C'lik etüvde 48 saat kurutulduktan sonra tartılmış, ortalaması alınarak belirlenmiştir.

2.3.2. Tarla denemesi

2.3.2.1. Araştırma yeri ve özellikleri

Tarla denemesi, tohumlara uygulanan farklı gamma ışını dozlarının ele alınan çeşitlerin doğal koşullar altında morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla, 2015-2016 yetiştirme döneminde, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Uygulama ve Araştırma Alanı'nda yürütülmüştür.

2.3.2.1.1. İklim özellikleri

Araştırmanın yürütüldüğü Tekirdağ-Merkez'de 2015-2016 buğday yetiştirme dönemine ait Tekirdağ Meteoroloji İstasyonundan alınan toplam yağış ve ortalama sıcaklık değerleri Çizelge 2.1'de, bu verilerin uzun yıllara ait değerleri ise Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Denemenin yürütüldüğü buğday yetiştirme mevsiminde alınan toplam yağışın (388,8 mm) uzun yıllar ortalamasından (521,2 mm) 132,4 mm daha düşük olduğu dikkati çekmektedir (Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2). Buğdayda tane verimi üzerinde oldukça önemli bir etkiye sahip olduğu bilinen başaklanma ve tane dolum dönemlerini içeren Nisan ve Mayıs

aylarında alınan yağış miktarları incelendiğinde, Nisan (22,9 mm) ve Mayıs (28,4 mm) aylarında alınan yağışın uzun yıllar ortalamasından sırasıyla 20,0 mm ve 9,2 mm daha düşük olduğu anlaşılmaktadır (Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2).

Çizelge 2.1. Tekirdağ iline ait 2015-2016 buğday yetiştirme dönemi bazı iklim değerleri

	Toplam Yağış (mm)	Sıcaklık (°C)		
		En Düşük	En Yüksek	Ortalama
Aylar				
Ekim 2015	83,7	8,6	24,2	16,5
Kasım 2015	48,5	3,8	25,0	13,8
Aralık 2015	0,6	-5,6	17,8	7,3
Ocak 2016	70,7	-6,6	20,9	5,6
Şubat 2016	68,4	-0,5	24,6	9,6
Mart 2016	30,6	0,4	20,7	10,4
Nisan 2016	22,9	5,8	26,3	11,4
Mayıs 2016	28,4	9,0	31,7	17,9
Haziran 2016	35,0	12,1	34,4	23,6
Toplam	388,8	27,0	225,6	116,1
Ortalama	43,2	3,0	25,1	12,9

Çizelge 2.2. Tekirdağ iline ait uzun yıllar bazı iklim değerleri.

	Toplam Yağış (mm)	Sıcaklık (°C)		
		En Düşük	En Yüksek	Ortalama
Aylar				
Ekim	55,2	-0,2	32,0	15,2
Kasım	81,3	-6,9	27,9	11,4
Aralık	86,2	-10,9	21,6	7,2
Ocak	69,9	-13,5	21,5	4,4
Şubat	54,7	-13,5	22,2	5,3
Mart	55,6	-9,0	28,1	6,8
Nisan	42,9	-1,0	34,3	11,5
Mayıs	37,6	2,7	33,8	16,6
Haziran	37,8	9,2	34,0	28,9
Toplam	521,2	-29,6	255,4	107,3
Ortalama	57,9	-3,3	28,4	11,9

Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2'nin incelenmesinden, denemenin yürütüldüğü buğday yetiştirme mevsiminde ortalama sıcaklığın (12,9 °C) uzun yıllar ortalamasından (11,9 °C) sadece 1 °C yüksek olduğu görülmektedir. Deneme süresince en düşük sıcaklık -6,6 °C ile Ocak ayında ölçürken, en yüksek sıcaklık ise 34,4 °C ile Haziran ayında kaydedilmiştir.

2.3.2.1.2. Toprak özellikleri

Tarla denemesinin yürütüldüğü deneme alanına ait toprak örneklerinin Edirne Ticaret Borsası Laboratuvarında yapılan analiz sonuçları Çizelge 2.3'te verilmiştir.

Çizelge 2.3. Deneme alanına ait toprak analiz sonuçları

Toprak özellikleri	Toprak derinliği	
	0-20 cm	20-40 cm
Bünye	Killi-tın	Killi-tın
Su ile doymuşluk (%)	40	41
pH	6,25	6,52
Kireç (%)	0,01	0,01
Bitkilere yarıyışlı fosfor (1,39-3,26 ppm)	16	15
Bitkilere yarıyışlı kalsiyum (1150-3500 ppm)	2807	2406
Bitkilere yarıyışlı magnezyum (160-480 ppm)	429	386
Bitkilere yarıyışlı potasyum (140-370 ppm)	169	164
Bitkilere yarıyışlı demir (2-4,5 ppm)	27	25
Bitkilere yarıyışlı mangan (14-50 ppm)	25	20
Bitkilere yarıyışlı çinko (0,7-2,4 ppm)	0,32	0,41
Organik madde (%)	1,08	1,11

Çizelge 2.3'ten, deneme alanı toprağının killi-tınlı yapıda, hafif asit, kireçsiz, fosfor yönünden fazla, kalsiyum, magnezyum, potasyum, mangan ve çinko yönünden yeterli, demir yönünden fazla ve organik maddece düşük sınıfta yer aldığı anlaşılmaktadır.

2.3.2.2. Ekim ve bakım

Tarla denemesi, çeşitler ana parselleri, farklı gamma ışını dozları alt parselleri oluşturacak şekilde tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak 20 Kasım 2015 tarihinde kurulmuştur.

Deneme, Kasım ayının ikinci yarısında, 400 tohum/m² ekim sıklığı olacak şekilde, 2 metre uzunluğunda, sıra arası 20 cm olan ve 4 sıradan oluşan parsellere elle ekilmiştir. Denemede, ekim ile birlikte 4 kg/da saf azot ve 4 kg/da saf fosfor olacak şekilde 20.20.0

kompoze gübresi, kardeşlenme döneminde 9,2 kg/da saf azot olacak şekilde üre gübresi (%46 azot) ve sapa kalkma döneminde 3,9 kg/da saf azot olacak şekilde kalsiyum amonyum nitrat gübresi (%26 azot) uygulanmıştır. Deneme alanında görülen yabancı otlarla savaşında kimyasal ilaçlama yapılmıştır.

Tarla denemesinde incelenen özelliklere ait gözlem ve ölçümler aşağıda açıklandığı şekilde yapılmıştır.

Başaklanma gün sayısı (gün): 01 Nisan tarihi ile parsellerdeki bitkilerin %50'sinin başaklarını bayrak yaprağı kınından tamamen çıkarttıkları tarih arasındaki süre (gün) olarak hesaplanmıştır.

Bayrak yaprak alanı (cm²): Bitkilerin ana sapı üzerinde bulunan bayrak yapraklarının alanı "LI-COR Model LI 3000 A" portatif yaprak alanı ölçer ile ölçülmüştür. Sonuçlar ortalama alınarak belirlenmiştir.

Bayrak yaprağın yeşil kalma süresi (gün): Bitkilerin başaklanma tarihi ile bayrak yapraklarının tamamen sarardığı tarih arasındaki süre gün olarak hesaplanmıştır.

Aşağıda açıklanan fizyolojik özellikler parsellerdeki bitkilerin çiçeklenme döneminde (Zadoks 60. dönem) belirlenmiştir.

Klorofil içeriği (SPAD): Bitkilerin bayrak yaprakları üzerinde saksı denemesinde açıklandığı gibi belirlenmiştir.

Stoma iletkenliği (mmol m⁻²s⁻¹): Bitkilerin bayrak yaprakları üzerinde saksı denemesinde açıklandığı gibi belirlenmiştir.

Membran Zararlanması (%): Bitkilerin bayrak yaprakları üzerinde saksı denemesinde açıklandığı gibi belirlenmiştir.

Bitki örtüsü sıcaklığı (°C): Bitkilerin bayrak yaprakları üzerinde saksı denemesinde açıklandığı gibi belirlenmiştir.

Yaprak su kayıp oranı (%): Bitkilerin bayrak yaprakları üzerinde saksı denemesinde açıklandığı gibi belirlenmiştir.

Bağıl su içeriği (%): Bitkilerin bayrak yaprakları üzerinde saksı denemesinde açıklandığı gibi belirlenmiştir.

Stoma sayısı (adet): Bitkilerin bayrak yaprakları üzerinde saksı denemesinde açıklandığı gibi belirlenmiştir.

Stoma eni ve boyu (µ): Bitkilerin bayrak yaprakları üzerinde saksı denemesinde açıklandığı gibi belirlenmiştir.

Aşağıda açıklanan biyokimyasal özellikler parsellerdeki bitkilerin çiçeklenmesinden (Zadoks 60. dönem) 7 gün sonra alınan bayrak yaprak örneklerinde belirlenmiştir (Borzouei vd., 2013). Aşağıda açıklanan biyokimyasal özellikler farklı araştırmacılar tarafından yapılmış çalışmalarda (Stajner vd., 2007; Jan vd., 2012; Borzouei vd., 2013) gamma ışını uygulamalarının etkili olduğu belirlenmiş biyokimyasal özelliklerdir.

Süperoksit Dismutaz (SOD; EC 1.15.1.1) aktivitesi: SOD enzim aktivitesi, Beauchamp ve Fridovich (1971) ve Giannipolities ve Ries (1977)'e göre belirlenmiştir. Buna göre özütte meydana gelen aktivite, $300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 25°C 'de 10 dk süresince gerçekleştirilen reaksiyon sonunda meydana gelen renk değişiminin spektrofotometrede 560 nm dalga boyunda ölçülmesiyle saptanmıştır. Analiz sırasında kullanılan reaksiyon karışımı 0,05 M sodyum fosfat tamponu (pH 7,8), 0,01 M L-Metiyonin, 33 µM Nitro BlueTetrazolium (NBT), 0,66 mM EDTA.Na₂ ve 0,0033 mM riboflavin içermektedir. Spesifik enzim aktivitesi, enzim ünitesi mg protein⁻¹ olarak hesaplanmıştır.

Peroksidaz (POX; EC 1.11.1.7) aktivitesi: POX enziminin aktivitesi, Kanner ve Kinsella (1983)'nin metoduna göre belirlenmiştir. Bitki örnekleri, 1 ml 0,05 M sodyum asetat tamponu (pH 6,5) ile homojenize edildikten sonra 13000 rpm' de 15 dk süreyle 4°C'de santrifüj edilmiştir. Spektrofotometrede yapılan okumalar sırasında kullanılan reaksiyon karışımında; 0,05 M sodyum asetat tamponu (pH 6,5), 0,1 M pyrogallol, 0,09 M H₂O₂ ve süpernatant kullanılmıştır. Renk değişimi spektrofotometrede 300 nm dalga boyunda 120 sn süresince izlenir ve spesifik enzim aktivitesi, enzim ünitesi mg protein⁻¹ olarak hesaplanmıştır.

Lipit peroksidasyonu miktarı (MDA): Analiz sırasında lipit peroksidasyonunun son ürünü olan malondialdehit (MDA) seviyesinin ölçülmesi ile lipit peroksidasyonu derecesi belirlenmiştir (Madhava Rao ve Sresty, 2000). Her gruptan 0,5 g bitki örneği, %0,1' lik trikloroasetik asit (TCA) çözeltisi ile homojenize edilmiştir. Özütler 10000 rpm' de 5 dk 4 °C'

de santrifüj edilir. Santrifüj işleminden sonra üst faza TCA ve TBA (tiobarbitürik asit) içeren reaksiyon karışımı eklenir ve örnekler daha sonra 95 °C’de 30 dk sıcak su banyosunda bekletilmiş ve ardından buz banyosuna konulmuştur. Örnekler soğuk şokunun ardından 10000 rpm’ de 15 dk santrifüjlenmiştir. Oluşan üst fazın 532 nm ve 600 nm’deki absorbands değerleri alınmış ve MDA derişimi, ekstinksiyon katsayısından ($\epsilon=155 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) yararlanılarak (nmol g yaş ağırlık⁻¹) hesaplanmıştır.

Aşağıda açıklanan morfolojik özellikler parsellerdeki bitkilerin olgunlaşma-hasat döneminde (Zadoks 93. dönem) belirlenmiştir.

Bitki boyu (cm): Bitki örneklerinin her biri için toprak yüzeyi ile başağın en üst başakçığının üst noktası arasında kalan mesafe ölçülecek, ortalaması alınarak bulunmuştur.

Başak uzunluğu (cm): Örnek bitkilerin ana sap başaklarında; en alt başakçık tabanı ile en üst başakçığın üst noktası arasındaki mesafe ölçülecek, ortalaması alınarak belirlenmiştir.

Başakta tane sayısı (adet): Örnek bitkilerin ana sap başakları ayrı ayrı harmanlanacak, elde edilen taneler sayılacak, ortalaması alınarak bulunmuştur.

Başakta tane ağırlığı (g): Örnek bitkilerin ana sap başakları ayrı ayrı harmanlanmış, elde edilen taneler tartılmış, ortalaması alınarak belirlenmiştir.

Hasat indeksi (%): Köklü olarak sökülen bitkiler kök boğazından kesilecek ve saplı olarak tartılarak saplı ağırlıkları bulunmuştur. Bu bitkilerin harmanlanması sonucu elde edilen taneler saplı ağırlıklarına oranlanarak (%) olarak bulunan hasat indekslerinin ortalaması alınarak belirlenmiştir.

Bitki tane verimi (g): Parsellerde tesadüfi olarak seçilen bitkilerin tüm başaklarının harman edilmesi ve elde edilen tanelerin tartılmasıyla belirlenecektir.

2.4. Verilerin Değerlendirilmesi

Laboratuvar denemelerinden elde edilen verilerde Tesadüf Parsellerinde Bölünmüş Parseller Deneme Desenine göre, tarla denemesinden elde edilen verilerde Tesadüf Bloklarında Bölünmüş Parseller deneme desenine göre varyans analizi yapılmıştır. Denemelerde incelenen özelliklerin ortalama değerleri arasındaki farkların istatistiki anlamda

önemlilikleri, MSTAT-C paket programı kullanılarak EKÖF (En Küçük Önemli Fark) testine göre belirlenmiştir (Düzgüneş, Kesici, Kavuncu, Gürbüz, 1987).



3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Çimlendirme Denemesi

Denemeye alınan ekmeklik buğday çeşitlerinin 6 farklı gamma dozu (0, 100, 200, 300, 400 ve 500 Gy) uygulamasında çimlenme ve erken fide gelişme dönemlerinde belirlenen özelliklere ilişkin bulgular aşağıda ayrı başlıklar altında verilmiştir.

3.1.1. Çimlenme Oranı

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma dozu uygulamasından elde edilen ortalama çimlenme oranına ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.1’ de, ortalama değerler ve önemlilik grupları Çizelge 3.2’ de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Çimlenme oranına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Çeşit	4	2459,44	614,86	23,30**
Hata-1	10	263,89	26,39	
Gamma Dozu	5	12515,83	2503,17	170,02**
Çeşit × Gamma Dozu	20	3377,22	168,86	11,47**
Hata	50	736,11	14,72	
Genel	89	19352,50	217,44	

*: %5 düzeyinde önemli, **: %1 düzeyinde önemli

CV: %17,24

Yapılan varyans analizinde, çimlenme oranı yönünden çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu etkisi istatistiksel anlamda 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.2. Çimlenme oranına ilişkin ortalama değerler (%) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları						Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	500 Gy	
Tekirdağ	98,33 a	93,33 abc	91,67 bcd	90,00 cd	66,67 ı	50,00 k	81,67 c
Flamura 85	96,67 ab	96,67 ab	95,00 abc	93,33 abc	90,00 cd	78,33 fgh	91,67 a
Sana	96,67 ab	93,33 abc	90,00 cd	86,67 de	56,67 j	41,67 l	77,50 d
Renan	96,67 ab	96,67ab	93,33 abc	91,67 bcd	83,33 ef	76,67 gh	89,72 ab
Sagittario	93,33 abc	91,67 bcd	91,67 bcd	91,67 bcd	80,00 fg	73,33 h	86,94 b
Ortalama	96,33 a	94,33 ab	92,33 bc	90,67 c	75,33 d	64,00 e	
EKÖF (P≤0,05)	Çeşit: 3,815		Gamma Dozu: 2,815		Çeşit × Gamma Dozu: 6,292		

Ele alınan çeşitlerin ortalama çimlenme oranı %77,50-91,67 arasında değişmiştir. En yüksek çimlenme oranı Flamura-85 çeşidinde belirlenmiş, bunu %89,72 ile Renan çeşidi izlemiştir. En düşük çimlenme oranı ise Sana çeşidinden elde edilmiş, bunu Tekirdağ çeşidi (%81,67) izlemiştir (Çizelge 3.2).

Araştırmamızda, gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama çimlenme oranı %64,00-96,33 arasında değişmiştir (Çizelge 3.2). En yüksek çimlenme oranı 0 Gy gamma ışını dozunda saptanmış, bunu %94,33 ile 100 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük çimlenme oranı ise, 500 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu %75,33 ile 400 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çeşit × gamma dozu interaksiyonunda, ortalama çimlenme oranı %41,67-98,33 arasında değişmiştir (Çizelge 3.2). En yüksek çimlenme oranı Tekirdağ çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozundan elde edilmiş, bunu % 96,67 ile Flamura-85 ve Renan çeşitlerinin 0 ve 100 Gy gamma ışını dozları ile Sana çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük ortalama çimlenme oranı ise, Sana çeşidinin 500 Gy gamma ışını dozunda saptanmış, bunu Tekirdağ çeşidinin 500 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çalışmamızda çimlenme oranı yönünden ele alınan çeşitlerin gamma dozu uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Gamma dozu artışlarından Flamura-85 çeşidi en az, Sana çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Bu durum, denemeye alınan çeşitlerin genotipik yapılarının farklı olmasının bir sonucu olabilir. Elde ettiğimiz sonuçlarımız mutagen uygulamalarına çeşitlerin farklı tepkiler verdiğini belirleyen İrfaq ve Nawab (2001), Olgun vd. (2012), Ahmed vd. (2017) ve Gordeeva vd. (2018)'in sonuçlarıyla benzerlik göstermiştir. Çalışmamızda, gamma dozu artışının çimlenme oranını önemli bir şekilde azalttığı belirlenmiştir. Gamma dozu ortalamaları incelendiğinde kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %2,1, 200 Gy uygulamasında %4,1, 300 Gy uygulamasında %5,9, 400 Gy uygulamasında %21,8 ve 500 Gy uygulamasında %33,6 oranında çimlenme oranında azalma olduğu belirlenmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlar, yaptıkları çalışmalarda gamma dozu artışının çimlenme oranının önemli bir şekilde azalttığını belirleyen Başer vd. (2005), Wang vd. (2012), Olgun vd. (2012), Abou-Zeid ve Abdel-Latif (2014), Ahmed vd. (2017), Gordeeva vd. (2018), Pane vd. (2018) ve El-Kameesy vd. (2019)'un bulgularıyla benzerlik göstermiştir. Buna karşılık, Borzouei vd. (2010), Melki ve Marouani (2010), Kara vd. (2015) ve Ahumada-Flores vd. (2020) ise yaptıkları çalışmalarda

bulgularımızdan farklı olarak gamma ışını dozlarının buğdayda çimlenme oranı üzerine etkisinin önemli olmadığını belirlemişlerdir.

3.1.2. Kök Sayısı

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama kök sayısına ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.3’de, ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.4’de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Kök sayısına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Çeşit	4	8,013	2,003	9,509**
Hata-1	10	2,107	0,211	
Gamma Dozu	5	54,438	10,888	57,505**
Çeşit × Gamma Dozu	20	10,047	0,502	2,653**
Hata	50	9,467	0,189	
Genel	89	84,071	0,945	

** : % 1 düzeyinde önemli

CV: %24,45

Yapılan varyans analizinde, kök sayısı yönünden; çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.4. Kök sayısına ilişkin ortalama değerler (adet) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları						Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	500 Gy	
Tekirdağ	5,33 a	4,87 abc	5,07 ab	4,30 cde	3,90 d-g	2,46 k	4,32 a
Flamura 85	4,90 abc	4,57 bcd	4,87 abc	3,53 f-ı	3,00 h-k	2,77 jk	3,94 b
Sana	4,57 bcd	4,90 abc	4,77 abc	4,23 c-f	2,80 jk	3,00 h-k	4,04 ab
Renan	3,67e-h	4,33 cde	3,23 g-j	3,67 e-h	2,90 ijk	2,80 jk	3,43 c
Sagittario	4,90 abc	4,90 abc	5,33 a	3,77 efg	2,90 ijk	3,00 h-k	4,13 ab
Ortalama	4,67 a	4,71 a	4,65 a	3,90 b	3,10 c	2,81 c	
EKÖF (P≤0,05)	Çeşit: 0,341		Gamma Dozu: 0,319		Çeşit × Gamma Dozu: 0,712		

Çizelge 3,4’de görüleceği gibi, ele alınan çeşitlerin ortalama kök sayıları 3,43-4,32 adet arasında değişmiştir. En yüksek kök sayısı 4,32 adet ile Tekirdağ çeşidinde belirlenmiş, bunu 4,13 adet ile Sagittario çeşidi izlemiştir. En düşük kök sayısı ise Renan çeşidinde elde edilmiş, bunu Flamura-85 çeşidi (3,93 adet) izlemiştir.

Araştırmamızda, gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama kök sayısı 2,80-4,71 adet arasında değişmiş (Çizelge 3.4). En yüksek kök sayısı adeti 100 Gy gamma ışını dozunda saptanmış, bunu 4,67 adet ile 0 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük kök sayısı ise, 500 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 3,10 adet ile 400 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çeşit × gamma dozu interaksyonunda, ortalama kök sayısı adeti 2,46-5,33 adet arasında değişmiştir (Çizelge 3.4). En yüksek kök sayısı adeti Tekirdağ çeşidi 0 Gy ve Sagittario çeşidinin 200 Gy dozlarından elde edilmiş, bunları 5,06 adet ile Tekirdağ çeşidinin 200 Gy gamma ışını dozu, 4,90 adet ile Flamura-85 çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozu ve 4,90 adet ile Sagittario çeşidinin 0-100 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük kök sayısı adeti ise 2,46 adet ile Tekirdağ çeşidinin 500 Gy gamma ışını dozunda saptanmış, bunu Flamura-85 çeşidinin 500 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Denememizde gamma dozu artışlarının genel olarak ele alınan çeşitlerin kök sayısında önemli bir şekilde azalmaya neden olmuştur. Gamma dozu ortalamaları incelendiğinde kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 ve 200 Gy gamma dozu uygulamalarında önemli bir değişim olmadığı, ancak 300 Gy uygulamasında %16,4, 400 Gy uygulamasında %33,6 ve 500 Gy uygulamasında %39,8 oranında kök sayısında azalma olduğu belirlenmiştir. Bulgularımıza benzer olarak, Melki ve Marouani (2010), buğdayda çimlenme döneminde düşük dozdaki gamma ışını uygulamasının kök sayısını önemli bir şekilde etkilemediğini, buna karşılık en yüksek kök sayısının 20 Gy gamma ışını uygulamasından elde edildiğini açıklamışlardır.

3.1.3. Kök Uzunluğu

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama kök uzunluğuna ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.5’de, ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.6’da verilmiştir.

Çizelge 3.5. Kök uzunluğuna (mm) ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Çeşit	4	111,16	27,79	25,80**
Hata-1	10	10,77	1,08	
Gamma Dozu	5	967,37	193,47	140,37**
Çeşit × Gamma Dozu	20	67,90	3,39	2,46**

Hata	50	68,91	1,38
Genel	89	1226,12	13,78
**: % 1 düzeyinde önemli			CV: %61,79

Yapılan varyans analizinde, kök uzunluğu yönünden; çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.6. Kök uzunluğuna ilişkin ortalama değerler (mm) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları						Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	500 Gy	
Tekirdağ	11,13 a	10,97 a	10,97a	7,23cde	3,43ghı	1,27j	7,50 a
Flamura 85	8,77 bc	8,50 cde	6,83 def	3,63 ghı	2,37 ij	0,83 j	5,16 bc
Sana	8,07 cde	10,70 a	7,63 cde	5,00 fg	1,90 ij	1,47 j	5,79 b
Renan	8,73 cd	7,90cde	4,30 gh	3,60 ghı	1,77 ij	1,00 j	4,55 c
Sagittario	12,27 a	10,67 ab	7,20 cde	6,80 ef	6,80ef	2,70 hıj	7,03 a
Ortalama	9,79 a	9,75 a	7,39 b	5,25 c	2,40 d	1,45 e	
EKÖF (P≤0,05)	Çeşit: 0,771		Gamma Dozu: 0,861		Çeşit × Gamma Dozu: 1,925		

Ele alınan çeşitlerin ortalama kök uzunlukları 4,55-7,50 mm arasında değişmiştir. En yüksek kök uzunluğu 7,50 mm ile Tekirdağ çeşidinde belirlenmiş, bunu 7,03 mm ile Sagittario çeşidi izlemiştir. En düşük kök uzunluğu ise 4,55 mm ile Renan çeşidinde elde edilmiş, bunu 5,16 mm ile Flamura-85 çeşidi izlemiştir (Çizelge 3.6).

Araştırmamızda, gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama kök uzunluğu 1,45-9,79 mm arasında değişmiş (Çizelge 3.6). En yüksek kök uzunluğu 0 Gy gamma ışını dozunda saptanmış, bunu 9,75 mm ile 100 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük kök uzunluğu ise, 500 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 2,40 mm ile 400 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çeşit × gamma dozu interaksyonunda, ortalama kök uzunluğu 0,83-12,27 mm arasında değişmiştir (Çizelge 3.6). En yüksek kök uzunluğu Sagittario çeşidi 0 Gy gamma ışını dozunda elde edilmiş, bunu 11,13 mm ile Tekirdağ çeşidinin 0 Gy gamma dozu ışını izlemiştir. En düşük kök uzunluğu 0,83 mm ile Flamura-85 çeşidinin 500 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu Renan çeşidinin 500 Gy gamma dozu ışını izlemiştir.

Çalışmamızda kök uzunluğu yönünden ele alınan çeşitlerin gamma dozu uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Gamma dozu artışlarından Renan

çeşidi en fazla, Tekirdağ çeşidi ise en az etkilenen çeşit olmuştur. Bu durum, denemeye alınan çeşitlerin gamma ışını uygulamalarına tepkilerinin ve genotipik yapılarının farklı olmasının bir sonucu olabilir. Bulgularımız, yaptıkları çalışmalarında buğday geotiplerinin gamma ışını dozlarına tepkilerinin farklı olduğunu belirleyen Borzouei vd. (2010) ve Gordeeva vd. (2018)'nin bulgularıyla benzerlik göstermiştir. Çalışmamızda, gamma dozu artışının kök uzunluklarını önemli bir şekilde azalttığı belirlenmiştir. Gamma dozu ortalamaları incelendiğinde kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %0,40, 200 Gy uygulamasında %24,5, 300 Gy uygulamasında %46,3, 400 Gy uygulamasında %75,4 ve 500 Gy uygulamasında %85,1 oranında kök uzunluğunda azalma olduğu belirlenmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlar, yaptıkları çalışmalarda gamma dozu artışının kök uzunluğunu önemli bir şekilde azalttığını belirleyen Akıncı vd. (1997), Borzouei vd. (2010), Wang ve Tian (2012), Olgun vd. (2012), Kara vd. (2015), Gordeeva vd. (2018), Kiani vd. (2022) ve Hang vd. (2022)'nin bulgularıyla uyumludur. Sonuçlarımızdan farklı olarak, Sakin ve Sencar (1995) buğdayda gamma ışını uygulamalarının kök uzunluğu üzerine etkisinin önemli olmalığını; Singh vd. (2013) ise gamma ışını uygulamalarının buğdayda kök uzunluğunu artırdığını saptamışlardır.

3.1.4. Sürgün Uzunluğu

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama sürgün uzunluğuna ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.6'de, ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.7'de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Sürgün uzunluğuna ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Çeşit	4	51,98	12,99	22,12**
Hata-1	10	5,87	0,59	
Gamma Dozu	5	626,45	125,28	119,13**
Çeşit × Gamma Dozu	20	78,31	3,91	3,73**
Hata	50	52,55	1,051	
Genel	89	815,12	9,16	

** : % 1 düzeyinde önemli

CV: %40,17

Yapılan varyans analizinde, sürgün uzunluğu yönünden; çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.8. Sürgün uzunluğuna ilişkin ortalama değerler (mm) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları						Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	500 Gy	
Tekirdağ	10,13b-e	9,17 d-g	10,83 a-d	8,83 efg	4,87 klm	3,13 no	7,82 a
Flamura 85	11,07 abc	9,93 b-e	9,57 c-f	6,93 hij	5,97 ijk	4,00 l-o	7,91 a
Sana	11,40 ab	12,10 a	11,133abc	8,00 fgh	3,83 l-o	2,70 o	8,19 a
Renan	8,73 efg	8,03 fgh	5,90 ijk	5,50 jkl	4,60 k-n	3,53 mno	6,05 b
Sagittario	12,03 a	9,47 c-f	8,60 e-h	7,50 ghı	4,37 k-o	4,10 l-o	7,68 a
Ortalama	10,67 a	9,74 b	9,21 b	7,35 c	4,73 d	3,49 e	
EKÖF ($P \leq 0,05$)	Çeşit: 0,57		Gamma Dozu: 0,75		Çeşit $\times$ Gamma Dozu: 1,68		

Çizelge 3.7’de da görüldüğü gibi, ele alınan çeşitlerin ortalama sürgün uzunlukları 6,05-8,19 mm arasında değişmiştir. En yüksek sürgün uzunluğu 8,9 mm ile Sana çeşidinde belirlenmiş, bunu 7,91 mm ile Flamura-85 çeşidi izlemiştir. En düşük sürgün uzunluğu ise 6,05 ile Renan çeşidinde elde edilmiş, bunu 7,67 ile Sagittario çeşidi izlemiştir.

Araştırmamızda, gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama sürgün uzunluğu 3,49-10,67 mm arasında değişmiş (Çizelge 3.8). En yüksek sürgün uzunluğu 0 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 9,74 mm ile 100 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük sürgün uzunluğu ise 500 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 4,73 ile 400 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çeşit $\times$ gamma dozu interaksiyonunda, ortalama sürgün uzunluğu 2,70-12,10 mm arasında değişmiştir (Çizelge 3.8). En yüksek sürgün uzunluğu Sana çeşidinin 100 Gy gamma ışını dozunda elde edilmiş, bunu 12,03 mm ile Sagittario çeşidinin 0 Gy gamma dozu ışını izlemiştir. En düşük sürgün uzunluğu 2,70 mm ile Sana çeşidinin 500 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 3,13 mm ile Tekirdağ çeşidinin 500 Gy gamma dozu ışını izlemiştir.

Çalışmamızda sürgün uzunluğu yönünden ele alınan çeşitlerin gamma dozu uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Gamma dozu artışlarından Renan çeşidi en fazla, Sana çeşidi ise en az etkilenen çeşit olmuştur. Sonuçlarımız, yaptıkları

araştırmalarında buğday genotiplerinin artan gamma ışını dozlarına tepkilerinin farklı olduğunu belirleyen Borzouei vd. (2010), Gordeeva vd. (2018) ve Gad vd. (2023)'nin bulgularıyla uyumludur. Çalışmamızda, gamma dozu artışının sürgün uzunluğu (mm) önemli bir şekilde azalttığı belirlenmiştir. Gamma dozu ortalamaları incelendiğinde sürgün uzunluğunda kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %8,7, 200 Gy uygulamasında %13,6, 300 Gy uygulamasında %31,1, 400 Gy uygulamasında %55,6 ve 500 Gy uygulamasında %67,1 oranında azalma olduğu belirlenmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlar, yaptıkları çalışmalarda gamma dozu artışının sürgün uzunluğunu önemli bir şekilde azalttığını belirleyen Borzouei vd. (2010), Wang ve Tian (2012), Abou-Zeid ve Abdel-Latif (2014), Gordeeva vd. (2018), El-Kameesy vd. (2019), Ahumada-Flores vd. (2021), Kiani vd. (2022), Hang vd. (2022) ve Gad vd. (2023)'nin sonuçlarıyla benzerdir.

3.1.5. Kök Yaş Ağırlığı

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama kök yaş ağırlığına ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.9'da, ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.10'da verilmiştir.

Çizelge 3.9. Kök yaş ağırlığına (mg) ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Çeşit	4	2552,82	638,21	30,79**
Hata-1	10	207,26	20,73	
Gamma Dozu	5	31427,84	6285,57	174,49**
Çeşit × Gamma Dozu	20	2628,47	131,42	3,65**
Hata	50	1801,18	36,02	
Genel	89	38617,56	433,91	

** : % 1 düzeyinde önemli

CV: %69,09

Yapılan varyans analizinde, kök yaş ağırlığı yönünden; çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.9).

Çizelge 3.10. Kök yaş ağırlığına ilişkin ortalama değerler (mg) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları						Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	500 Gy	
Tekirdağ	58,67 b	46,10 cde	46,00 cde	28,10 f-g	13,87 ijk	5,87 k	33,10 b

Flamura 85	54,43 bcd	39,90 e	37,00 ef	13,33 ijk	10,57 ijk	5,67 k	26,82 c
Sana	55,23 bc	53,43 bcd	25,80 gh	19,33 ghi	8,67 jk	6,53 k	28,17 c
Renan	45,20 de	37,27 ef	17,70 hij	15,20 ijk	11,00 ijk	6,57 k	22,16 d
Sagittario	80,33 a	59,63 b	39,20 e	19,23 ghi	14,23 ijk	13,10 ijk	37,62 a
Ortalama	58,77 a	47,27 b	33,14 c	19,04 d	11,67 e	7,55 f	
EKÖF (P≤0,05)	Çeşit: 2,95		Gamma Dozu: 3,89		Çeşit × Gamma Dozu: 9,84		

Ele alınan çeşitlerin ortalama kök yaş ağırlığı 26,82-37,62 mg arasında değişmiştir. En yüksek kök yaş ağırlığı 37,62 mg ile Sagittario çeşidinde belirlenmiş, bunu 33,10 mg ile Tekirdağ çeşidi izlemiştir. En düşük kök yaş ağırlığı ise 22,16 mg ile Renan çeşidinde elde edilmiş, bunu 26,82 mg ile Flamura-85 çeşidi izlemiştir (Çizelge 3.10).

Araştırmamızda gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama kök yaş ağırlığı 7,55-58,77 mg arasında değişmiş (Çizelge 3.10). En yüksek kök yaş ağırlığı 0 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 47,27 mg ile 100 Gr gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük kök yaş ağırlığı 500 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 11,67 mg ile 400 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çeşit × gamma dozu interaksiyonunda, ortalama kök yaş ağırlığı 5,67-80,33 mg arasında değişmiştir (çizelge 3.10). En yüksek kök yaş ağırlığı Sagittario çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozunda elde edilmiş, bunu 58,67 mg ile Tekirdağ çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük kök yaş ağırlığı 5,67 mg ile Flamura-85 çeşidinin 500 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 5,87 mg ile Tekirdağ çeşidinin 500 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Araştırmamızda kök yaş ağırlığı yönünden denemeye alınan çeşitlerin gamma dozu uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Gamma dozu artışlarından Renan çeşidi en fazla, Sagittario çeşidi ise en az etkilenen çeşit olmuştur. Bu durum, denemeye alınan çeşitlerin genotipik yapılarının farklı olmasından kaynaklanmış olabilir. Çalışmamızda, gamma dozu artışının kök yaş ağırlığında önemli bir şekilde azalmaya neden olduğu belirlenmiştir. Gamma dozu ortalamaları incelendiğinde kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %19,5, 200 Gy uygulamasında %43,60, 300 Gy uygulamasında %67,6, 400 Gy uygulamasında %80,1 ve 500 Gy uygulamasında %87,1 oranında kök yaş ağırlığında azalma olduğu saptanmıştır. Elde ettiğimiz sonuçlar, yaptıkları çalışmalarda gamma dozu artışının kök yaş ağırlığını önemli bir şekilde azalttığını belirleyen Abou-Zeid ve Abdel-Latif (2014)'in sonuçlarıyla benzerlik göstermiştir. Kiani vd. (2022) ise yaptıkları

araştırmalarında 200 Gy gamma ışını uygulamasının kök yaş ağırlığını artırdığını, 200 Gy'den sonra artan dozların kök yaş ağırlığını azalttığını belirlemişlerdir. Bulgularımızdan farklı olarak Singh vd. (2013), buğdayda gamma ışını uygulamalarının kök yaş ağırlığını artırdığını açıklamışlardır. Bu durum, araştırmalarda kullanılan buğday genotiplerinin genetoipik yapılarının farklı olmasının bir sonucu olabilir.

3.1.6. Kök Kuru Ağırlığı

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama kök kuru ağırlığına ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.11'de, ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.12'de verilmiştir.

Çizelge 3.11. Kök kuru ağırlığına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Çeşit	4	91,30	22,83	41,96**
Hata-1	10	5,44	0,544	
Gamma Dozu	5	448,25	89,65	110,83**
Çeşit × Gamma Dozu	20	63,56	3,18	3,93**
Hata	50	40,45	0,81	
Genel	89	648,99	7,29	

** : % 1 düzeyinde önemli

CV: % 49,35

Yapılan varyans analizinde, kök kuru ağırlığı yönünden; çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.11).

Çizelge 3.12. Kök kuru ağırlığına ilişkin ortalama değerler (mg) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları						Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	500 Gy	
Tekirdağ	8,32 bcd	7,60 cde	8,26 bcd	5,41 g-j	4,26 ı-l	1,93 op	5,96 b
Flamura 85	7,28 cde	8,47 bc	6,99 def	3,60 k-n	2,78 m-p	1,53 p	5,10 c
Sana	8,07 cd	8,23 cd	5,60 f-ı	4,7 h-k	2,33 nop	2,87 l-p	5,30 c
Renan	6,20 efg	5,77 fgh	3,17 l-o	3,63 k-n	2,80 l-p	2,23 nop	3,97 d
Sagittario	11,87 a	9,73 b	7,30 cde	5,40 g-j	3,97 j-m	3,87 klm	7,02 a
Ortalama	8,34 a	7,96 a	6,26 b	4,55 c	3,23 d	2,48 e	
EKÖF (P≤0,05)	Çeşit: 0,548		Gamma Dozu: 0,660		Çeşit × Gamma Dozu: 1,475		

Çizelge 3.12 'de de görüldüğü gibi, ele alınan çeşitlerin ortalama kök kuru ağırlığı 3,97-7,02 mg arasında değişmiştir. En yüksek kök kuru ağırlığı 7,02 mg ile Sagittario çeşidinde belirlenmiş, bunu 5,96 mg ile Tekirdağ çeşidi izlemiştir. En düşük kök kuru ağırlığı ise 3,97 mg ile Renan çeşidinde elde edilmiş ve 5,10 mg ile Flamura-85 çeşidi izlemiştir.

Araştırmamızda gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama kök kuru ağırlığı 2,48-8,34 mg arasında değişmiş (Çizelge 3.12). En yüksek kök kuru ağırlığı 0 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 7,96 mg ile 100 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük kök yaş ağırlığı 500 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunuda 3,23 mg ile 400 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çeşit × gamma dozu interaksiyonunda, ortalama kök kuru ağırlığı 1,53-11,87 mg arasında değişmiştir (Çizelge 3.12). En yüksek kök kuru ağırlığı Sagittario çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozunda elde edilmiş, bunu 9,73 mg ile Sagittario çeşidinin 100 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük kök kuru ağırlığı 1,53 mg ile Flamura-85 çeşidinin 500 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunuda 1,93 mg ile Tekirdağ çeşidinin 500 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çalışmamızda kök kuru ağırlığı yönünden ele alınan çeşitlerin gamma dozu uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Gamma dozu artışlarından Renan çeşidi en fazla, Sagittario çeşidi ise en az etkilenen çeşit olmuştur. Bu durum, denemeye alınan çeşitlerin genotipik yapılarının farklı olmasının bir sonucu olabilir. Bulgularımıza benzer olarak Borzouei vd. (2010), kök kuru ağırlığı bakımından farklı gamma dozu uygulamalarına buğday genotiplerinin verdikleri tepkilerin farklı olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmamızda, gamma dozu artışının kök kuru ağırlığı önemli bir şekilde azalttığı belirlenmiştir. Gamma dozu ortalamaları incelendiğinde, kök kuru ağırlığında kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %4,55, 200 Gy uygulamasında %24,9, 300 Gy uygulamasında %45,4, 400 Gy uygulamasında %61,2 ve 500 Gy uygulamasında %70,2 oranında azalma olduğu belirlenmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlar, yaptıkları çalışmalarda gamma dozu artışının kök kuru ağırlığının önemli bir şekilde azalttığını belirleyen Borzouei vd. (2010), Abou-Zeid ve Abdel-Latif (2014) ve Kiani vd. (2022)'nin sonuçlarıyla benzerlik göstermiştir.

3.1.7. Sürgün Yaş Ağırlığı

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama sürgün yaş ağırlığına ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.13’de, ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.14’de verilmiştir.

Yapılan varyans analizinde, sürgün yaş ağırlığı yönünden; çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksiyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.14).

Çizelge 3.13. Sürgün yaş ağırlığına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Çeşit	4	11914,46	2978,61	127,97**
Hata-1	10	232,75	23,27	
Gamma Dozu	5	45193,53	9038,71	317,17**
Çeşit × Gamma Dozu	20	6364,71	318,23	11,17**
Hata	50	1424,92	28,50	
Genel	89	65130,37	731,80	

** : % 1 düzeyinde önemli

CV: % 46,96

Çizelge 3.14. Sürgün yaş ağırlığına ilişkin ortalama değerler (mg) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları						Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	500 Gy	
Tekirdağ	100,60 ab	88,50 cd	95,57 bc	68,67 g	42,10 jk	33,17 lmn	71,43 a
Flamura 85	81,43 de	93,00 bc	71,83 fg	48,23 ij	34,33klm	24,67 no	58,92 b
Sana	82,23 de	95,27 bc	77,90 ef	52,20 hı	24,00 o	23,10 o	59,12 b
Renan	49,10 ij	47,77 ij	41,10 jkl	33,33 lmn	24,30 o	23,20 o	36,47 c
Sagittario	106,33 a	75,67 efg	67,57 g	58,57 h	33,90 klm	30,33 mno	62,06 b
Ortalama	83,94 a	80,04 a	70,79 b	52,20 c	31,73 d	26,89 e	
EKÖF (P≤0.05)	Çeşit: 3,58		Gamma Dozu: 3,92		Çeşit × Gamma Dozu: 8,75		

Çizelge 3.14’de de görüldüğü gibi, ele alınan çeşitlerin ortalama sürgün yaş ağırlığı 36,47-71,43 mg arasında değişmiştir. En yüksek sürgün yaş ağırlığı 71,43 mg ile Tekirdağ

çeşidinde belirlenmiş, bunu 62,06 mg ile Sagittario çeşidi izlemiştir. En düşük sürgün yaş ağırlığı ise 36,47 mg ile Renan çeşidinde elde edilmiş, bunu 58,92 mg ile Flamura-85 çeşidi izlemiştir.

Çizelge 3.14'den anlaşılabacağı gibi; gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama sürgün yaş ağırlığı 26,89-83,94 mg arasında değişmiştir. En yüksek sürgün yaş ağırlığı 0 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 80,04 mg ile aynı istatistiki grupta yer alan 100 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük sürgün yaş ağırlığı 500 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 31,73 mg ile 400 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çeşit × gamma dozu interaksyonunda, ortalama sürgün yaş ağırlığı 23,10-106,33 mg arasında değişmiştir (Çizelge 3.14). En yüksek sürgün yaş ağırlığı Sagittario çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozunda elde edilmiş, bunu 100,60 mg ile Tekirdağ çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük sürgün yaş ağırlığı 23,10 mg ile Sana çeşidinin 500 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş bunu 23,20 mg ile Renan çeşidinin 500 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Araştırmamızda sürgün yaş ağırlığı yönünden ele alınan çeşitlerin gamma dozu uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Gamma dozu artışlarından Renan çeşidi en fazla, Tekirdağ çeşidi ise en az etkilenen çeşit olmuştur. Bu durum, denemeye alınan çeşitlerin farklı gamma ışını dozlarına tepkilerinin ve genotipik yapılarının farklı olmasının bir sonucu olabilir. Sonuçlarımız, Gordeeva vd. (2018)'nin bulgularıyla benzerlik göstermiştir. Çalışmamızda, gamma dozu artışının sürgün yaş ağırlığının önemli bir şekilde azalttığı belirlenmiştir. Gamma dozu ortalamaları incelendiğinde kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %4,6, 200 Gy uygulamasında %15,6, 300 Gy uygulamasında %37,8, 400 Gy uygulamasında %62,2 ve 500 Gy uygulamasında %68 oranında sürgün yaş ağırlığında azalma olduğu belirlenmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlar, yaptıkları çalışmalarda gamma dozu artışının sürgün yaş ağırlığını önemli bir şekilde azalttığını belirleyen Akgül vd. (1997), Abou-Zeid ve Abdel-Latif (2014), Gordeeva vd. (2018) ve Kiani vd. (2022)'nin sonuçlarıyla uyumludur. Sonuçlarımızdan farklı olarak, Singh vd. (2013), gamma ışını dozlarındaki artışın buğdayda sürgün yaş ağırlığını arttırdığını belirlemiştir.

3.1.8. Sürgün kuru ağırlığı

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama sürgün kuru ağırlığına ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.15'de, ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.16'da verilmiştir.

Yapılan varyans analizinde, sürgün kuru ağırlığı yönünden; çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.15).

Çizelge 3.16’da da görüldüğü gibi, ele alınan çeşitlerin ortalama sürgün kuru ağırlığı 5,91-10,61 mg arasında değişmiştir. En yüksek sürgün kuru ağırlığı 10,61 mg ile Tekirdağ çeşidinde belirlenmiş, bunu 9,49 mg ile Sagittario çeşidi izlemiştir. En düşük sürgün kuru ağırlığı ise 5,91 mg ile Renan çeşidinde elde edilmiş, bunu 8,98 mg ile Flamura-85 çeşidi izlemiştir.

Çizelge 3.15. Sürgün kuru ağırlığına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Çeşit	4	225,30	56,33	75,88**
Hata-1	10	7,42	0,74	
Gamma Dozu	5	560,49	112,10	69,57**
Çeşit × Gamma Dozu	20	104,40	5,22	3,24**
Hata	50	80,57	1,61	
Genel	89	978,19	10,99	

** : % 1 düzeyinde önemli

CV: % 3,28

Çizelge 3.16. Sürgün kuru ağırlığına ilişkin ortalama değerler (mg) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları						Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	500 Gy	
Tekirdağ	12,37 bc	12,00 bc	14,80 a	10,77 cde	8,30 fg	5,40 ij	10,61 a
Flamura 85	11,67 bc	11,80 bc	11,03 cd	7,90 fg	6,57 g-j	4,93 ij	8,98 b
Sana	12,10 bc	13,53 ab	12,07 bc	8,97 def	4,77 j	5,37 ij	9,47 b
Renan	7,50 fgh	6,90 g-ı	6,27 g-j	5,30 ij	4,97 ij	4,53 j	5,91 c
Sagittario	13,60 ab	10,70 cde	11,67 bc	8,93 ef	6,23 g-j	5,80 hij	9,49 b
Ortalama	11,45 a	10,99 a	11,17 a	8,37 b	6,17 c	5,21 d	
EKÖF (P≤0,05)	Çeşit: 0,64		Gamma Dozu: 0,93		Çeşit × Gamma Dozu: 2,08		

Çalışmamızda gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama sürgün kuru ağırlığı 5,21-11,45 mg arasında değişmiştir (Çizelge 3.16). En yüksek sürgün kuru ağırlığı 0 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu aynı istatistiki grupta yer alan 100 Gy (10,99 mg) ve 200 Gy (11,17 mg) gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük sürgün kuru ağırlığı 500 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 6,17 mg ile 400 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çeşit × gamma dozu interaksiyonunda, ortalama sürgün kuru ağırlığı 4,53-14,80 mg arasında değişmiştir (Çizelge 3.16). En yüksek sürgün kuru ağırlığı Tekirdağ çeşidinin 200 Gy gamma ışını dozunda elde edilmiş, bunu 13,60 mg ile Sagittario çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük sürgün kuru ağırlığı 4,53 mg ile Renan çeşidinin 500 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş bunu 4,93 mg ile Flamura-85 çeşidinin 500 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çalışmamızda sürgün kuru ağırlığı yönünden ele alınan çeşitlerin gamma dozu uygulamalarından farklı bir şekilde etkilendiği belirlenmiştir. Gamma dozu artışlarından Renan çeşidi en fazla, Tekirdağ çeşidi ise en az etkilenen çeşit olmuştur. Bu durum, denemeye alınan çeşitlerin genotipik yapılarının farklı olmasının bir sonucu olabilir. Sonuçlarımız, Borzouei vd. (2010) ve Gad vd. (2023)'nin sonuçlarıyla uyum içindedir. Çalışmamızda, gamma dozu artışının sürgün kuru ağırlığının önemli bir şekilde azalttığı belirlenmiştir. Gamma dozu ortalamaları incelendiğinde, 200 Gy'e kadar olan gamma ışını dozu artışının sürgün kuru ağırlığını istatistiki anlamda önemli bir şekilde etkilemediği görülmektedir. Bu bulgumuz, 300 Gy'ye kadar olan gamma ışını dozunki artışın buğday genotiplerinin sürgün kuru ağırlığını önemli bir şekilde etkilemediğini belirleyen Kiani vd. (2022)'nin bulgularıyla benzerdir. Bununla birlikte araştırmamızda, sürgün kuru ağırlığının kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %4, 200 Gy uygulamasında %2,4, 300 Gy uygulamasında %26,9, 400 Gy uygulamasında %46,1 ve 500 Gy uygulamasında %54,5 oranında azaldığı belirlenmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlar, yaptıkları çalışmalarda gamma dozu artışının sürgün kuru ağırlığını önemli bir şekilde azalttığını belirleyen Akıncı vd. (1997), Borzouei vd. (2010), Melki ve Marouani (2010), Olgun vd. (2012), Abou-Zeid ve Abdel-Latif (2014), Kara vd. (2015), El-Kameesy vd. (2019) ve Gad vd. (2023)'nin sonuçlarıyla uyum içindedir.

3.2. Saksı Denemesi

3.2.1. Sürme Gücü

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama sürme gücüne ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.17’de, ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.18’de verilmiştir.

Yapılan varyans analizinde, sürme gücü yönünden; çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.17).

Çizelge 3.17. Sürme gücüne ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Çeşit	4	803,89	200,97	8,93**
Hata-1	10	225,00	22,50	
Gamma Dozu	5	3981,39	796,28	43,04**
Çeşit × Gamma Dozu	20	1456,11	72,81	3,94**
Hata	50	925,00	18,50	
Genel	89	7391,39	83,05	

** : % 1 düzeyinde önemli

CV: %10,05

Çizelge 3.18. Sürme gücüne ilişkin ortalama değerler (%) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları						Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	500 Gy	
Tekirdağ	100,00 a	96,67 abc	93,33 a-d	93,33 a-d	85,00 e	73,33 f	90,28 a
Flamura 85	96,67 abc	96,67 abc	95,00 abc	95,00 abc	90,00 cde	85,00 e	93,06 a
Sana	100,00 a	96,67 abc	90,00 cde	86,67 de	76,67 f	60,00 g	85,00 b
Renan	98,33 ab	96,67 abc	93,33 a-d	93,33 a-d	91,67 b-e	85,00 e	93,06 a
Sagittario	95,00 abc	93,33 a-d	91,67 b-e	93,33 a-d	90,00 cde	86,67 de	91,67 a
Ortalama	98,00 a	96,00 a	92,67 b	92,33 b	86,67 c	78,00 d	
EKÖF (P≤0,05)	Çeşit: 3,523	Gamma Dozu: 3,155		Çeşit × Gamma Dozu: 7,053			

Ele alınan çeşitlerin ortalama sürme gücü %85-93,06 arasında değişmiştir. En yüksek sürme gücü %93,06 ile Flamura-85 ve Renan çeşitlerinde belirlenmiş, bunlar da %91,67 ile Sagittario çeşidi izlemiştir. En düşük sürme gücü ise %85 ile Sana çeşidinde elde edilmiş, bunu %90,28 ile Tekirdağ çeşidi izlemiştir (Çizelge 3.18).

Gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama sürme gücü %78,00-98,00 arasında değişmiştir (Çizelge 3.18). En yüksek sürme gücü 0 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu %96,00 ile aynı istatistiki grupta yer alan 100 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük sürme gücü ise 500 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu %86,67 ile 400 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çeşit × gamma dozu interaksiyonunda, ortalama sürme gücü %60,00-100,00 arasında değişmiştir (Çizelge 3.18). En yüksek sürme gücü Tekirdağ çeşidi ve Sana çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozunda elde edilmiş, bunları %98,33 ile Renan çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük sürme gücü ise %60,00 ile Sana çeşidinin 500 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş bunu %73,33 ile Tekirdağ çeşidinin 500 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Ekilen tohumların tarla yüzeyine çıkışının bir göstergesi olan sürme gücü yönünden denmeye alınan çeşitlerin Sana hariç gamma dozu uygulamalarına tepkilerinin benzer olduğu belirlenmiştir. Gamma dozu artışlarından Flamura-85 ve Renan en az etkilenen çeşitler, Sana en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Bu durum, buğday çeşitlerinin tohum gücü indeksinin gamma ışını dozlarına tepkisinin farklı olmasının bir sonucu olabilir (Gad vd., 2023). Çalışmamızda, gamma dozu artışının sürme gücünde önemli bir şekilde azalmaya neden olduğu belirlenmiştir. Gamma dozu ortalamaları incelendiğinde sürme gücünün kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %2, 200 Gy uygulamasında %5,4, 300 Gy uygulamasında %5,8, 400 Gy uygulamasında %11,5 ve 500 Gy uygulamasında %20,4 oranında azaldığı saptanmıştır. Elde ettiğimiz sonuçlar, yaptıkları çalışmalarda gamma dozu artışının sürme gücü önemli bir şekilde azalttığını belirleyen Olgun vd. (2012), Khah ve Verma (2015), Pane vd. (2018), Ahumada-Flores vd. (2020), Ahumada-Flores (2021) ve Kiani vd. (2022)'nin bulgularıyla benzerlik göstermiştir.

3.2.2. Klorofil içeriği

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama klorofil içeriğine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.19'da, ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.20'de verilmiştir.

Çizelge 3.19. Klorofil içeriğine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Çeşit	4	1602,96	400,74	121,65**

Hata-1	10	32,94	3,29	
Gamma Dozu	4	226,28	56,57	20,77**
Çeşit × Gamma Dozu	16	251,46	15,72	5,77**
Hata	40	108,92	2,72	
Genel	74	2222,56	30,03	

** : % 1 düzeyinde önemli

CV: %14,53

Yapılan varyans analizinde, klorofil içeriği yönünde; çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.19).

Çizelge 3.20. Klorofil içeriğine ilişkin ortalama değerler (SPAD) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	
Tekirdağ	38,47 e-h	37,90 fgh	37,57 fgh	40,03 b-f	38,67 d-h	38,53b
Flamura 85	36,57 gh	41,47 abc	41,20 a-d	43,00 a	40,77a-e	40,60 a
Sana	39,20 c-g	40,10 b-f	41,93 ab	40,20 b-f	37,80 fgh	39,85 ab
Renan	42,03ab	42,37 ab	42,27 ab	42,20 ab	36,07 h	40,99 a
Sagittario	26,20 j	32,53 ı	30,13 ı	32,83 ı	21,42 k	28,62 c
Ortalama	36,49 b	38,87a	38,62a	39,65a	34,94 c	
EKÖF (P≤0,05)	Çeşit:1,477	Gamma Dozu: 1,218		Çeşit × Gamma Dozu: 2,721		

Çizelge 3.20’de de görüldüğü gibi, ele alınan çeşitlerin ortalama klorofil içeriği (SPAD) 28,62-40,99 arasında değişmiştir. En yüksek klorofil içeriği (40,99) Renan çeşidinde belirlenmiş bunu (40,60) Flamura-85 çeşidi izlemiştir. En düşük klorofil içeriği ise Tekirdağ çeşidinde elde edilmiş, bunu (39,85) Sana çeşidi izlemiştir.

Gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama klorofil içeriği (SPAD) 34,94-38,87 arasında değişmiştir (Çizelge 3.20). En yüksek klorofil içeriği 300 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 38,87 (SPAD) ile 100 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük klorofil içeriği ise 400 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 36,49 (SPAD) ile 0 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çeşit × gamma dozu interaksyonunda, ortalama klorofil içeriği (SPAD) 21,42-43,00 arasında değişmiştir (Çizelge 3.20). En yüksek klorofil içeriği Flamura-85 çeşidinin 300 Gy gamma ışını dozunda elde edilmiş, bunları 42,37 (SPAD) ile Renan çeşidinin 100 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük klorofil içeriği 21,42 (SPAD) ile Sagittario çeşidinin 500 Gy

gamma ışını dozunda belirlenmiş bunu 26,20 (SPAD) ile Sagittario çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Araştırmamızda klorofil içeriği (SPAD) yönünden ele alınan çeşitlerin gamma dozu uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Gamma dozu artışlarından Renan ve Flamura-85 en az, Sagittario ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Bu durum, denemeye alınan çeşitlerin genotipik yapılarının farklı olmasının bir sonucu olabilir. Sonuçlarımız, klorofil içeriği bakımından gamma ışını dozlarına buğday genotiplerinin farklı tepkiler verdiğini belirleyen Borzouei vd. (2010)'nin sonuçlarıyla benzerdir. Çalışmamızda, klorofil içeriğinin 100 Gy, 200 Gy ve 300 Gy gamma dozu uygulamalarında arttığı, 400 Gy gamma dozunda ise azaldığı belirlenmiştir. Gamma dozu ortalamaları incelendiğinde klorofil içeriğinin kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %6,5 oranında, 200 Gy uygulamasında %5,8, 300 Gy uygulamasında %5,9 oranında arttığı, 400 Gy uygulamasında ise %4,2 oranında azaldığı belirlenmiştir. Sonuçlarımıza benzer olarak, Akıncı ve Baysal (2005) buğdayda en yüksek klorofil mutasyon frekansının 300 Gy dozunda olduğunu; Borzouei vd. (2010) buğdayda 100 ve 200 Gy gamma ışını dozlarında klorofil içeriğinin arttığını belirlemişlerdir. Sonuçlarımız aynı zamanda buğdayda gamma ışını dozlarındaki artışın klorofil içeriğini artırdığını belirleyen Singh vd. (2013), Abou-Zeid ve Abdel-Latif (2014) ve Shabani vd. (2022)'nin sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir. Sonuçlarımızdan farklı olarak, Borzouei vd. (2013), Öztürk vd. (2020) ve Hong vd. (2022), buğdayda gamma ışını artışının klorofil içeriğini azalttığını belirlemişlerdir.

3.2.3. Stoma İletkenliği

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama stoma iletkenliğine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.21'de, ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.22'de verilmiştir.

Çizelge 3.21. Stoma iletkenliğine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Çeşit	4	160,48	40,12	9,66**
Hata-1	10	41,52	4,15	
Gamma Dozu	4	24,46	6,12	1,04
Çeşit × Gamma Dozu	16	526,86	32,93	5,58**
Hata	40	236,02	5,90	

Genel	74	989,35	13,37
--------------	----	--------	-------

** : % 1 düzeyinde önemli

CV: % 13,25

Yapılan varyans analizinde, Stoma iletkenliği yönünden, çeşit ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli, gamma dozu ise istatistiki anlamda önemsiz bulunmuştur (Çizelge 3.21).

Çizelge 3.22'den de görüldüğü gibi, ele alınan çeşitlerin ortalama stoma iletkenliği 26,23-30,33 mmol m⁻²s⁻¹ arasında değişmiştir. En yüksek stoma iletkenliği 30,33 mmol m⁻²s⁻¹ Flamura-85 çeşidinde belirlenmiş bunu 27,54 mmol m⁻²s⁻¹ Sagittario çeşidi izlemiştir. En düşük stoma iletkenliği ise Tekirdağ çeşidinde elde edilmiş, bunu 26,47 mmol m⁻²s⁻¹ Sana çeşidi izlemiştir.

Aralarındaki farklar istatistiki anlamda önemsiz olmasına rağmen gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama stoma iletkenliği değerleri 27,13-28,69 mmol m⁻²s⁻¹ arasında değişmiştir (Çizelge 3.22). En yüksek stoma iletkenliği değeri 300 Gy gamma ışını dozunda, en düşük ise 0 Gy gamma ışını dozunda saptanmıştır.

Çizelge 3.22. Stoma iletkenliğine ilişkin ortalama değerler (mmol m⁻²s⁻¹) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	
Tekirdağ	22,10 ı	22,00 ı	27,67 c-h	29,90 ad	29,47 be	26,23 b
Flamura 85	27,27 c-h	33,60 a	31,90 ab	30,30 ad	28,60 b-g	30,33 a
Sana	25,43 f-ı	25,23 f-ı	24,20 hı	26,70 d-h	30,77abc	26,47 b
Renan	30,87 abc	29,10 b-f	24,73 ghı	25,70 e-ı	26,43 dh	27,37 b
Sagittario	30,00a-d	27,40 c-h	27,23 c-h	30,83abc	22,23 ı	27,54 b
Ortalama	27,13	27,47	27,15	28,69	27,50	
EKÖF (P≤0,05)	Çeşit: 1,66	Gamma Dozu: -		Çeşit $\times$ Gamma Dozu: 4,01		

Çeşit $\times$ gamma dozu interaksyonunda, ortalama stoma iletkenliği 22,00-33,60 mmol m⁻²s⁻¹ arasında değişmiştir (Çizelge 3.22). En yüksek stoma iletkenliği Flamura-85 çeşidinin 100 Gy gamma ışını dozunda elde edilmiş, bunu 31,90 mmol m⁻²s⁻¹ ile Flamura-85 çeşidinin 200 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük stoma iletkenliği 22,00 mmol m⁻²s⁻¹ ile

Tekirdağ çeşidinin 100 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş bunu 22,10 mmol m⁻²s⁻¹ ile Tekirdağ çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çalışmamızda stoma iletkenliği yönünden ele alınan çeşitlerin gamma dozu uygulamalarına tepkilerinin Flamura-85 çeşidi dışında benzer olduğu belirlenmiştir. Gamma dozu artışlarından Tekirdağ çeşidi en fazla, Flamura-85 çeşidi ise en az etkilenen çeşit olmuştur. Çalışmamızda, gamma dozu uygulamalarının stoma iletkenliği üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmamış olsa da gamma dozu artışına bağlı olarak stoma iletkenliğinin göreceli bir şekilde arttırdığı belirlenmiştir. Gamma dozu ortalamaları incelendiğinde stoma iletkenliğinde kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %1,2, 200 Gy uygulamasında %0,07, 300 Gy uygulamasında %5,7, 400 Gy uygulamasında %1,3 oranında artış olduğu saptanmıştır. Sonuçlarımız, yaptıkları çalışmalarda gamma dozu artışının stoma iletkenliğine etkisinin önemli olmadığını belirleyen Singh vd. (2013)'nin sonuçları ile uyumludur. Buna karşılık, Singh ve Datta (2010b) ve Shabani vd. (2022) ise gamma ışını uygulamalarının buğdayda stoma iletkenliğini önemli bir şekilde etkilediğini ve gamma dozundaki artışa bağlı olarak stoma iletkenliğinin arttığını açıklamışlardır.

3.2.4. Membran zararlanması

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama membran zararlanmasına ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.23'de, ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.24'te verilmiştir.

Çizelge 3.23. Membran zararlanmasına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Çeşit	4	6104,44	1526,11	73,33**
Hata-1	10	208,10	20,81	
Gamma Dozu	4	3320,36	830,09	114,58**
Çeşit × Gamma Dozu	16	5784,71	361,54	49,91**
Hata	40	289,77	7,24	
Genel	74	15707,38	212,26	

** : % 1 düzeyinde önemli

CV: % 45,52

Yapılan varyans analizinde, membran zararlanması yönünden; çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksiyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.23).

Çizelge 3.24. Membran zararlanmasına ilişkin ortalama değerler (%) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	
Tekirdağ	33,75 fg	30,45 g	54,68 b	47,48 d	63,6 a	46,00 a
Flamura 85	13,70 j	23,65 hı	20,61 ı	30,77 g	24,41 hı	22,63 c
Sana	30,58 g	30,56 g	25,49 h	8,21 k	13,52 j	21,67 c
Renan	8,68 k	35,86 ef	36,43 ef	44,15d	48,37 cd	34,70 b
Sagittario	14,68 j	33,35 fg	38,21 e	36,68 ef	52,11 bc	35,00 b
Ortalama	20,28 d	30,77c	35,08 b	33,46 b	40,41 a	
EKÖF (P≤005)	Çeşit: 3,71	Gamma Dozu:1,99		Çeşit × Gamma Dozu: 4,44		

Ele alınan çeşitlerin ortalama membran zararlanması %21,67-46 arasında değişmiştir (Çizelge 3.24). En yüksek membran zararlanması %46,00 Tekirdağ çeşidinde belirlenmiş bunu %35,00 Sagittario çeşidi izlemiştir. En düşük membran zararlanması ise Sana çeşidinde elde edilmiş, bunu %22,63 Flamura-85 çeşidi izlemiştir.

Çizelge 3.24'den anlaşılabacağı gibi; gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama membran zararlanması %20,28-40,41 arasında değişmiştir (Çizelge 3.24). En yüksek membran zararlanması 400 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu %35,08 ile 200 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük membran zararlanması ise 0 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu %30,77 ile 100 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çeşit × gamma dozu interaksiyonunda, ortalama membran zararlanması %8,21-63,66 arasında değişmiştir (Çizelge 3.24.). En yüksek membran zararlanması Tekirdağ çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozunda elde edilmiş, bunu % 54,68 ile Tekirdağ çeşidinin 200 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük membran zararlanması ise %8,21 ile Sana çeşidinin 300 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş bunu %8,68 ile Renan çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Araştırmamızda membran zararlanması yönünden ele alınan çeşitlerin gamma dozu uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Membran zararlanması yönünden gamma ışını dozu artışlarından en fazla Tekirdağ çeşidi, en az ise Sana çeşidi etkilenmiştir. Bu durum, denemeye alınan çeşitlerin genotipik yapılarının farklı olmasının bir sonucu olabilir. Çalışmamızda, gamma ışını dozu artışının membran zararlanmasının önemli bir şekilde arttırdığı belirlenmiştir. Gamma ışını dozu ortalamaları incelendiğinde membran zararlanmasının kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %51,7, 200 Gy

uygulamasında %73, 300 Gy uygulamasında %65, 400 Gy uygulamasında %99,2 oranında arttığı anlaşılmaktadır. Elde ettiğimiz sonuçlar, yaptıkları çalışmalarda gamma ışını dozu artışının membran zararlanmasını önemli bir şekilde arttırdığını belirleyen Singh vd. (2013)'nin bulgularıyla benzerlik göstermiştir. Bulgularımızdan farklı olarak Abou-Zeid ve Abdel-Latif (2014), gamma ışını dozu artışının buğdayda membran zararlanmasını azalttığını saptamıştır.

3.2.5. Bitki Örtüsü Sıcaklığı

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama bitki örtüsü sıcaklığına ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.25'de, ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.26'da verilmiştir.

Yapılan varyans analizinde, bitki örtüsü sıcaklığı yönünden, çeşit ve çeşit $\times$ gamma dozu etkisi istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli, gamma dozu ise istatistiki anlamda önemsiz bulunmuştur (Çizelge 3.25).

Çizelge 3.25. Bitki örtüsü sıcaklığına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Çeşit	4	23,45	5,86	8,70**
Hata-1	10	6,73	0,67	
Gamma Dozu	4	5,31	1,33	2,05
Çeşit $\times$ Gamma Dozu	16	49,85	3,12	4,81**
Hata	40	25,93	0,65	
Genel	74	111,28	1,50	

** : % 1 düzeyinde önemli CV: % 5,24

Çizelge 3.26. Bitki örtüsü sıcaklığına ilişkin ortalama değerler (°C) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	
Tekirdağ	23,17 def	22,33fgh	22,50 e-h	23,17def	24,50a-d	23,13 bc
Flamura 85	22,67e-h	23,00 efg	23,00 efg	23,00 efg	23,67 b-e	23,07 bc
Sana	24,67abc	22,83 e-h	22,17 fgh	21,50 h	22,50 e-h	22,73 c
Renan	23,50 c-f	23,67 b-e	23,17def	23,67 b-e	23,50 c-f	23,50 b
Sagittario	21,67 gh	25,00 ab	25,00 ab	25,00ab	25,17a	24,37 a

Ortalama	23,13	23,37	23,17	23,27	23,87
EKÖF (P≤005)	Çeşit: 0,668	Gamma Dozu: -	Çeşit × Gamma Dozu: 1,330		

Çizelge 3.26’da görüldüğü gibi, ele alınan çeşitlerin ortalama bitki örtüsü sıcaklığı 22,73-24,37 °C arasında değişmiştir. En yüksek bitki örtüsü sıcaklığı 24,37 °C Sagittario çeşidinde belirlenmiş bunu 23,50 °C Renan çeşidi izlemiştir. En düşük bitki örtüsü sıcaklığı ise Sana çeşidinde elde edilmiş, bunu 23,07 °C Flamura-85 çeşidi izlemiştir.

Aralarındaki farklar istatistiki anlamda önemsiz olmasına rağmen gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama bitki örtüsü sıcaklığı 23,13-23,87 °C arasında değişmiştir (Çizelge 3.26). En yüksek bitki örtüsü sıcaklığı 400 Gy gamma ışını dozunda, en düşük ise 0 Gy gamma ışını dozunda saptanmıştır.

Çeşit × gamma dozu interaksyionunda, ortalama bitki örtüsü sıcaklığı 21,50-25,17 °C arasında değişmiştir (Çizelge 3.26). En yüksek bitki örtüsü sıcaklığı Sagittario çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozunda elde edilmiş, bunu 25,00 °C ile Sagittario çeşidinin 100, 200 ve 300 Gy gamma ışını dozları izlemiştir. En düşük bitki örtüsü sıcaklığı ise 21,50 °C ile Sana çeşidinin 300 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 21,67 °C ile Sagittario çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çalışmamızda bitki örtüsü sıcaklığı yönünden ele alınan çeşitlerin gamma dozu uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Gamma ışını dozu artışlarından Sana çeşidi en az, Sagittario çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Bu durum, denemeye alınan çeşitlerin genotipik yapılarına bağlı olarak fizyolojik aktivitelerinin farklı olmasının bir sonucu olabilir. Çalışmamızda, gamma ışını dozu artışının bitki örtüsü sıcaklığını önemli bir şekilde etkilemediği belirlenmiştir. Bununla birlikte, gamma ışını dozu ortalamaları incelendiğinde kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %1, 200 Gy uygulamasında %0,17, 300 Gy uygulamasında %0,6, 400 Gy uygulamasında %3,2 oranında bitki örtüsü sıcaklığında artış olduğu belirlenmiştir.

3.2.6. Yaprak Su Kayıp Oranı

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama yaprak su kayıp oranlarına ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.27’de, ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.28’de verilmiştir.

Çizelge 3.27. Yaprak su kayıp oranlarına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Çeşit	4	4190,41	1047,60	101,94**
Hata-1	10	102,77	10,28	
Gamma Dozu	4	2940,31	735,08	79,02**
Çeşit × Gamma Dozu	16	796,51	49,78	5,35**
Hata	40	372,09	9,30	
Genel	74	8402,10	113,54	

** : % 1 düzeyinde önemli

CV: %43,36

Yapılan varyans analizinde, yaprak su kayıp oranı yönünden; çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.27).

Denemeye alınan çeşitlerin ortalama yaprak su kayıp oranları %18,91-39,34 arasında değişmiştir (Çizelge 3.28). En yüksek yaprak su kayıp oranı %39,34 Sagittario çeşidinde belirlenmiş, bunu %22,54 Sana çeşidi izlemiştir. En düşük yaprak su kayıp oranı ise Tekirdağ çeşidinde elde edilmiş, bunu %20,80 Renan çeşidi izlemiştir.

Çizelge 3.28. Yaprak su kayıp oralarına ilişkin ortalama değerler (%) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	
Tekirdağ	10,73 k	13,27 jk	14,57 ijk	20,93 e-h	35,07 cd	18,91 c
Flamura 85	13,03 jk	16,07 hij	16,02 hij	25,87 e	35,37 cd	21,27 bc
Sana	17,72 hij	19,10 ghı	23,13 efg	20,77 fgh	32,00 d	22,54 b
Renan	10,73 k	13,87 jk	19,00 ghı	25,60 ef	34,80 cd	20,80 bc
Sagittario	36,40 bcd	37,70 abc	42,03 a	39,83 abc	40,73 ab	39,34 a
Ortalama	17,72 e	20,00 d	22,95 c	26,60 b	35,59 a	
EKÖF (P≤0,05)	Çeşit: 2,608	Gamma Dozu: 2,251	Çeşit × Gamma Dozu: 5,032			

Çizelge 3.28'den anlaşılabacağı gibi; gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama yaprak su kayıp oranı %17,72-35,59 arasında değişmiştir (Çizelge 3.28). En yüksek yaprak su kayıp oranı 400 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu %26,60 ile 300 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük yaprak su kayıp oranı ise 0 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu %20,00 ile 100 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çeşit × gamma dozu interaksyonunda, ortalama yaprak su kayıp oranı %10,73-42,03 arasında değişmiştir (Çizelge 3.28). En yüksek yaprak su kayıp oranı Sagittario çeşidinin 400

Gy gamma ışını dozunda elde edilmiş, bunu %42,03 ile Sagittario çeşidinin 300 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük yaprak su kayıp oranı ise %10,73 ile Tekirdağ ve Renan çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş bunları %13,03 ile Flamura-85 çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Araştırmamızda yaprak su kayıp oranı yönünden ele alınan çeşitlerin gamma dozu uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Gamma ışını dozu artışlarından yaprak su kayıp oranı yönünden en fazla etkilenen Sagittario çeşidi, en az etkilenen ise Tekirdağ çeşidi olmuştur. Bu durum, denemeye alınan çeşitlerin genotipik yapılarının farklı olmasının bir sonucu olabilir. Çalışmamızda, gamma ışını dozu artışının yaprak su kayıp oranını önemli bir şekilde arttırdığı belirlenmiştir. Gamma ışını dozu ortalamaları incelendiğinde yaprak su kayıp oranının kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %12,8, 200 Gy uygulamasında %29,5, 300 Gy uygulamasında %50,1, 400 Gy uygulamasında %200,1 oranında arttığı görülmektedir.

3.2.7. Bağlı Su İçeriği

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama bağlı su içeriği oranlarına ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.29’da, ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.30’de verilmiştir.

Çizelge 3.29. Bağlı su içeriğine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Çeşit	4	3971,77	992,94	90,82**
Hata-1	10	109,33	10,93	
Gamma Dozu	4	17,55	4,39	0,46
Çeşit × Gamma Dozu	16	711,21	44,45	4,66**
Hata	40	381,83	9,55	
Genel	74	5191,71	70,16	

** : % 1 düzeyinde önemli

CV: % 9,74

Yapılan varyans analizinde, bağlı su içeriği yönünden, çeşit ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli, gamma dozu uygulamasının ise istatistiki anlamda önemsiz bulunmuştur (Çizelge 3.29).

Çizelge 3.30. Bağlı su içeriğine ilişkin ortalama değerler (%) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	
Tekirdağ	93,27 ab	95,67 a	93,57 ab	95,53 a	95,30 a	94,67 a
Flamura 85	93,87 ab	92,43 ab	93,57 ab	92,30 ab	94,30 ab	93,29 a
Sana	84,90 cd	89,37 bc	90,90 ab	83,57 de	74,30 gh	84,61 b
Renan	85,57 cd	81,5 e	79,23 efg	79,63 ef	85,67 cd	82,32 b
Sagittario	71,93 h	74,50 gh	74,23 gh	75,43 fgh	78,90 efg	75,00 c
Ortalama	85,91	86,69	86,30	85,29	85,69	
EKÖF (P≤0.05)	Çeşit: 2,69 Gamma Dozu: - Çeşit × Gamma Dozu: 5,10					

Çizelge 3.30'de de görüldüğü gibi, ele alınan çeşitlerin ortalama bağıl su içeriği %75,00-94,67 arasında değişmiştir. En yüksek bağıl su içeriği %94,67 Tekirdağ çeşidinde belirlenmiş, bunu %93,29 Flamura-85 çeşidi izlemiştir. En düşük bağıl su içeriği ise Sagittario çeşidinden elde edilmiş, bunu %82,32 Renan çeşidi izlemiştir.

Aralarındaki farklar istatistiki anlamda önemsiz olmasına rağmen gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama bağıl su içeriği %85,29-86,69 arasında değişmiştir (Çizelge 3.30). En yüksek bağıl su içeriği 100 Gy gamma ışını dozunda, en düşük ise 300 Gy gamma ışını dozunda saptanmıştır.

Çeşit × gamma dozu interaksiyonunda, ortalama bağıl su içeriği %71,93-95,67 arasında değişmiştir (Çizelge 3.30). En yüksek bağıl su içeriği Tekirdağ çeşidinin 100 Gy gamma ışını dozunda elde edilmiş, bunu %95,53 ile Tekirdağ çeşidinin 300 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük bağıl su içeriği ise Sagittario çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş bunu %74,23 ile Sagittario çeşidinin 200 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Araştırmamızda bağıl su içeriği yönünden ele alınan çeşitlerin gamma ışını uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Gamma dozu artışlarından Tekirdağ ve Flamura-85 çeşitleri en az, Sagittario çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Bu durum, denemeye alınan çeşitlerin genotipik yapılarının farklı olmasının bir sonucu olabilir. Çalışmamızda, gamma ışını dozu artışının bitki örtüsü sıcaklığını önemli bir şekilde etkilemediği belirlenmiştir. Bununla birlikte, gamma ışını dozu ortalamaları incelendiğinde bağıl su içeriğinin kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %0,9, 200 Gy uygulamasında %0,9 artışı, 300 Gy uygulamasında %0,7 ve 400 Gy uygulamasında %0,2 oranında göreceli olarak azaldığı belirlenmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlar, yaptıkları çalışmalarda gamma dozu artışının bağıl su içeriğinin azaldığını belirleyen Abou-Zeid ve Abdel-Latif (2014)'in sonuçlarıyla uyum içindedir.

3.2.8. Stoma Sayısı

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama stoma sayısına ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.31’de, ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.32’de verilmiştir.

Çizelge 3.31. Stoma sayısına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Çeşit	4	48,19	12,05	4,61*
Hata-1	10	26,13	2,61	
Gamma Dozu	4	27,12	6,78	8,17**
Çeşit × Gamma Dozu	16	34,08	2,13	2,57**
Hata	40	33,20	0,83	
Genel	74	168,72	2,28	

**: % 1 düzeyinde önemli CV: % 23,30

Yapılan varyans analizinde, stoma sayısı yönünden; çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.31).

Çizelge 3.32. Stoma sayısına ilişkin ortalama değerler (adet) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	
Tekirdağ	5,33 fgh	5,67efg	5,67 efg	5,00 gh	4,00 h	5,13 b
Flamura 85	8,00 bc	10,00 a	6,00 d-g	6,67 c-f	6,67 c-f	7,47 a
Sana	8,33 b	7,00 b-e	5,67 e-g	7,33 bcd	7,00 b-e	7,07 a
Renan	7,33bcd	7,33bcd	6,67 c-f	6,33 d-g	5,00 gh	6,53 a
Sagittario	7,00 b-e	6,00 d-g	6,00 d-g	5,67 efg	6,33 d-g	6,20 ab
Ortalama	7,20 a	7,20 a	6,00 b	6,20 b	5,80 b	
EKÖF (P≤0,05)	Çeşit: 1,32		Gamma Dozu: 0,67		Çeşit × Gamma Dozu: 1,50	

Çizelge 3.32’den, ele alınan çeşitlerin ortalama stoma sayılarının 5,13-7,47 adet arasında değiştiği anlaşılmaktadır. En yüksek stoma sayısı 7,47 adet ile Flamura-85 çeşidinde belirlenmiş, bunu 7,07 adetle Sana çeşidi izlemiştir. En düşük stoma sayısı ise Tekirdağ çeşidinde elde edilmiş, bunu 6,20 adet Sagittario çeşidi izlemiştir.

Çizelge 3.32’de anlaşılabacağı gibi; gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama stoma sayısı 5,80-7,20 adet arasında değişmiştir (Çizelge 3.32). En yüksek stoma sayısı 0-100 Gy gamma ışını dozlarında belirlenmiş, bunları 6,20 adet ile 300 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük stoma sayısı ise 400 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 6,00 adet ile 200 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çeşit × gamma dozu interaksiyonunda, ortalama stoma sayısı ise 4,00-10,00 adet arasında değişmiştir (Çizelge 3.32). En yüksek stoma sayısı Flamura-85 çeşidinin 100 Gy gamma ışını dozunda elde edilmiş, bunu 8,33 adet ile Sana çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük stoma sayısı ise 4,00 adet ile Tekirdağ çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş bunu 5,00 adet ile Tekirdağ çeşidinin 0 Gy ve Renan çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozları izlemiştir.

Denememizde stoma sayısı yönünden ele alınan çeşitlerin gamma dozu uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Gamma dozu artışlarından stoma sayısı yönünden en az Flamura-85 çeşidi, en fazla Tekirdağ çeşidi etkilenmiştir. Bu durum, denemeye alınan çeşitlerin genotipik yapılarının farklı olmasının bir sonucu olabilir. Çalışmamızda, gamma ışını dozu artışının stoma sayısında önemli bir şekilde değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Gamma ışını dozu ortalamaları incelendiğinde stoma sayısının kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında değişmediği, 200 Gy uygulamasında %16,7, 300 Gy uygulamasında %14, 400 Gy uygulamasında %19,5 oranında azaldığı belirlenmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlar, yaptıkları çalışmalarda gamma ışını dozu artışının stoma sayısında önemli bir şekilde azalttığını saptayan Öztürk vd. (2020)’nin bulgularıyla benzerlik göstermiştir.

3.2.9. Stoma Eni

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama stoma enine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.33’te, ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.34’de verilmiştir.

Çizelge 3.33. Stoma eni oranlarına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Çeşit	4	38,64	9,66	2,59
Hata-1	10	37,35	3,73	

Gamma Dozu	4	26,36	6,59	1,43
Çeşit × Gamma Dozu	16	310,93	19,43	4,21**
Hata	40	184,42	4,61	
Genel	74	597,71	8,08	
**: %1 düzeyinde önemli				CV: % 14,72

Yapılan varyans analizinde, stoma eni yönünden, çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli, çeşit ve gamma dozu ise istatistiki anlamda önemsiz bulunmuştur (Çizelge 33).

Çizelge 3.34. Stoma enine ilişkin ortalama değerler (μ) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	
Tekirdağ	19,87b-f	16,80 fgh	23,65 a	19,91b-f	23,03 ab	20,65
Flamura 85	19,92 b-f	19,92 b-f	18,05 d-g	21,29 a-d	13,69 h	18,57
Sana	22,41 abc	18,67 def	14,94 gh	18,67def	20,54 a-e	19,04
Renan	21,16 a-d	19,92 b-f	19,91b-f	16,80 fgh	18,67def	19,29
Sagittario	18,67 def	19,29 c-f	20,54 a-e	17,42 efg	18,67def	18,92
Ortalama	20,41	18,92	19,42	18,82	18,92	
EKÖF ($P \leq 0,05$)	Çeşit:-	Gamma Dozu: -		Çeşit × Gamma Dozu: 3,54		

Aralarındaki farklar istatistiki anlamda önemsiz olmasına rağmen denemeye alınan çeşitlerin ortalama stoma eni 18,57-20,65 μ arasında değişmiştir. En yüksek stoma eni 20,65 μ ile Tekirdağ çeşidinde, en düşük stoma eni ise Flamura-85 çeşidinde ölçülmüştür.

Gamma ışını dozlarından elde edilen stoma eni değerleri arasındaki farklar istatistiki anlamda önemsiz olmasına rağmen gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama stoma eni değerleri 18,82-20,41 μ arasında değişmiştir (Çizelge 3.34). En yüksek stoma eni 0 Gy gamma ışını dozunda, en düşük stoma eni ise 300 Gy gamma ışını dozunda saptanmıştır.

Çeşit × gamma dozu interaksyonunda, ortalama stoma eni 13,69-23,65 μ arasında değişmiştir (Çizelge 3.34). En yüksek stoma eni Tekirdağ çeşidinin 200 Gy gamma ışını dozunda elde edilmiş, bunu 23,03 μ ile aynı çeşidin 400 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük stoma eni ise 13,69 μ ile Flamura-85 çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 14,94 μ ile Sana çeşidinin 200 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Araştırmamızda stoma eni yönünden ele alınan çeşitlerin gamma ışını dozu uygulamalarına tepkilerinin benzer olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, gamma ışını dozu

artışlarından Tekirdağ çeşidi en az, Flamura-85 çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Bu durum, denemeye alınan çeşitlerin genotipik yapılarının farklı olmasının bir sonucu olabilir. Çalışmamızda, gamma ışını dozu artışının stoma eninde istatistiki anlamda önemli bir değişime neden olmadığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, stoma eninni kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %7,3 ve 200 Gy uygulamasında %4,8 artışı, 300 Gy uygulamasında %7,8 ve 400 Gy uygulamasında %7,3 oranında azaltığı belirlenmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlar, yaptıkları çalışmalarında düşük dozda (10 ve 20 Gy) gamma ışını uygulamalarının üç şeker kamışı çeşidinin stoma enini arttırdığını belirleyen Yasmeeen vd. (2020)'nin sonuçlarıyla uyumludur.

3.2.10. Stoma boyu

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama stoma boyuna ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.35'de, ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.36'da verilmiştir.

Yapılan varyans analizinde, stoma boyu yönünden; çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.36).

Çizelge 3.35. Stoma boyuna oranlarına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Çeşit	4	2512,72	628,18	12,51**
Hata-1	10	502,07	50,21	
Gamma Dozu	4	492,47	123,12	4,79**
Çeşit × Gamma Dozu	16	3031,02	189,44	7,37**
Hata	40	1027,93	25,70	
Genel	74	7566,22	102,25	

** : %1 düzeyinde önemli

CV: %18,29

Çizelge 3.36. Stoma boyuna ilişkin ortalama değerler (μ) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	
Tekirdağ	65,99 bc	54,78 e-j	56,03 d-j	74,70 a	64,12bcd	63,12 a
Flamura 85	53,54 f-j	42,95lmn	44,82k-n	39,22 n	68,48 ab	49,80 b

Sana	57,26 d-h	56,03 d-j	48,00 j-m	44,20 k-n	51,67 g-k	51,43b
Renan	51,04 h-l	41,71mn	54,78 e-j	56,65 d-ı	48,56 ı-m	50,55b
Sagittario	54,78 e-j	62,87 b-e	61,00 b-f	69,10 ab	59,76 c-g	61,50 a
Ortalama	56,52 ab	51,67 c	52,93 bc	56,77 a	58,52 a	
EKÖF (P≤0,05)	Çeşit:5,76	Gamma Dozu: 3,74	Çeşit × Gamma Dozu: 8,36			

Çizelge 3.36'dan anlaşılaçağı gibi, ele alınan çeşitlerin ortalama stoma boyları 49,80-63,12 µ arasında değışmiştir. En yüksek stoma boyu 63,12 µ Tekirdağ çeşidinde belirlenmiş bunu 61,50 µ Sagittario çeşidi izlemiştir. En düşük stoma sayısı ise Flamura-85 çeşidinde elde edilmiş, bunu 50,55 µ Renan çeşidi izlemiştir.

Çizelge 3.36.'da anlaşılaçağı gibi; gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama Stoma boyu 51,67-58,52 µ arasında değışmiştir (Çizelge 3.36). En yüksek stoma boyu 400 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 56,77 µ ile 300 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük stoma boyu ise 100 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 52,93 µ ile 200 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çeşit × gamma dozu interaksiyonunda, ortalama stoma boyu ise 39,22-74,70 µ arasında değışmiştir (Çizelge 3.36). En yüksek stoma boyu Tekirdağ çeşidinin 300 Gy gamma ışını dozunda elde edilmiş, bunu 69,10 µ ile Sagittario çeşidinin 300 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük stoma boyu ise 39,22 µ ile Flamura-85 çeşidinin 300 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş bunu ise 41,71 µ ile Renan çeşidinin 100 Gy çeşidi gamma ışını dozu izlemiştir.

Araştırmamızda stoma boyu içeriğı yönünden ele alınan çeşitlerin gamma ışını dozu uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğı belirlenmiştir. Gamma ışını dozu artışlarından Tekirdağ ve Sagittario çeşitleri en az, Flamura-85 çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Bu durum, denemeye alınan çeşitlerin genotipik yapılarının farklı olmasının bir sonucu olabilir. Çalışmamızda, gamma ışını dozu ortalamaları incelendiğinde stoma boyunun kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %8,6 ve 200 Gy uygulamasında %6,4 azaldığı, 300 Gy uygulamasında %0,4 ve 400 Gy uygulamasında %3,5 oranında stoma boyunun arttığı belirlenmiştir. Yasmeeen vd. (2020), düşük dozda (10 ve 20 Gy) gamma ışını uygulamalarının üç şeker kamışı çeşidinin stoma boyunu arttırdığını belirlemiştir.

3.2.11. Fide Uzunluğu

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama fide uzunluğuna ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.37’de, ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.38’de verilmiştir.

Yapılan varyans analizinde, fide uzunluğu yönünden; çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.38).

Çizelge 3.37. Fide uzunluğu oranlarına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Çeşit	4	210,69	52,67	14,85**
Hata-1	10	35,47	3,55	
Gamma Dozu	4	472,21	118,05	44,80**
Çeşit × Gamma Dozu	16	143,55	8,97	3,40**
Hata	40	105,41	2,63	
Genel	74	967,33	13,07	
**: %1 düzeyinde önemli				CV: %9,48

Çizelge 3.38. Fide uzunluğuna ilişkin ortalama değerler (cm) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	
Tekirdağ	39,30bc	29,77 g	38,00 bcd	38,90 bc	29,77 g	36,97 b
Flamura 85	37,37 cd	32,30 fg	38,27 bcd	36,07 de	32,30 fg	36,67 b
Sana	40,07 b	33,50 ef	39,53 bc	38,03 bcd	33,50 ef	38,18 b
Renan	39,97 bc	30,53 g	38,93 bc	38,07 bcd	30,53 g	37,47 b
Sagittario	40,63 b	40,53 b	39,83 bc	40,57 b	40,53 b	41,31 a
Ortalama	39,47 ab	33,33 c	38,91 b	38,33 b	33,33 c	
EKÖF (P≤0,05)	Çeşit:1,53	Gamma Dozu: 1,20		Çeşit × Gamma Dozu: 2,68		

Denemede ele alınan çeşitlerin ortalama fide uzunlukları 36,67-41,31 cm arasında değişmiştir. En yüksek fide uzunluğu 41,31 cm’le Sagittario çeşidinde belirlenmiş, bunu

38,18 cm ile Sana çeşidi izlemiştir. En düşük fide uzunluğu ise Flamura-85 çeşidinde elde edilmiş, bunu 36,97 cm ile Tekirdağ çeşidi izlemiştir (Çizelge 3.38).

Gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama fide uzunluğu 33,33-40,57 cm arasında değişmiştir (Çizelge 3.38). En yüksek fide uzunluğu 100 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 39,47 cm ile 0 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük fide uzunluğu ise 400 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 38,33 cm ile 300 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çeşit × gamma dozu interaksiyonunda, ortalama fide uzunluğu ise 29,77-45,00 cm arasında değişmiştir (Çizelge 3.38). En yüksek fide uzunluğu Sagittario çeşidinin 100 Gy gamma ışını dozunda elde edilmiş, bunu 40,63 cm ile Sagittario çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük fide uzunluğu ise 29,77 cm ile Tekirdağ çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş bunu 30,53 cm ile Renan çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Araştırmamızda fide uzunluğu yönünden ele alınan çeşitlerin gamma dozu uygulamalarına tepkilerinin Sagittario çeşidi hariç benzer olduğu belirlenmiştir. Gamma ışını dozu artışlarından Sagittario çeşidi en az, Flamura-85 çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Bu durum, denemeye alınan çeşitlerin genotipik yapılarının farklı olmasının bir sonucu olabilir. Çalışmamızda, gamma ışını dozularının fide uzunluğunda önemli bir değişim olduğu belirlenmiştir. Gamma ışını dozu ortalamaları incelendiğinde fide boyunun kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %2,8, 200 Gy uygulamasında %1,4, 300 Gy uygulamasında %2,9 ve 400 Gy uygulamasında %15,6 oranında azaldığı belirlenmiştir. Bu durum, artan gamma ışını uygulamalarının fide büyümesini baskılamasından kaynaklanmış olabilir (Pane vd., 2018). Elde ettiğimiz sonuçlar, yaptıkları çalışmalarda gamma dozu artışının fide uzunluğunda azalmaya neden olduğunu belirleyen Sakin ve Sencar (1995), Akıncı vd. (1997) ve Olgun vd. (2012)'nin bulgularıyla uyum içindedir.

3.2.12. Kök Uzunluğu

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama kök uzunluğuna ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.39'da, ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.40'da verilmiştir.

Çizelge 3.39. Kök uzunluğu oranlarına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Çeşit	4	108,77	27,19	6,99**
Hata-1	10	38,91	3,89	
Gamma Dozu	4	134,81	33,70	15,43**
Çeşit × Gamma Dozu	16	100,21	6,26	2,87**
Hata	40	87,36	2,18	
Genel	74	470,06	6,35	

** : %1 düzeyinde önemli

CV: %14,86

Yapılan varyans analizinde, kök uzunluğu yönünden; çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.39).

Çizelge 3.40. Kök uzunluğuna ilişkin ortalama değerler (cm) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	
Tekirdağ	17,23 c-g	18,00 cde	18,57 bcd	15,50 f-ı	21,03 a	18,07 a
Flamura 85	18,03 cde	15,80 e-ı	15,40 f-ı	12,83 j	18,00 cde	16,01 b
Sana	20,57 ab	14,83 g-j	14,70 hıj	13,97 ıj	14,47 hıj	15,71 b
Renan	21,17 a	18,57 bcd	18,40 bcd	16,50 d-h	18,97 abc	18,72 a
Sagittario	17,43 c-f	16,17 d-ı	15,53 f-ı	15,67 e-ı	16,60 c-h	16,28 b
Ortalama	18,89 a	16,67 b	16,52 b	14,89 c	17,81 a	
EKÖF (P≤0,05)	Çeşit: 1,61	Gamma Dozu: 1,09	Çeşit × Gamma Dozu: 2,44			

Ele alınan çeşitlerin ortalama kök uzunlukları 15,71-18,72 cm arasında değişmiştir (Çizelge 3.40). En yüksek kök uzunluğu 18,72 cm Renan çeşidinde belirlenmiş, bunu 18,07 cm Tekirdağ çeşidi izlemiştir. En düşük kök uzunluğu ise Sana çeşidinden elde edilmiş, bunu 16,01 cm Flamura-85 çeşidi izlemiştir.

Çizelge 3.40'dan da anlaşılacağı gibi gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama kök uzunluğu 14,89-18,89 cm arasında değişmiştir. En yüksek kök uzunluğu 0 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 17,81 cm ile 400 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük kök uzunluğu ise 300 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 16,52 cm ile 200 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çeşit × gamma dozu interaksyonunda, ortalama kök uzunluğu ise 12,83-21,17 cm arasında değişmiştir (Çizelge 3.40). En yüksek kök uzunluğu Renan çeşidinin 0 Gy gamma

ışını dozunda elde edilmiş, bunu 21,03 cm ile Tekirdağ çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük kök uzunluğu ise 12,83 cm ile Flamura-85 çeşidinin 300 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş bunu ise 13,97 cm ile Sana çeşidinin 300 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çalışmamızda kök uzunluğu yönünden ele alınan çeşitlerin gamma dozu uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Gamma dozu artışlarından Sana çeşidi en fazla, Renan çeşidi ise en az etkilenen çeşit olmuştur. Bu durum, denemeye alınan çeşitlerin genotipik yapılarının farklı olmasının bir sonucu olabilir. Elde ettiğimiz sonuçlarımız mutagen uygulamalarına çeşitlerin farklı tepkiler verdiğini belirleyen Olgun vd. (2012)'nin sonuçlarıyla benzerlik göstermiştir. Çalışmamızda, gamma ışını dozu artışının kök uzunluğunu önemli bir şekilde azalttığı belirlenmiştir. Gamma dozu ortalamaları incelendiğinde kök uzunluğunda kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %11,75, 200 Gy uygulamasında %12,5, 300 Gy uygulamasında %21,2 ve 400 Gy uygulamasında %5,7 oranında azalma olduğu belirlenmiştir. Bu durum, fide boyunda olduğu gibi gamma ışını dozlarındaki artışın buğdayda bitki büyümesini kısıtlamasının bir sonucu olabilir (Şenay ve Şekerci, 2011; Pane vd., 2018). Sonuçlarımız, çalışmalarda gamma dozu artışının kök uzunluğunda önemli bir şekilde azalmaya neden olduğunu belirleyen Akıncı vd. (1997), Olgun vd. (2012) ve Kiani vd. (2022)'nin sonuçlarıyla benzerlik göstermiştir.

3.2.13. Kök Yaş Ağırlığı

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama kök yaş ağırlığına ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.41'de, ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.42'de verilmiştir.

Çizelge 3.41. Kök yaş ağırlığına oranlarına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Çeşit	4	30674,67	7668,67	3,57*
Hata-1	10	21480,00	2148,00	
Gamma Dozu	4	25154,67	6288,67	7,24**
Çeşit × Gamma Dozu	16	109325,33	6832,83	7,87**
Hata	40	34720,00	868,00	
Genel	74	221354,67	2991,28	

*: % 5 düzeyinde önemli **: % 1 düzeyinde önemli

CV: % 26,41

Yapılan varyans analizinde, kök yaş ağırlığı yönünden; çeşit istatistiki anlamda 0,05 düzeyinde önemli, gamma dozu ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.41).

Çizelge 3.42. Kök yaş ağırlığına ilişkin ortalama değerler (mg) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	
Tekirdağ	223,33 dg	206,67 eh	176,67 gk	246,67 cde	163,33 hk	203,33 ab
Flamura 85	150,00 ijk	183,33 fj	143,33 jk	210,00 eh	196,67 fi	176,67 b
Sana	266,67 bcd	193,33 fi	186,67 fj	170,00 hk	170,00 hk	197,33 ab
Renan	193,33 f-i	276,67 abc	323,33 a	193,33 f-i	133,33 k	224,00 a
Sagittario	203,33 eh	310,00 ab	230,00 cf	206,67 eh	220,00 dg	234,00 a
Ortalama	207,33 b	234,00 a	212,00 b	205,33 b	176,67 c	
EKÖF (P≤0,05)	Çeşit: 37,71		Gamma Dozu: 21,74		Çeşit $\times$ Gamma Dozu: 48,62	

Araştırmamızda, ele alınan çeşitlerin ortalama kök yaş ağırlıkları 176,67-234,00 mg arasında değişmiştir (Çizelge 3.42). En yüksek kök yaş ağırlığı 234,00 mg Sagittario çeşidinde belirlenmiş, bunu 224,00 mg Renan çeşidi izlemiştir. En düşük kök yaş ağırlığı ise Flamura-85 çeşidinde elde edilmiş, bunu 197,33 mg Sana çeşidi izlemiştir.

Çizelge 3.42'den gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama kök yaş ağırlıklarının 176,67-234,00 mg arasında değiştiği anlaşılmaktadır (Çizelge 3.42). En yüksek kök yaş ağırlığı 100 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 212,00 mg ile 200 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük kök yaş ağırlığı ise 400 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 205,33 mg ile 300 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çeşit $\times$ gamma dozu interaksyonunda, ortalama kök yaş ağırlıkları ise 133,33-323,33 mg arasında değişmiştir (Çizelge 3.42). En yüksek kök yaş ağırlığı Renan çeşidinin 200 Gy gamma ışını dozundan elde edilmiş, bunu ise 310,00 mg ile Sagittario çeşidinin 100 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük kök yaş ağırlığı ise ile Renan çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 143,33 mg ile Flamura-85 çeşidinin 200 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Denememizde gamma dozu artışlarının genel olarak ele alınan çeşitlerin kök yaş ağırlığında önemli bir şekilde değişimlere neden olmuştur. Araştırmamızda, artan gamma ışını dozlarından en az etkilenen çeşitler Sagittario ve Renan, en fazla etkilenen çeşit ise Flamura-85 olarak belirlenmiştir. Gamma ışını dozu ortalamaları incelendiğinde kök yaş ağırlığının

kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %12,9 oranında ve 200 Gy gamma dozu uygulamasında %2,2 oranında arttığı, buna karşılık 300 Gy uygulamasında %0,96 ve 400 Gy uygulamasında %14,8 oranında azaldığı belirlenmiştir. Sonuçlarımız, yaptıkları çalışmalarında 200 Gy gamma dozunun kök yaş ağırlığının arttırdığını, 200 Gy'in üzerindeki gamma ışını dozlarının kök yaş ağırlığında azalmaya neden olduğunu belirleyen Kiani vd. (2022)'nin bulgularıyla benzerdir. Bu konuda yürütülen çalışmalarda farklı sonuçlar da elde edilmiştir. Singh vd., (2013), gamma ışını dozu artışının buğdayda kök yaş ağırlığını arttırdığını, Abu-Zeid ve Abdel-Latif (2014) ise gamma ışını dozu artışının buğdayda kök yaş ağırlığını azalttığını saptamıştır. Bu durum, çalışmalarda kullanılan buğday genotiplerinin gamma ışını dozlarındaki değişimlere farklı tepkiler vermesinin bir sonucu olabilir.

3.2.14. Kök Kuru Ağırlığı

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama kök kuru ağırlığına ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.43'de, ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.44'de verilmiştir.

Çizelge 3.43. Kök kuru ağırlığına oranlarına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Çeşit	4	323,87	80,97	4,27*
Hata-1	10	189,73	18,97	
Gamma Dozu	4	658,00	164,50	10,63**
Çeşit × Gamma Dozu	16	1129,47	70,59	4,56**
Hata	40	618,93	15,47	
Genel	74	2920,00	39,46	

*: %5 düzeyinde önemli, **: %1 düzeyinde önemli

CV: % 26,61

Yapılan varyans analizinde, kök kuru ağırlığı yönünden; çeşit ortalamaları arasındaki farklar istatistiki anlamda 0,05 düzeyinde, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu ise istatistiki anlamda 0,01düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.43).

Çizelge 3.44. Kök kuru ağırlığına ilişkin ortalama değerler (mg) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	

Tekirdağ	21,00 e-ı	27,00 b-f	24,67 c-g	24,33 c-g	17,67 hıj	22,93 ab
Flamura 85	16,00 ı-j	20,67 f-ı	18,33 g-j	27,33 b-e	18,33 g-j	20,13 b
Sana	31,33 a-b	23,67 c-h	26,67 b-f	26,33 b-f	21,00 e-ı	25,80 a
Renan	27,33 b-e	35,33 a	29,33 abc	22,67 d-h	13,67 j	25,67 a
Sagittario	14,00 j	29,33 abc	22,67 d-h	28,00 bcd	23,33 c-h	23,47 ab
Ortalama	21,93 b	27,20 a	24,33 ab	25,73 a	18,80 c	
EKÖF (P≤0,05)	Çeşit: 3,54	Gamma Dozu: 2,90	Çeşit × Gamma Dozu: 6,940			

Çizelge 3.44'den de anlaşılacağı gibi, ele alınan çeşitlerin ortalama kök kuru ağırlıkları 20,13-25,80 mg arasında değişmiştir. En yüksek kök kuru ağırlığı 25,80 mg ile Sana çeşidinde belirlenmiş, bunu 25,67 mg ile Renan çeşidi izlemiştir. En düşük kök kuru ağırlığı ise Flamura-85 çeşidinde tartılmış, bunu 22,93 mg Tekirdağ çeşidi izlemiştir.

Çalışmamızda, gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama kök kuru ağırlıkları 18,80-27,20 mg arasında değişmiştir (Çizelge 3.44). En yüksek kök kuru ağırlığı 100 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 25,73 mg ile 300 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük kök kuru ağırlığı ise 400 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 21,93 mg ile 0 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çeşit × gamma dozu interaksiyonunda, ortalama kök kuru ağırlıkları ise 13,67-35,33 mg arasında değişmiştir (Çizelge 3.44). En yüksek kök kuru ağırlığı 35,33 mg ile Renan çeşidinin 100 Gy gamma ışını dozunda elde edilmiş, bunu ise 31,33 mg ile Sana çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük kök kuru ağırlığı ise ile Renan çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş bunu 14 mg ile Sagittario çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çalışmamızda kök kuru ağırlığı yönünden ele alınan çeşitlerin gamma dozu uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Gamma dozu artışlarından Sana ve Renan çeşitleri en az, Flamura-85 çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Bu durum, denemeye alınan çeşitlerin genotipik yapılarının farklı olmasının bir sonucu olabilir. Elde ettiğimiz sonuçlarımız mutagen uygulamalarına buğday çeşitlerin farklı tepkiler verdiğini belirleyen Olgun vd. (2012)'nin sonuçlarıyla uyum içindedir. Çalışmamızda, gamma dozu artışının kök kuru ağırlığını 300 Gy'e kadar önemli bir şekilde arttığı, bu dozdan sonra ise azalttığı belirlenmiştir. Gamma dozu ortalamaları incelendiğinde kök kuru ağırlığının kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %24, 200 Gy uygulamasında %11, 300 Gy uygulamasında %17,3 oranında arttığı, buna karşılık 400 Gy uygulamasında ise %14,3

oranında azaldığı anlaşılmaktadır. Sonuçlarımıza benzer olarak Kiani vd. (2022), buğdayda kök kuru ağırlığının 100 Gy gamma ışını dozundan sonraki doz artışlarında önemli bir şekilde azaldığını belirlemişlerdir.

3.2.15. Toprak Üstü Yaş Ağırlığı

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama toprak üstü yaş ağırlığına ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.45'te, ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.46'da verilmiştir.

Çizelge 3.45. Toprak üstü yaş ağırlığına oranlarına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Çeşit	4	579813,33	144953,33	10,39**
Hata-1	10	139506,67	13950,67	
Gamma Dozu	4	3361613,33	840403,33	98,55**
Çeşit × Gamma Dozu	16	812773,33	50798,33	5,96**
Hata	40	341093,33	8527,33	
Genel	74	5234800,00	70740,54	
**: %1 düzeyinde önemli				CV: %28,72

Yapılan varyans analizinde, toprak üstü yaş ağırlığı yönünden; çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.45).

Çizelge 3.46. Toprak üstü yaş ağırlığına ilişkin ortalama değerler (mg) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	
Tekirdağ	1466,66 a	1253,33b	1123,33 bcd	1106,67 bcd	456,67 lm	1081,33 a
Flamura 85	880,00 fgh	1086,67 cd	893,33 fg	886,67 fg	693,33 ıjk	888,00 bc
Sana	1256,66 b	1003,33 def	930,00 efg	840,00 ghı	560,00 kl	918,00 b
Renan	1063,33 de	973,33 d-g	916,67 efg	733,33 hij	373,33 m	812,00 c
Sagittario	1023,33 def	1236,67 bc	923,33 efg	803,33 fg	666,67 jk	930,67 b
Ortalama	1138,00 a	1110,67 a	957,33 b	874,00 c	550,00 d	
EKÖF (P≤0,05)	Çeşit: 96,09	Gamma Dozu: 68,15		Çeşit × Gamma Dozu: 152,39		

Araştırmamızda, ele alınan çeşitlerin ortalama toprak üstü yaş ağırlıkları 812,00-1081,33 mg arasında değişmiştir (Çizelge 3.46). En yüksek toprak üstü yaş ağırlığı 1081,33

mg Tekirdağ çeşidinde belirlenmiş, bunu 930,67 mg ile Sagittario çeşidi izlemiştir. En düşük toprak üstü yaş ağırlığı ise Renan çeşidinden elde edilmiş, bunu 888,00 mg Flamura-85 çeşidi izlemiştir.

Çizelge 3.46'da görüldüğü gibi, gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama toprak üstü yaş ağırlıkları 550,00-1138,00 mg arasında değişmiştir (Çizelge 3.46). En yüksek toprak üstü yaş ağırlığı 0 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 1110,67 mg ile 100 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük toprak üstü yaş ağırlığı ise 400 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 874,00 mg ile 300 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çeşit × gamma dozu interaksyonunda, ortalama toprak üstü yaş ağırlıkları ise 373,33-1466,66 mg arasında değişmiştir (Çizelge 3.46). En yüksek toprak üstü yaş ağırlığı 1466,66 mg ile Tekirdağ çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozunda elde edilmiş, bunu ise 1256,66 mg ile Sana çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük toprak üstü yaş ağırlığı ise 373,33 mg ile Renan çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş bunu 456,67 mg ile Tekirdağ çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Denememizde gamma dozu artışlarının genel olarak ele alınan çeşitlerin toprak üstü yaş ağırlığında önemli bir şekilde değişimlere neden olduğu ve çeşitlerin gamma ışını dozlarına verdikleri tepiklerin farklı olduğu belirlenmiştir. Tekirdağ çeşidi gamma ışını dozlarından en az etkilenen, Renan ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Gamma ışını dozu ortalamaları incelendiğinde toprak üstü yaş ağırlığının kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %2,40, 200 Gy gamma dozu uygulamasında %15,9, 300 Gy uygulamasında %23,20 ve 400 Gy uygulamasında %51,7 oranında azaldığı anlaşılmaktadır. Bu durum, gamma ışını uygulamalarının buğdayda fide büyümesini baskılamasının bir sonucu olabilir (Akıncı ve Baysal, 2005; Pane vd., 2018). Elde ettiğimiz bulgular, yaptıkları çalışmalarda gamma dozu artışının buğdayda toprak üstü yaş ağırlığında önemli bir şekilde azalmaya neden olduğunu belirleyen Akıncı vd. (1997)'nin bulgularıyla benzerlik göstermiştir.

3.2.16. Toprak Üstü Kuru Ağırlığı

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama toprak üstü kuru ağırlığına ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.47'de, ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.48'de verilmiştir.

Çizelge 3.47. Toprak üstü kuru ağırlığına oranlarına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Çeşit	4	4749,01	1187,25	3,52*
Hata-1	10	3368,13	336,81	
Gamma Dozu	4	49810,75	12452,69	83,29**
Çeşit × Gamma Dozu	16	16127,12	1007,94	6,74**
Hata	40	5980,53	149,51	
Genel	74	80035,55	1081,56	

*: %5 düzeyinde önemli **: %1 düzeyinde önemli

CV: % 27,95

Toprak üstü kuru ağırlığı yönünden; çeşitler arasındaki farklar 0,05, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu ise 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.47).

Çizelge 3.48. Toprak üstü kuru ağırlığına ilişkin ortalama değerler (mg) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	
Tekirdağ	165,67 a	155,00 ab	134,67 cde	142,00 bcd	59,00 l	131,27 a
Flamura 85	95,33 hij	157,00 ab	115,33 e-h	88,33 ijk	84,00 jk	108,00 b
Sana	153,33 abc	134,00 cde	127,00 def	116,33 efg	73,67 kl	120,87 ab
Renan	143,67 bcd	129,33 def	128,67 def	110,67 fgh	54,00 l	113,27 b
Sagittario	104,33 ghi	153,67 abc	116,33 efg	119,33 efg	80,00 jk	114,73 b
Ortalama	132,47 b	145,80 a	124,40 b	115,33 c	70,13 d	
EKÖF (P≤0,05)	Çeşit: 14,93	Gamma Dozu: 9,02		Çeşit × Gamma Dozu: 20,18		

Çizelge 3.48’den de anlaşılabacağı gibi, ele alınan çeşitlerin ortalama toprak üstü kuru ağırlıkları 108,00-131,27 mg arasında değişmiştir. En yüksek toprak üstü kuru ağırlığı 131,27 mg Tekirdağ çeşidinde belirlenmiş, bunu 120,89 mg Sana çeşidi izlemiştir. En düşük toprak üstü kuru ağırlığı ise Flamura-85 çeşidinden elde edilmiş, bunu 113,27 mg Renan çeşidi izlemiştir.

Araştırmamızda, gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama toprak üstü kuru ağırlıkları 70,13-145,80 mg arasında değişmiştir (Çizelge 3.48). En yüksek toprak üstü kuru ağırlığı 100 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 132,80 mg ile 0 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük toprak üstü kuru ağırlığı ise 400 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 115,33 mg ile 300 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çeşit × gamma dozu interaksiyonunda, ortalama toprak üstü kuru ağırlıkları ise 54,00-165,67 mg arasında değişmiştir (Çizelge 3.48). En yüksek toprak üstü kuru ağırlığı 165,67 mg ile Tekirdağ çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozunda elde edilmiş, bunu ise 157,00 mg ile Flamura-85 çeşidinin 100 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük toprak üstü kuru ağırlığı ise 54,00 mg ile Renan çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş bunu 59,00 mg ile Tekirdağ çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çalışmamızda toprak üstü kuru ağırlığı yönünden ele alınan çeşitlerin gamma dozu uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Gamma ışını dozu artışlarından Tekirdağ çeşidi en az, Flamura-85 çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Bu durum, denemeye alınan çeşitlerin genotipik yapılarının farklı olmasının bir sonucu olabilir. Elde ettiğimiz sonuçlar, toprak üstü kuru ağırlığı bakımından buğday çeşitlerinin mutagen uygulamalarına farklı tepkiler verdiğini belirleyen Olgun vd. (2012)'nin sonuçlarıyla benzerlik göstermiştir. Çalışmamızda, gamma dozu artışının toprak üstü kuru ağırlığını önemli bir şekilde etkilediği belirlenmiştir. Gamma ışını dozu ortalamaları incelendiğinde, toprak üstü kuru ağırlığının kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %10,1 arttığı, buna karşılık 200 Gy uygulamasında %6,1, 300 Gy uygulamasında %12,9 ve 400 Gy uygulamasında ise %47,1 oranında azaldığı görülmektedir. Bu durum, yüksek gamma ışını dozlarının buğdayda fide gelişimini baskılamasından kaynaklanmış olabilir (Akıncı ve Baysal, 2005). Elde ettiğimiz sonuçlar, yaptıkları çalışmalarda gamma ışını dozu artışının toprak üstü kuru ağırlığını önemli bir şekilde azalttığını belirleyen Akıncı vd. (1997) ve Olgun vd. (2012)'nin sonuçlarıyla uyumludur.

3.3. Tarla Denemesi

3.3.1. Başaklanma Gün Sayısı

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama başaklanma gün sayısına ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.49'da, ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.50'de verilmiştir.

Çizelge 3.49. Başaklanma gün sayısının ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Tekrarlama	2	2,027	1,01	0,95
Çeşit	4	3118,21	779,55	733,12**

Hata-1	8	8,507	1,06	
Gamma Dozu	4	499,55	124,89	100,99**
Çeşit × Gamma Dozu	16	36,99	2,31	1,87*
Hata	40	49,47	1,24	
Genel	74	3714,75	50,20	

*: %5 düzeyinde önemli **: %1 düzeyinde önemli

CV: % 26,72

Başaklanma gün sayısı yönünden; çeşit ve gamma dozu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde, çeşit × gamma dozu interaksyonu ise 0,05 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.49).

Denememizde, ele alınan çeşitlerin ortalama başaklanma gün sayısı 22,13-39,27 gün arasında değişmiştir (Çizelge 3.50). En yüksek başaklanma gün sayısı 39,27 gün ile Renan çeşidinde belirlenmiş bunu 25,00 gün ile Sana çeşidi izlemiştir. En düşük başaklanma gün sayısı ise Tekirdağ çeşidinde elde edilmiş, bunu 23,07 gün Flamura-85 çeşidi izlemiştir.

Çizelge 3.50'den görüleceği gibi; gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama başaklanma gün sayısı 24,20-31,20 gün arasında değişmiştir (Çizelge 3.50). En yüksek başaklanma gün sayısı 400 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 27,33 gün ile 300 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük başaklanma gün sayısı ise 0 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 24,67 gün ile 100 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çizelge 3.50. Başaklanma gün sayısına ilişkin ortalama değerler (gün) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	
Tekirdağ	19,33 p	20,33 nop	21,33 l-o	22,67 ı-l	27,00 ef	22,13 d
Flamura 85	20,33 nop	21,00 l-p	22,00 k-n	24,00 g-j	28,00 de	23,07 c
Sana	22,33 j-m	23,67 h-k	24,33 ghi	25,67 fg	29,00 d	25,00 b
Renan	38,33 bc	38,33 bc	37,33 c	39,33 b	43,00 a	39,27 a
Sagittario	20,67 m-p	20,00 op	20,67 m-p	25,00 gh	29,00 d	23,07 c
Ortalama	24,20 d	24,67 cd	25,13 c	27,33 b	31,20 a	
EKÖF (P≤0,05)	Çeşit: 0,84	Gamma Dozu: 0,82	Çeşit × Gamma Dozu: 1,84			

Çeşit × gamma dozu interaksyonunda, ortalama başaklanma gün sayısı ise 19,33-43,00 gün arasında değişmiştir (Çizelge 3.50). En yüksek başaklanma gün sayısı 43,00 gün ile

Renan çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozunda elde edilmiş, bunu ise 39,33 gün ile Renan çeşidinin 300 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük başaklanma gün sayısı ise 19,33 gün ile Tekirdağ çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş bunu 20,33 ile Flamura-85 çeşidinin 0 Gy ve Tekirdağ çeşidinin 100 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çalışmamızda başaklanma gün sayısı yönünden ele alınan çeşitlerin gamma ışını dozu uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Gamma ışını dozu artışlarından Renan çeşidi en az, Tekirdağ çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Bu durum, denemeye alınan çeşitlerin erkencilik düzeylerinin farklı olmasının bir sonucu olabilir. Elde ettiğimiz sonuçlar, mutagen uygulamalarına çeşitlerin farklı tepkiler verdiğini belirleyen Olgun vd. (2012) ve Ahmed vd. (2017)'nin sonuçlarıyla benzerlik göstermiştir. Çalışmamızda, gamma dozu artışının başaklanma gün sayısını önemli bir şekilde etkilediği belirlenmiştir. Gamma dozu ortalamaları incelendiğinde başaklanma gün sayısını kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %1,9, 200 Gy uygulamasında %3,8, 300 Gy uygulamasında %12,9 ve 400 Gy uygulamasında ise %28,9 oranında arttığı belirlenmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlar, yaptıkları çalışmalarda gamma dozu artışının başaklanma gün sayısında önemli bir şekilde arttırdığını Öztürk vd. (2020) ve Ahumada-Flores vd. (2021)'nin bulgularıyla benzerlik göstermiştir.

3.3.2. Bayrak Yaprak Alanı

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama bayrak yaprak alanına ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.51'de, ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.52'de verilmiştir.

Çizelge 3.51. Bayrak yaprak alanına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Tekrarlama	2	11,71	5,86	
Çeşit	4	1064,14	266,03	95,65**
Hata-1	8	22,25	2,78	
Gamma Dozu	4	698,35	174,59	63,23**
Çeşit × Gamma Dozu	16	832,31	52,02	18,84**
Hata	40	110,44	2,76	
Genel	74	2739,21	37,02	

** : %1 düzeyinde önemli

CV: % 15,23

Yapılan varyans analizinde, bayrak yaprak alanı yönünden; çeşit, gamma dozu ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.51).

Çizelge 3.52. Bayrak yaprak alanına ilişkin ortalama değerler (cm²) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	
Tekirdağ	39,08 fg	42,39 de	46,57 abc	33,73 jk	31,97 k	38,75 b
Flamura 85	40,02 ef	35,87 hij	42,43 de	33,83 jk	33,14 jk	37,06 c
Sana	44,59 cd	48,12 a	47,62 ab	48,45 a	46,85 abc	47,12 a
Renan	38,18 fgh	38,33 fgh	35,26 ij	35,61 hij	36,83 ghı	36,84 c
Sagittario	44,72 cd	44,65 cd	45,32 bc	39,58 f	25,52 l	39,96 b
Ortalama	41,32 b	41,87 b	43,44 a	38,24 c	34,86 d	
EKÖF (P≤0,05)	Çeşit: 1,50	Gamma Dozu: 1,23		Çeşit $\times$ Gamma Dozu: 2,74		

Araştırmamızda, ele alınan çeşitlerin ortalama bayrak yaprak alanı 36,84-39,96 cm² arasında değişmiştir (Çizelge 3.52). En yüksek bayrak yaprak alanı 47,12 cm² ile Sana çeşidinde belirlenmiş bunu, 39,96 cm² ile Sagittario çeşidi izlemiştir. En düşük bayrak yaprak alanı ise Renan çeşidinden elde edilmiş, bunu 37,06 cm² ile Flamura-85 çeşidi izlemiştir.

Çizelge 3.52'den anlaşılabacağı gibi; gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama bayrak yaprak alanı 24,20-31,20 cm² arasında değişmiştir. En geniş bayrak yaprak alanı 43,44 cm² ile 200 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 41,87 cm² ile 200 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En dar bayrak yaprak alanı ise 400 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 38,24 cm² ile 300 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çeşit $\times$ gamma dozu interaksyonunda, ortalama bayrak yaprak alanı 25,52-48,45 cm² arasında değişmiştir (Çizelge 3.52). En geniş bayrak yaprak alanı 48,45 cm² ile Sana çeşidinin 300 Gy gamma ışını dozunda elde edilmiş, bunu ise 48,12 cm² ile Sana çeşidinin 100 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En dar bayrak yaprak alanı ise 25,52 cm² ile Sagittario çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş bunu 31,97 cm² ile Tekirdağ çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Denememizde gamma ışını dozu artışlarının genel olarak ele alınan çeşitlerin bayrak yaprak alanında önemli değişimlere neden olduğu belirlenmiştir. Bayrak yaprak alanı bakımından gamma ışını uygulamalarında genotipik olarak geniş yaprak ayasına sahip olan Sana çeşidi en az, Renan çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Sonuçlarımıza benzer

olarak, Öztürk vd. (2020) bayrak yaprak alanı bakımından buğday çeşitlerinin gamma ışını dozlarından farklı bir şekilde etkilendiğini belirlemişlerdir. Gamma ışını dozu ortalamaları incelendiğinde bayrak yaprak alanının kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %1,19 oranında ve 200 Gy gamma dozu uygulamasında %5,13 oranında arttığı, buna karşılık 300 Gy uygulamasında %7,5 ve 400 Gy uygulamasında ise %15,6 oranında azaldığı belirlenmiştir. Bulgularımız, yaptıkları çalışmalarda düşük dozlardaki gamma ışını uygulamalarının bayrak yaprak alanını önemli bir şekilde artırdığını belirleyen Singh ve Datta (2010a) ve Singh ve Datta (2010b)'nın ve yüksek dozlarda gamma ışını uygulamasının bayrak yaprak alanını azalttığını belirleyen Rahimi ve Bahrani (2013), Öztürk vd. (2020) ve Shabani vd. (2023)'nin bulgularıyla benzerlik göstermiştir. Bulgularımızdan farklı olarak, Singh vd. (2013) ise gamma ışını uygulamalarının buğdayda bayrak yaprak alanı üzerine etkisinin önemli olmadığını açıklamışlardır.

3.3.3. Bayrak Yaprakın Yeşil Kalma Süresi

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama bayrak yaprağın yeşil kalma süresine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.53'de, ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.54'de verilmiştir.

Yapılan varyans analizinde, bayrak yaprağın yeşil kalma süresi yönünden; çeşit, gamma dozu ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.53.)

Çizelge 3.53. Bayrak yaprağın yeşil kalma süresi ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Tekrarlama	2	7,55	3,77	
Çeşit	4	307,65	76,91	45,96**
Hata-1	8	13,39	1,67	
Gamma Dozu	4	66,05	16,51	15,10**
Çeşit $\times$ Gamma Dozu	16	130,61	8,16	7,47**
Hata	40	43,73	1,09	
Genel	74	568,99	7,69	

** : %1 düzeyinde önemli

CV: % 4,62

Çizelge 3.54. Bayrak yaprağın yeşil kalma süresine ilişkin ortalama değerler (gün) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	
Tekirdağ	57,67 ijk	60,67 c-f	61,67 bcd	60,33 d-g	62,00 bcd	60,47 ab
Flamura 85	58,67 g-j	62,00 bcd	61,00 cde	59,00 f-ı	61,00 cde	60,33 b
Sana	61,67 bcd	61,67 bcd	59,67 e-h	62,00 bcd	63,00 ab	61,60 a
Renan	55,67 lm	55,67 lm	56,67 kl	58,33 h-k	54,00 m	56,07 c
Sagittario	57,00 jkl	63,00 ab	64,00 a	62,33 abc	61,00 cde	61,47 ab
Ortalama	58,13 b	60,60 a	60,60 a	60,40 a	60,20 a	
EKÖF ($P \leq 0,05$)	Çeşit: 1,178		Gamma Dozu: 0,77		Çeşit $\times$ Gamma Dozu: 1,72	

Denemeye alınan çeşitlerin ortalama bayrak yaprağın yeşil kalma süresi 56,07-61,60 gün arasında değişmiştir (Çizelge 3.54). En uzun bayrak yaprağın yeşil kalma süresi 61,60 gün ile Sana çeşidinde belirlenmiş, bunu 61,47 gün ile Sagittario çeşidi izlemiştir. En kısa bayrak yaprağın yeşil kalma süresi ise Renan çeşidinde elde edilmiş, bunu 60,33 gün ile Flamura-85 çeşidi izlemiştir.

Çizelge 3.54'den anlaşılabacağı gibi; gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama bayrak yaprağın yeşil kalma süresi 58,13-60,60 gün arasında değişmiştir. En uzun bayrak yaprağın yeşil kalma süresi 100 ve 200 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunları aynı istatistiki grupta yer alan 300 Gy (60,40 gün) ve 400 Gy (60,20 gün) gamma ışını dozları izlemiştir. En kısa bayrak yaprağın yeşil kalma süresi ise kontrol uygulamasında (0 Gy) belirlenmiştir.

Çeşit $\times$ gamma dozu interaksiyonunda, ortalama bayrak yaprağın yeşil kalma süresi ise 54,00-64,00 gün arasında değişmiştir (Çizelge 3.54). En uzun bayrak yaprağın yeşil kalma süresi 64,00 gün ile Sagittario çeşidinin 200 Gy gamma ışını dozunda elde edilmiş, bunu ise 63,00 gün ile Sagittario 100 Gy ve Sana çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozları izlemiştir. En kısa bayrak yaprağın yeşil kalma süresi ise 54,00 gün ile Renan çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş bunu 55,67 gün ile Renan çeşidinin 0, 100, 200 ve 300 Gy gamma ışını dozları ve Tekirdağ çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çalışmamızda bayrak yaprağın yeşil kalma süresi yönünden ele alınan çeşitlerin gamma dozu uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Gamma ışını dozu artışlarından Sana çeşidi en az, Renan çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Bu durum, denemeye alınan çeşitlerin genotipik yapılarının farklı olmasının bir sonucu olabilir. Elde

ettiğimiz sonuçlarımız mutagen uygulamalarına çeşitlerin farklı tepkiler verdiğini belirleyen Olgun vd. (2012)'nin sonuçlarıyla benzerlik göstermiştir. Çalışmamızda, gamma ışını dozu ortalamaları incelendiğinde bayrak yaprağı yeşil kalma süresinin kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %4,25, 200 Gy uygulamasında %4,25, 300 Gy uygulamasında %3,90 ve 400 Gy uygulamasında %3,57 oranında arttığı belirlenmiştir.

3.3.4. Klorofil İçeriği

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama klorofil içeriğine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.55'de, ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.56'da verilmiştir.

Yapılan varyans analizinde, klorofil içeriği yönünden; çeşit, gamma dozu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,05 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.55).

Ele alınan çeşitlerin ortalama klorofil içeriği 52,73-75,77 SPAD arasında değişmiştir (Çizelge 3.56). En yüksek klorofil içeriği 75,77 SPAD Renan çeşidinde belirlenmiş bunu 56,26 SPAD Flamura-85 ve Sana çeşidi izlemiştir. En düşük klorofil içeriği ise Sagittario çeşidinde elde edilmiş 52,73 SPAD, bunu Tekirdağ çeşidi izlemiştir.

Çizelge 3.55. Klorofil içeriğine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Tekrarlama	2	0,52	0,26	
Çeşit	4	5436,61	1359,15	726,80**
Hata-1	8	14,96	1,87	
Gamma Dozu	4	487,44	121,86	50,95**
Çeşit × Gamma Dozu	16	155,94	9,75	4,07**
Hata	40	95,67	2,39	
Genel	74	6191,13	83,66	

*: %5 düzeyinde önemli **: %1 düzeyinde önemli

CV: %15,53

Çizelge 3.56. Klorofil içeriğine ilişkin ortalama değerler (SPAD) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	
Tekirdağ	50,93 jk	53,9 hı	54,67 ghı	57,56 def	58,33 de	55,08 c
Flamura 85	54,00 ghı	55,92 e-h	55,17 f-ı	57,54 def	58,67 d	56,26 b
Sana	49,27 k	53,41 hij	56,46 d-g	56,51 d-g	57,59 def	56,26 c
Renan	69,69 c	74,13 b	76,38 b	83,34 a	75,33 b	75,77 a
Sagittario	49,78 k	50,99 jk	53,04 ıj	54,50 ghı	55,33 f-ı	52,73 d
Ortalama	54,73 d	57,67 c	59,14 b	61,89 a	61,05 a	
EKÖF_(P≤0,05)	Çeşit: 1,01	Gamma Dozu: 1,141		Çeşit × Gamma Dozu: 2,55		

Gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama klorofil içeriği 54,73-61,89 SPAD arasında değişmiştir (Çizelge 3.56). En yüksek klorofil içeriği 300 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 61,05 SPAD ile aynı istatistiki grupta yer alan 400 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük klorofil içeriği ise 0 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 57,67 SPAD ile 100 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çeşit × gamma dozu interaksiyonunda, ortalama klorofil içeriği 49,27-83,34 SPAD arasında değişmiştir (Çizelge 3.56). En yüksek klorofil içeriği Renan çeşidinin 300 Gy gamma ışını dozunda elde edilmiş, bunları 76,38 SPAD ile Renan çeşidinin 200 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük klorofil içeriği 49,27 SPAD ile Sana çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş bunu 49,78 SPAD ile Sagittario çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Araştırmamızda SPAD yönünden ele alınan çeşitlerin gamma dozu uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Gamma ışını dozu artışlarından Renan çeşidi en az, Sagittario çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Bu durum, denemeye alınan çeşitlerin genotipik yapılarının farklı olmasının bir sonucu olabilir. Bulgularımız, klorofil içeriği bakımından buğday çeşitlerinin gamma ışını uygulamalarına farklı tepkiler verdiğini belirleyen Borzouei ve. (2010) ve Öztürk vd. (2020)'nin bulgularıyla benzerlik göstermektedir. Çalışmamızda, gamma ışını dozu artışının klorofil içeriğini arttırdığı belirlenmiştir. Gamma ışını dozu ortalamaları incelendiğinde klorofil içeriğinin kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %5,4 oranında, 200 Gy uygulamasında %8,1, 300 Gy uygulamasında %13,9 ve 400 Gy uygulamasında ise %11,5 arttığı belirlenmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlar, yaptıkları çalışmalarda gamma ışını dozu artışının klorofil içeriğini önemli bir şekilde arttırdığı belirleyen Borzouei ve. (2010), Singh vd. (2013) ve Abou-Zeid ve Abdel-Latif (2014)'in bulgularıyla uyum içindedir. Bulgularımızdan farklı olarak, Öztürk vd. (2020)

ve Hang vd. (2022) ise gamma ışını dozlarındaki artışın buğdayda klorofil içeriğini azalttığını açıklamışlardır.

3.3.5. Stoma İletkenliği

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama stoma iletkenliğine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.57’de, ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.58’de verilmiştir.

Çizelge 3.57. Stoma iletkenliğine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Tekrarlama	2	0,33	0,16	
Çeşit	4	54,42	13,60	13,96**
Hata-1	8	7,79	0,97	
Gamma Dozu	4	145,82	36,45	46,82**
Çeşit × Gamma Dozu	16	179,75	11,23	14,43**
Hata	40	31,15	0,78	
Genel	74	419,26	5,67	
*: %5 düzeyinde önemli **: %1 düzeyinde önemli				CV: %21,91

Yapılan varyans analizinde, stoma iletkenliği yönünden; çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.57).

Araştırmamızda, ele alınan çeşitlerin ortalama stoma iletkenliği değerleri 9,41-11,97 mmol m⁻²s⁻¹ arasında değişmiştir (Çizelge 3.58). En yüksek stoma iletkenliği Tekirdağ çeşidinde belirlenmiş, bunu 11,19 mmol m⁻²s⁻¹ ile Flamura-85 ve Sana çeşitleri izlemiştir. En düşük stoma iletkenliği ise Renan çeşidinden elde edilmiş, bunu 10,55 mmol m⁻²s⁻¹ ile Sagittario çeşidi izlemiştir.

Çizelge 3.58. Stoma iletkenliğine ilişkin ortalama değerler (mmol m⁻²s⁻¹) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	
Tekirdağ	14,80 ab	16,02 a	8,79 ij	12,93 cd	7,28 kl	11,97 a
Flamura 85	14,07 bc	8,84 ij	11,57 def	13,02 cd	8,43 jk	11,19 b
Sana	11,22 efg	11,67 def	11,18 efg	11,32 efg	10,54 fgh	11,19 b
Renan	10,10 ghi	10,67 fgh	8,37 jk	11,07 efg	6,87 l	9,41 c

Sagittario	9,50 hij	12,47 de	12,38 de	10,04 ghi	8,35 jk	10,55 b
Ortalama	11,94 a	11,93 a	10,46 b	11,68 a	8,29 c	
EKÖF_(P≤0,05)	Çeşit: 0,73	Gamma Dozu: 0,65		Çeşit × Gamma Dozu: 1,46		

Gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama stoma iletkenliği değerlerinin 8,29-11,94 mmol m⁻²s⁻¹ arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek stoma iletkenlik değeri 11,94 mmol m⁻²s⁻¹ değeri 0 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, en düşük stoma iletkenlik değeri ise 400 Gy gamma ışını dozunda saptanmıştır (Çizelge 3.58).

Çeşit × gamma dozu interaksiyonunda ortalama stoma iletkenliği değerleri 6,87-16,02 mmol m⁻²s⁻¹ arasında değişmiştir (Çizelge 3.58). En yüksek stoma iletkenliği değeri Tekirdağ çeşidinin 100 Gy gamma ışını dozunda elde edilmiş, bunu 14,80 mmol m⁻²s⁻¹ ile aynı çeşidin 0 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük stoma iletkenliği değeri ise 6,87 mmol m⁻²s⁻¹ ile Renan çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 7,28 mmol m⁻²s⁻¹ ile Tekirdağ çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çalışmamızda stoma iletkenliği yönünden ele alınan çeşitlerin gamma dozu uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Gamma ışını dozu artışlarından Tekirdağ çeşidi en az, Renan çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Bu durum, denemeye alınan çeşitlerin genotipik yapılarının farklı olmasının bir sonucu olabilir. Araştırmamızda, gamma ışını dozlarının stoma iletkenliği üzerine etkisinin önemli bir şekilde farklı olduğu belirlenmiştir. Bulgularımız, Shabani vd. (2022)'nin bulgularıyla uyum içindedir. Gamma ışını dozu ortalamaları incelendiğinde stoma iletkenliği değerinin kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy ve 300 Gy uygulamalarında önemli bir şekilde değişmediği, 200 Gy uygulamasında %12,4 ve 400 Gy uygulamasında ise %30,6 oranında azaldığını belirlenmiştir. Sonuçlarımız, Singh ve Datta (2010b)'nın bulgularıyla benzerlik göstermiştir.

3.3.6. Membran zararlanması

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama membran zararlanmasına ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.59'da, ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.60'da verilmiştir.

Çizelge 3.59. Membran zararlanmasına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
-------------------	---------------------	-----------------	--------------------	------------------------

Tekrarlama	2	0,23	0,11	
Çeşit	4	10904,41	2726,10	5545,04**
Hata-1	8	3,93	0,49	
Gamma Dozu	4	6398,97	1599,74	6116,17**
Çeşit × Gamma Dozu	16	7946,06	496,63	1898,72**
Hata	40	10,46	0,26	
Genel	74	25264,06	341,41	

*: %5 düzeyinde önemli **: %1 düzeyinde önemli

CV: % 40,98

Yapılan varyans analizinde, membran zararlanması yönünden; çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.59).

Ele alınan çeşitlerin ortalama membran zararlanması %26,9 ile %64,86 arasında değişmiştir. En yüksek membran zararlanması Tekirdağ çeşidinde belirlenmiş, bunu %45,84 Sagittario çeşidi izlemiştir. En düşük membran zararlanması ise Renan çeşidinden elde edilmiş, bunu %42,92 Flamura-85 çeşidi izlemiştir (Çizelge 3.60).

Araştırmamızda, gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama membran zararlanması %34,55-59,94 arasında değişmiştir (Çizelge 3.60). En yüksek membran zararlanması 300 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu %51,30 ile 400 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük membran zararlanması ise 200 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu %39,22 ile 0 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çeşit × gamma dozu interaksyonunda, ortalama membran zararlanması %19,73-81,34 arasında değişmiştir (Çizelge 3.60). En yüksek membran zararlanması Tekirdağ çeşidinin 300 Gy gamma ışını dozundan elde edilmiş, bunu %80,07 ile Tekirdağ çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük membran zararlanması ise %19,37 ile Renan çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu %21,32 ile Flamura-85 çeşidinin 200 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çizelge 3.60. Membran zararlanmasına ilişkin ortalama değerler (%) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	
Tekirdağ	59,42 e	52,10 g	51,40 g	81,34 b	80,07 c	64,86 a
Flamura 85	38,04 l	51,89g	21,32 q	62,39 d	40,95 j	42,92 d
Sana	38,42 l	42,08 i	49,68 h	39,54 k	54,59 f	44,86 c

Renan	19,73 r	31,24 m	25,63 o	29,21 n	28,7 n	26,91 e
Sagittario	40,51 j	24,6 p	24,70 p	87,21 a	52,15 g	45,84 b
Ortalama	39,22 d	40,39 c	34,55 e	59,94 a	51,30 b	
EKÖF_(P≤0,05)	Çeşit: 0,53	Gamma Dozu: 0,38	Çeşit × Gamma Dozu: 0,84			

Araştırmamızda membran zararlanması yönünden ele alınan çeşitlerin gamma dozu uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Gamma ışını dozu artışlarından membran zararlanması yönünden en fazla Tekirdağ çeşidi, en az ise Renan çeşidi etkilenmiştir. Çalışmamızda, gamma ışını dozu artışının membran zararlanmasını önemli bir şekilde etkilediği belirlenmiştir. Gamma ışını dozu ortalamaları incelendiğinde membran zararlanmasının kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %2,98 arttığını, 200 Gy uygulamasında %11,9 oranında azaldığı, 300 Gy uygulamasında %52,8 ve 400 Gy uygulamasında %30,8 oranında arttığı belirlenmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlar, yaptıkları çalışmalarda gamma ışını dozu artışının membran zararlanmasını önemli bir şekilde arttırdığını belirleyen Singh vd. (2013) ve düşük gamma ışını uygulamalarının buğdayda membran zararlanmasını azalttığını belirleyen Abou-Zeid ve Abdel-Latif (2014)'in bulgularıyla benzerlik göstermiştir.

3.3.7. Bitki Örtüsü Sıcaklığı

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama bitki örtüsü sıcaklığına ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.61'de, ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.62'de verilmiştir.

Yapılan varyans analizinde, bitki örtüsü sıcaklığı yönünden; çeşit ve gamma dozu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde, çeşit × gamma dozu interaksyonu ise istatistiki anlamda 0,05 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.61).

Çizelge 3.61. Bitki örtüsü sıcaklığına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Tekrarlama	2	5,17	2,58	3,80
Çeşit	4	147,69	36,92	54,36**
Hata-1	8	5,43	0,68	
Gamma Dozu	4	18,02	4,51	3,06*
Çeşit × Gamma Dozu	16	47,08	2,94	1,99*
Hata	40	58,90	1,47	

Genel	74	282,29	3,82
*: %5 düzeyinde önemli **: %1 düzeyinde önemli			CV: % 8,29

Çizelge 3.62. Bitki örtüsü sıcaklığına ilişkin ortalama değerler (°C) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	
Tekirdağ	22,5 e-h	23,17 e-h	22,67 e-h	24,17 b-e	23,33 d-h	23,17 b
Flamura 85	23,50 d-g	22,83 e-h	23,17 e-h	22,50 e-h	24,00 c-f	23,20 b
Sana	26,17 ab	27,00 a	27,00 a	26,00 abc	25,33 a-d	26,30 a
Renan	21,3 h ₁	22,00 f- ₁	22,33 e- ₁	23,17 e-h	24,33 b-e	22,63 b
Sagittario	21,67 gh ₁	20,33 ₁	22,00 f- ₁	24,0 c-f	24,33 b-e	22,47 b
Ortalama	23,03 b	23,07 b	23,43 ab	23,97 a	24,27 a	
EKÖF (P≤0,05)	Çeşit: 0,84	Gamma Dozu: 0,90		Çeşit × Gamma Dozu: 2,00		

Çizelge 3.62’den anlaşılabacağı gibi, ele alınan çeşitlerin ortalama bitki örtüsü sıcaklığı 22,47-26,30 °C arasında değişmiştir. En yüksek bitki örtüsü sıcaklığı 26,30 °C Sana çeşidinde belirlenmiş, bunu 23,20 °C Flamura-85 çeşidi izlemiştir. En düşük bitki örtüsü sıcaklığı ise Sagittario çeşidinden elde edilmiş, bunu 22,63 °C Renan çeşidi izlemiştir.

Gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama bitki örtüsü sıcaklığı değerleri 23,03-24,27 °C arasında değişmiştir (Çizelge 3.62). En yüksek bitki örtüsü sıcaklığı 400 Gy gamma ışını dozunda, en düşük ise 0 Gy gamma ışını dozunda saptanmıştır.

Çeşit × gamma dozu interaksyonunda, ortalama bitki örtüsü sıcaklığı değerleri 20,33-27,00 °C arasında değişmiştir (Çizelge 3.62). En yüksek bitki örtüsü sıcaklığı sana çeşidinin 100 Gy ve 200 Gy gamma ışını dozundan elde edilmiş, bunu 26,17 °C ile Sana çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük bitki örtüsü sıcaklığı ise 20,33 °C ile Sagittario çeşidinin 100 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 21,30 °C ile renan çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çalışmamızda bitki örtüsü sıcaklığı yönünden ele alınan çeşitlerin gamma dozu uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Gamma dozu artışlarından Sana çeşidi en az, Sagittario çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Bu durum, denemeye alınan çeşitlerin genotipik yapılarının farklı olmasının bir sonucu olabilir. Çalışmamızda, gamma ışını dozu artışının bitki örtüsü sıcaklığını önemli bir şekilde arttırdığı belirlenmiştir. Gamma dozu ortalamaları incelendiğinde bitki örtüsü sıcaklığının kontrol (0 Gy)

uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %0,17, 200 Gy uygulamasında %1,7, 300 Gy uygulamasında %4,1 ve 400 Gy uygulamasında %5,4 oranında arttığı belirlenmiştir.

3.3.8. Yaprak Su Kayıp Oranı

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama yaprak su kayıp oranına ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.62’de, ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.63’de verilmiştir.

Çizelge 3.63. Yaprak su kayıp oranına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Tekrarlama	2	5,76	2,88	
Çeşit	4	4449,56	1112,39	505,85**
Hata-1	8	17,59	2,20	
Gamma Dozu	4	158,40	39,60	14,36**
Çeşit × Gamma Dozu	16	257,43	16,09	5,83**
Hata	40	110,29	2,76	
Genel	74	4999,03	67,55	
*: %5 düzeyinde önemli **: %1 düzeyinde önemli				CV: %47,0

Yapılan varyans analizinde, yaprak su kayıp oranı yönünden; çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.63).

Çalışmamızda, ele alınan çeşitlerin ortalama yaprak su kayıp oranları %8,83-28,17 arasında değişmiştir (Çizelge 3.64). En yüksek yaprak su kayıp oranı %28,17 ile Tekirdağ çeşidinde belirlenmiş, bunu %24,43 Renan çeşidi izlemiştir. En düşük yaprak su kayıp oranı ise Sagittario çeşidinde elde edilmiş, bunu %9,92 Sana çeşidi izlemiştir.

Çizelge 3.64. Yaprak su kayıp oranına ilişkin ortalama değerler (%) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	
Tekirdağ	34,63 a	27,06 b	26,39 bc	26,19 bc	26,59 bc	28,17 a
Flamura 85	17,34 e	17,45 e	18,52 e	13,92 f	13,01 fg	16,05 c
Sana	12,07 fgh	10,55 ghı	9,36 hij	8,43ij	9,19 ij	9,92 d
Renan	24,19 cd	28,56 b	22,62 d	27,02 b	19,77e	24,43 b
Sagittario	8,71 ij	10,12 hı	9,83 hij	7,17 j	8,33 ij	8,83 d

Ortalama	19,39 a	18,75 a	17,34 b	16,55 bc	15,38 c
EKÖF_(P≤0,05)	Çeşit: 1,24	Gamma Dozu: 1,23	Çeşit × Gamma Dozu: 2,74		

Çizelge 3.64'den de anlaşılacağı gibi; gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama yaprak su kayıp oranı %15,38-19,39 arasında değişmiştir (Çizelge 3.64). En yüksek yaprak su kayıp oranı 0 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu %18,75 ile 100 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük yaprak su kayıp oranı ise 400 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu %16,55 ile 300 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çeşit × gamma dozu interaksiyonunda, ortalama yaprak su kayıp oranı %7,17-34,63 arasında değişmiştir (Çizelge 3.64). En yüksek yaprak su kayıp oranı Tekirdağ çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozunda elde edilmiş, bunu %28,56 ile Renan çeşidinin 100 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük yaprak su kayıp oranı ise %7,17 ile Sagittario 300 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş bunları %8,33 ile Sagittario çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Araştırmamızda yaprak su kayıp oranı yönünden ele alınan çeşitlerin gamma dozu uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Yaprak su oranı yönünden gamma ışını dozu uygulamasından en fazla Sagittario çeşidi, en az ise Tekirdağ çeşidi etkilenmiştir. Bu durum, denemeye alınan çeşitlerin genotipik yapılarının farklı olmasının bir sonucu olabilir. Çalışmamızda, gamma ışını dozu artışının yaprak su kayıp oranını önemli bir şekilde azalttığı belirlenmiştir. Gamma ışını dozu ortalamaları incelendiğinde, yaprak su kayıp oranının kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %3,3, 200 Gy uygulamasında %10,6, 300 Gy uygulamasında %14,6 ve 400 Gy uygulamasında %20,1 oranında azaldığı belirlenmiştir. Bu durum, gamma ışını dozu artışının yaprakların bağıl su içeriğini artırmasının bir sonucu olabilir.

3.3.9. Bağıl Su İçeriği

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama bağıl su içeriğine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.65'de, ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.66'da verilmiştir.

Çizelge 3.65. Bağıl su içeriğine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
-------------------	---------------------	-----------------	--------------------	------------------------

Tekrarlama	2	4,40	2,20	
Çeşit	4	166,50	41,62	24,87**
Hata-1	8	13,39	1,67	
Gamma Dozu	4	167,33	41,83	25,95**
Çeşit × Gamma Dozu	16	111,04	6,94	4,31**
Hata	40	64,47	1,61	
Genel	74	527,13	7,12	

*: %5 düzeyinde önemli **: %1 düzeyinde önemli

CV: %3,33

Yapılan varyans analizinde, bağıl su içeriği yönünden; çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.65).

Çizelge 3.66. Bağıl su içeriğine ilişkin ortalama değerler (%) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	
Tekirdağ	82,72 abc	79,96 efg	81,71 b-e	84,06 a	83,58 ab	82,41 a
Flamura 85	79,31 fgh	80,62 def	79,06 fgh	80,97 c-f	81,07 c-f	80,20 b
Sana	77,73 hij	76,85 ijk	75,54 k	82,47 a-d	80,94 c-f	78,71 c
Renan	76,03 jk	75,56 k	79,12 fgh	79,02 fgh	81,70 b-e	78,29 c
Sagittario	79,28 fgh	78,39 ghi	82,08 a-d	80,53 def	83,91 a	80,80 b
Ortalama	79,02 bc	78,28 c	79,50 b	81,41 a	82,24 a	
EKÖF (P≤0,05)	Çeşit: 1,09	Gamma Dozu: 0,94	Çeşit × Gamma Dozu: 2,09			

Ele alınan çeşitlerin ortalama bağıl su içeriği %78,29-82,41 arasında değişmiştir. En yüksek bağıl su içeriği %82,41 Tekirdağ çeşidinde bulunmuş, bunu %80,8 Sagittario çeşidi izlemiştir. En düşük bağıl su içeriği ise Renan çeşidinden elde edilmiş, bunu %78,71 Sana çeşidi izlemiştir (Çizelge 3.66).

Araştırmamızda gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama bağıl su içeriği değerleri %78,28-82,24 arasında değişmiştir (Çizelge 3.66). En yüksek bağıl su içeriği 400 Gy gamma ışını dozunda, en düşük ise 100 Gy gamma ışını dozunda saptanmıştır.

Çeşit × gamma dozu interaksyonunda, ortalama bağıl su içeriği değerlerinin %75,54-84,06 arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 3.66). En yüksek bağıl su içeriği Tekirdağ çeşidinin 300 Gy gamma ışını dozunda elde edilmiş, bunu %83,58 ile aynı çeşidin 400 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük bağıl su içeriği ise Sana çeşidinin 200 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu %75,56 ile Renan çeşidinin 100 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Araştırmamızda bağıl su içeriği yönünden ele alınan çeşitlerin gamma dozu uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Gamma ışını dozu artışlarından Tekirdağ çeşidi en az, Renan ve Sana çeşitleri ise en fazla etkilenen çeşitler olmuştur. Bu durum, denemeye alınan çeşitlerin genotipik yapılarının farklı olmasının bir sonucu olabilir. Çalışmamızda, gamma dozu artışının bağıl su içeriğini önemli bir şekilde arttırdığı belirlenmiştir. Gamma ışını dozu ortalamaları incelendiğinde, bağıl su içeriğinin kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %0,9 oranında azaldığı, buna karşılık 200 Gy uygulamasında %0,6, 300 Gy uygulamasında %3,02 ve 400 Gy uygulamasında %4,1 oranında arttığı belirlenmiştir. Sonuçlarımız, buğdayda düşük dozda uygulanan gamma ışınlarının bağıl su içeriğini azalttığını, yüksek gamma ışını dozlarının ise bağıl su içeriğini artırdığını belirleyen Abou-Zeid ve Abdel-Latif (2014)'in bulgularıyla uyum içindedir.

3.3.10. Stoma Sayısı

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama stoma sayısına ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.67'de, ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.68'de verilmiştir.

Yapılan varyans analizinde, stoma sayısı yönünden; çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.67).

Çizelge 3.68'den de görüldüğü gibi, ele alınan çeşitlerin ortalama stoma sayıları 7-10,33 adet arasında değişmiştir. En yüksek stoma sayısı 10,33 adet ile Renan çeşidinde sayılmış, bunu 8,27 adet ile Tekirdağ çeşidi izlemiştir. En düşük stoma sayısı ise Sagittario çeşidinde belirlenmiş, bunu 8,07 adet ile Sana çeşidi izlemiştir.

Çizelge 3.67. Stoma sayısına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Tekrarlama	2	0,83	0,41	
Çeşit	4	91,01	22,75	44,32**
Hata-1	8	4,11	0,51	
Gamma Dozu	4	20,88	5,22	7,18**
Çeşit × Gamma Dozu	16	72,05	4,50	6,20**
Hata	40	29,07	0,73	

Genel	74	217,95	2,94
*: %5 düzeyinde önemli, **: %1 düzeyinde önemli			CV: %20,66

Çizelge 3.68. Stoma sayısına ilişkin ortalama değerler (adet) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	
Tekirdağ	8,33 c-g	8,00 d-h	8,33 c-g	7,33 f-ı	9,33cd	8,27 b
Flamura 85	8,00 d-h	5,33 j	8,67 c-f	8,67 c-f	8,67 c-f	7,8 b
Sana	9,00 cde	6,00 ij	7,67 e-h	8,33 c-g	9,33 cd	8,07 b
Renan	9,67 bc	11,00 b	13,00 a	9,00 cde	9,00 cde	10,33 a
Sagittario	6,00 ij	7,00 ghı	7,67 e-h	7,67 e-h	6,67 hij	7,00 c
Ortalama	8,20 b	7,47 c	9,07 a	8,20 b	8,60 ab	
EKÖF (P≤0,05)	Çeşit: 0,571	Gamma Dozu: 7,47	Çeşit × Gamma Dozu: 1,41			

Denememizde, gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama stoma sayısı değerleri 7,47-9,07 adet arasında değişmiştir (Çizelge 3.68). En yüksek stoma sayısı 200 Gy gamma ışını dozlarında belirlenmiş, bunu 8,60 adet ile 400 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük stoma sayısı ise 100 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 8,20 adet ile 0 Gy ve 300 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çeşit × gamma dozu interaksiyonunda, ortalama stoma sayısı değerleri 5,33-13,00 adet arasında değişmiştir (Çizelge 3.68). En yüksek stoma sayısı Renan çeşidinin 200 Gy gamma ışını dozunda sayılmış, bunu 11,00 adet ile aynı çeşidin 100 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük stoma sayısı ise 5,33 adet ile Flamura-85 çeşidinin 100 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 6,00 adet ile Sana çeşidinin 100 Gy ve Sagittario çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozları izlemiştir.

Araştırmamızda, stoma sayısı yönünden ele alınan çeşitlerin gamma ışını dozu uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Gamma ışını dozu artışlarından stoma sayısı yönünden en az Renan çeşidi, en fazla ise Sagittario çeşidi etkilenmiştir. Bu durum, denemeye alınan çeşitlerin genotipik yapılarının farklı olmasının bir sonucu olabilir. Sonuçlarımız, stoma sayısı bakımından buğday genotiplerinin gamma ışını dozlarına tepkilerinin farklı olduğunu belirleyen Öztürk vd. (2020)'nin sonuçlarıyla uyum içindedir. Çalışmamızda, gamma ışını dozu artışının stoma sayısında önemli bir şekilde etkilediği belirlenmiştir. Gamma ışını dozu ortalamaları incelendiğinde, stoma sayısının kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %8,9 oranında azaldığı, buna karşılık 200 Gy

uygulamasında %10,6 oranında arttığı, 300 Gy uygulamasında önemli bir şekilde değişmediği ve 400 Gy uygulamasında %4,9 oranında stoma sayısının arttığı belirlenmiştir. Bulgularımız, Öztürk vd. (2020)'nin bulgularıyla benzerlik göstermiştir.

3.3.11. Stoma Eni

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama stoma enine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.69'da, ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.70'de verilmiştir.

Çizelge 3.69. Stoma enine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Tekrarlama	2	12,36	6,18	
Çeşit	4	504,44	126,11	24,53**
Hata-1	8	41,13	5,14	
Gamma Dozu	4	148,72	37,18	11,03**
Çeşit × Gamma Dozu	16	880,55	55,03	16,33**
Hata	40	134,81	3,37	
Genel	74	1722,00	23,27	
*: %5 düzeyinde önemli **: %1 düzeyinde önemli				CV: % 22,21

Yapılan varyans analizinde, stoma eni yönünden çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.69).

Araştırmamızda, denemeye alınan çeşitlerin ortalama stoma eni 16,80-24,27 µ arasında değişmiştir. En yüksek stoma eni 16,80 µ ile Tekirdağ çeşidinde ölçülmüş, bunu 23,15 µ ile Flamura-85 çeşidi izlemiştir. En düşük stoma eni ise Sagittario çeşidinden elde edilmiştir (Çizelge 3.70).

Çizelge 3.70. Stoma enine ilişkin ortalama değerler (µ) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	
Tekirdağ	18,67 hij	31,7 a	23,03 def	23,65 cde	24,28 cde	24,27 a
Flamura 85	28,01 b	24,28 cde	26,15 bc	19,29 ghi	18,05 hij	23,15 ab
Sana	16,18 jk	23,03 def	19,29 ghi	24,90 cd	24,90 cd	21,66 b
Renan	20,54 fgh	24,90 cd	23,03 def	16,80 ij	28,01 b	22,66 ab
Sagittario	13,69 k	13,69 k	16,18 jk	21,79 efg	18,67 hij	16,80 c

Ortalama	19,42 c	23,53 a	21,54 ab	21,29 b	22,78 ab
EKÖF_(P≤0,05)	Çeşit: 1,88	Gamma Dozu: 1,36	Çeşit × Gamma Dozu: 3,03		

Çizelge 3.70'ten, gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama stoma eni değerlerinin 19,42-23,53 µ arasında değiştiği anlaşılmaktadır. En yüksek stoma eni 100 Gy gamma ışını dozunda, en düşük ise 0 Gy gamma ışını dozunda ölçülmüştür.

Çeşit × gamma dozu interaksiyonunda, ortalama stoma eni 13,69-31,75 µ arasında değişmiştir (Çizelge 3.70). En yüksek stoma eni Tekirdağ çeşidinin 100 Gy gamma ışını dozunda elde edilmiş, bunu 28,01 µ ile Flamura-85 çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük stoma eni ise 13,69 µ ile Sagittario çeşidinin 0 Gy ve 100 Gy gamma ışını dozlarında belirlenmiş, bunu 16,18 µ ile Sana çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Araştırmamızda stoma eni yönünden ele alınan çeşitlerin gamma dozu uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Gamma ışını dozu artışlarından Tekirdağ çeşidi en az, Sagittario çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Bu durum, denemeye alınan çeşitlerin genotipik yapılarının farklı olmasının bir sonucu olabilir. Çalışmamızda, gamma ışını dozu ortalamaları incelendiğinde stoma eninin kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %21,2, 200 Gy uygulamasında %10,09, 300 Gy uygulamasında %9,62 ve 400 Gy uygulamasında %17,30 oranında arttığı belirlenmiştir. Bu durum, gamma ışını dozlarının stoma eni özelliğini önemli bir şekilde etkilemesinin bir sonucu olabilir.

3.3.12. Stoma Boyu

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama stoma boyuna ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.71'de, ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.72'de verilmiştir.

Çizelge 3.71. Stoma boyuna ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Tekrarlama	2	0,83	0,42	
Çeşit	4	2103,54	525,88	345,39**
Hata-1	8	12,18	1,52	
Gamma Dozu	4	783,26	195,82	27,51**

Çeşit × Gamma Dozu	16	1387,53	86,72	12,18**
Hata	40	284,71	7,12	
Genel	74	4572,06	61,78	
*: % 5 düzeyinde önemli **: % 1 düzeyinde önemli				CV: %18,72

Yapılan varyans analizinde, stoma boyu yönünden; çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.71).

Çizelge 3.72. Stoma boyuna ilişkin ortalama değerler (μ) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	
Tekirdağ	46,07 cde	44,20 d-g	43,57 efg	51,67 ab	46,69 cde	46,44 a
Flamura 85	38,59 h	36,73 h	45,44 c-f	46,07 cde	40,46 gh	41,46 c
Sana	44,21 d-g	47,31 b-e	48,56 a-d	45,44 c-f	49,18 abc	46,94 a
Renan	44,82 c-g	37,97 h	41,08 fgh	37,97 h	52,29 a	42,83 b
Sagittario	24,90 ı	23,66 ı	24,9 ı	44,20 d-g	43,57 efg	32,24 d
Ortalama	39,72 bc	37,97 c	40,71 b	45,07 a	46,44 a	
EKÖF_(P≤0,05)	Çeşit: 0,93	Gamma Dozu: 1,97	Çeşit × Gamma Dozu: 4,41			

Denememizde ele alınan çeşitlerin ortalama stoma boyları 32,24-46,94 μ arasında değişmiştir. En yüksek stoma boyu 46,94 μ ile Sana çeşidinde ölçülmüş, bunu 46,44 μ ile aynı istatistiki grupta yer alan Tekirdağ çeşidi izlemiştir. En düşük stoma boyu ise Sagittario çeşidinde elde edilmiş, bunu 41,46 μ ile Flamura-85 çeşidi izlemiştir (Çizelge 3.72).

Çizelge 3.72’de verilen gamma ışını dozlarından elde edilen ortalama stoma boyu değerleri 37,72-46,44 μ arasında değişmiştir. En yüksek stoma boyu 400 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 45,07 μ ile 300 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük stoma boyu ise 100 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 39,72 μ ile 0 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çeşit × gamma dozu interaksyonunda, ortalama stoma boyu değerleri 23,66-52,29 μ arasında değişmiştir (Çizelge 3.72). En yüksek stoma boyu Renan çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozundan elde edilmiş, bunu 51,67 μ ile Tekirdağ çeşidinin 300 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük stoma boyu ise 23,66 μ ile Sagittario çeşidinin 100 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş bunu 24,90 μ ile Sagittario çeşidinin 0 Gy ve 200 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çalışmamızda stoma boyu yönünden ele alınan çeşitlerin gamma ışını dozu uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Gamma ışını dozu artışlarından Sana ve Tekirdağ çeşitleri en az, Sagittario çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Bu durum, denemeye alınan çeşitlerin genotipik yapılarının farklı olmasının bir sonucu olabilir. Denememizde, gamma ışını dozu ortalamaları incelendiğinde stoma boyunun kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %4,4 oranında azaldığı, buna karşılık 200 Gy uygulamasında %2,5, 300 Gy uygulamasında %13,5 ve 400 Gy uygulamasında %16,9 oranında arttığı belirlenmiştir.

3.3.13. Süperoksit Dismutaz (SOD) Aktivitesi

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama SOD aktivitesine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.73'te, ortalama değerler ve önemlilik grupları Çizelge 3.74'de verilmiştir.

Yapılan varyans analizinde, SOD aktivitesi yönünden; çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.73).

Çizelge 3.73. SOD aktivitesine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Tekrarlama	2	9,34	4,67	
Çeşit	4	8319,45	2079,86	762,94**
Hata-1	8	21,81	2,73	
Gamma Dozu	4	2423,39	605,85	147,77**
Çeşit × Gamma Dozu	16	14213,03	888,31	216,67**
Hata	40	163,99	4,10	
Genel	74	25151,01	339,88	

*: % 5 düzeyinde önemli **: % 1 düzeyinde önemli

CV: % 3,91

Çizelge 3.74. SOD aktivitesine ilişkin ortalama değerler (U mg⁻¹) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	
Tekirdağ	42,29 k	37,27 l	35,29 lm	79,84 c	85,58 b	56,05 b
Flamura 85	96,60 a	62,88 e	54,68 fg	47,44 ij	81,54 c	68,63 a
Sana	48,84 hı	52,16 gh	56,79 f	33,23 mn	56,81 f	49,57 c
Renan	33,35 mn	37,89 l	43,32 k	36,12 lm	31,55 n	36,45 d
Sagittario	55,45 fg	35,22 lm	72,42 d	33,02 mn	45,12 jk	48,25 c
Ortalama	55,31 b	45,08 d	52,50 c	45,93 d	60,12 a	
EKÖF_(P≤0,05)	Çeşit: 1,44	Gamma Dozu: 1,49		Çeşit × Gamma Dozu: 3,34		

İncelenen çeşitlerin ortalama SOD aktivitesi değerleri 36,45 ila 68,63 U mg⁻¹ arasında değişkenlik göstermiştir. En yüksek SOD aktivitesi 68,63 U mg⁻¹ ile Flamura-85 çeşidinde belirlenmiş, bunu 56,05 U mg⁻¹ ile Tekirdağ çeşidi izlemiştir. En düşük SOD aktivitesi ise Renan çeşidinden elde edilmiş, bunu 48,28 U mg⁻¹ ile Sagittario çeşidi izlemiştir (Çizelge 3.74).

Araştırmamızda, gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama SOD aktivitesi değerleri 45,08-60,12 U mg⁻¹ arasında değişmiştir (Çizelge 3.74). En yüksek süperoksit SOD 400 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 55,31 U mg⁻¹ ile 0 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük SOD aktivitesi ise 100 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 45,93 U mg⁻¹ ile 300 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çeşit × gamma dozu interaksiyonunda, ortalama SOD aktivitesi 31,55-96,60 U mg⁻¹ arasında değişmiştir (Çizelge 3.74). En yüksek SOD aktivitesi Flamura-85 çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozunda elde edilmiş, bunu 85,58 U mg⁻¹ ile Tekirdağ çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük SOD ise 31,55 U mg⁻¹ ile Renan çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş bunu 33,02 U mg⁻¹ ile Sagittario çeşidinin 300 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Araştırmamızda SOD aktivitesi içeriği yönünden ele alınan çeşitlerin gamma ışını dozu uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Gamma ışını dozu artışlarından Flamura-85 çeşidi en az, Renan çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Bu durum, denemeye alınan çeşitlerin genotipik yapılarının farklı olmasının bir sonucu olabilir. Çalışmamızda, gamma ışını dozu ortalamaları incelendiğinde SOD aktivitesinin kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %18,5 oranında, 200 Gy uygulamasında %5,1

ve 300 Gy uygulamasında %17 oranında azaldığı, buna karşılık 400 Gy uygulamasında %8,7 oranında arttığı belirlenmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlar, yaptıkları çalışmalarda gamma ışını dozu artışının SOD aktivitesini arttırdığını belirleyen Abou-Zeid ve Abdel-Latif (2014) ve Hong vd. (2022)'nin bulgularıyla benzerlik göstermiştir.

3.3.14. Peroksidaz (POX) Aktivitesi

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama POX aktivitesine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.75'te, ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.76'da verilmiştir.

Çizelge 3.75. POX aktivitesine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Tekrarlama	2	9,58	4,7911	1,86
Çeşit	4	2862,10	715,5271	278,80**
Hata-1	8	20,53	2,56	
Gamma Dozu	4	654,32	163,58	65,81**
Çeşit × Gamma Dozu	16	3472,40	217,02	87,31**
Hata	40	99,42	2,48	
Genel	74	7118,36	96,19	

*: %5 düzeyinde önemli **: %1 düzeyinde önemli

CV: %10,90

Yapılan varyans analizinde, POX aktivitesi yönünden; çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.75).

Çizelge 3.76. POX aktivitesine ilişkin ortalama değerler (U mg⁻¹) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	
Tekirdağ	9,54 h ₁	9,99 h	10,84 gh	6,49 ij	5,59 jk	8,49 c
Flamura 85	27,74 b	27,74 b	19,20 cd	13,95 fg	26,38 b	23,00 a
Sana	2,38 kl	17,97 cde	38,12 a	13,88 fg	17,32 c-f	17,94 b
Renan	0,14 l	16,02 def	20,36 c	18,07 cde	27,98 b	16,51 b
Sagittario	15,56 ef	5,73 jk	5,45 jk	3,57 jkl	1,39 l	6,34 d
Ortalama	11,07 c	15,49 b	18,79 a	11,19 c	11,07 c	

Çalışmamızda, ele alınan çeşitlerin ortalama POX aktivitesi 6,34-23,00 U mg⁻¹ arasında değişmiştir (Çizelge 3.76). En yüksek POX aktivitesi 23,00 U mg⁻¹ ile Flamura-85 çeşidinde belirlenmiş, bunu 17,94 U mg⁻¹ Sana çeşidinin izlemiştir. En düşük POX aktivitesi ise Sagittario çeşidinden elde edilmiş, bunu Tekirdağ çeşidi izlemiştir.

Gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama POX aktivitesi 11,07-18,79 U mg⁻¹ arasında değişmektedir (Çizelge 3.76). En yüksek POX aktivitesi 200 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 15,49 U mg⁻¹ ile 100 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük POX aktivitesi ise aynı değere sahip 0 ve 400 Gy gamma ışını dozlarında belirlenmiş, bunları 11,19 U mg⁻¹ ile 300 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çeşit × gamma dozu interaksiyonunda, ortalama POX aktivitesinin 0,14-38,12 U mg⁻¹ arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 3.76). En yüksek POX aktivitesi Sana çeşidinin 200 Gy gamma ışını dozundan elde edilmiş, bunu 27,98 U mg⁻¹ ile Renan çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük POX aktivitesi ise 0,14 U mg⁻¹ ile Renan çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 1,39 U mg⁻¹ ile Sagittario çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Araştırmamızda POX aktivitesi içeriği yönünden ele alınan çeşitlerin gamma dozu uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Gamma ışını dozu artışlarından Flamura-85 çeşidi en az, Sagittario çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Bu durum, denemeye alınan çeşitlerin genotipik yapılarının farklı olmasının bir sonucu olabilir. Çalışmamızda, gamma ışını dozu artışının POX aktivitesini önemli bir şekilde etkilediği belirlenmiştir. Gamma ışını dozu ortalamaları incelendiğinde, POX aktivitesinin kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %28,53 oranında, 200 Gy uygulamasında %41,1 oranında ve 300 Gy uygulamasında %1,1 oranında arttığı, buna karşılık 400 Gy uygulamasının POX aktivitesini önemli bir şekilde etkilemediği tespit edilmiştir. Sonuçlarımız, yaptıkları çalışmalarda gamma ışını dozu artışının POX aktivitesi artışa neden olduğunu belirleyen Borzouei vd. (2013), Abou-Zeid ve Abdel-Latif (2014), Kiani vd. (2022) ve Hong vd. (2022)'nin sonuçlarıyla uyum içindedir.

3.3.15. Lipit Peroksidasyonu Miktarı

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama lipit peroksidasyonu miktarına ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.77’de, ortalama değerler ve önemlilik grupları Çizelge 3.78’de verilmiştir.

Çizelge 3.77. Lipit peroksidasyonu miktarına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Tekrarlama	2	0,08	0,038	
Çeşit	4	135,98	33,99	1613,09**
Hata-1	8	0,17	0,02	
Gamma Dozu	4	46,13	11,53	223,47**
Çeşit × Gamma Dozu	16	178,61	11,16	216,32**
Hata	40	2,06	0,05	
Genel	74	363,02	4,91	

*: % 5 düzeyinde önemli **: % 1 düzeyinde önemli

CV: %1,56

Yapılan varyans analizinde, MDA miktarı yönünden, çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.77).

Çalışmamızda, ele alınan çeşitlerin ortalama lipit peroksidasyon miktarı 12,81-16,24 nmol g yaş ağırlık⁻¹ arasında değişmiştir. En yüksek lipit peroksidasyon miktarı 16,24 nmol g yaş ağırlık⁻¹ ile Renan çeşidinde belirlenmiş, bunu 15,42 nmol g yaş ağırlık⁻¹ ile Sana çeşidi izlemiştir. En düşük lipit peroksidasyon miktarı ise Tekirdağ çeşidinde elde edilmiş, bunu 12,94 nmol g yaş ağırlık⁻¹ ile Flamura-85 çeşidi izlemiştir.

Çizelge 3.78. Lipit peroksidasyonu miktarına ilişkin ortalama değerler (nmol g yaş ağırlık⁻¹) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	
Tekirdağ	11,18 l	13,54 ı	12,77 j	15,63 de	10,95 lm	12,81 d
Flamura 85	10,67 m	10,75 m	14,97 f	12,50 j	15,80 d	12,94 d

Sana	16,56 c	12,73 j	17,94 a	14,47 gh	15,37 e	15,42 b
Renan	17,4 b	16,54 c	15,47 de	14,25 h	17,54 b	16,24 a
Sagittario	14,99 f	13,75 ı	16,81 c	11,61 k	14,74 fg	14,38 c
Ortalama	14,16 c	13,46 e	15,59 a	13,69 d	14,88 b	
EKÖF_(P≤0,05)	Çeşit: 0,13	Gamma Dozu: 0,17	Çeşit × Gamma Dozu: 0,38			

Araştırmamızda anlaşılabileceği gibi gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama lipit peroksidasyon miktarı 13,46-15,59 nmol g yaş ağırlık⁻¹ arasında değişmiştir. En yüksek lipit peroksidasyon miktarı 200 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 14,88 nmol g yaş ağırlık⁻¹ ile 400 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük lipit peroksidasyon miktarı ise 100 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 13,69 nmol g yaş ağırlık⁻¹ ile 300 Gy gamma ışını dozu izlemiştir (Çizelge 3.78).

Çeşit × gamma dozu interaksiyonunda, ortalama lipit peroksidasyon miktarı ise 10,67-17,94 nmol g yaş ağırlık⁻¹ arasında değişmiştir (Çizelge 3.78). En yüksek lipit peroksidasyon Sana çeşidinin 200 Gy gamma ışını dozunda elde edilmiş, bunu 17,54 nmol g yaş ağırlık⁻¹ ile Renan çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük lipit peroksidasyon miktarı ise 10,67 nmol g yaş ağırlık⁻¹ ile Flamura-85 çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 10,75 nmol g yaş ağırlık⁻¹ ile Flamura-85 çeşidinin 100 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Araştırmamızda lipit peroksidasyon miktarı yönünden ele alınan çeşitlerin gamma ışını dozu uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Gamma ışını dozu artışlarından Renan çeşidi en az, Tekirdağ çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Bu durum, denemeye alınan çeşitlerin genotipik yapılarının farklı olmasının bir sonucu olabilir. Çalışmamızda, gamma ışını dozu artışının lipit peroksidasyon miktarını önemli bir şekilde etkilediği belirlenmiştir. Gamma ışını dozu ortalamaları incelendiğinde, lipit peroksidasyon miktarının kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %4,9 oranında azaldığı, 200 Gy uygulamasında %10,1 oranında arttığı, 300 Gy uygulamasında %3,3 oranında azaldığı ve 400 Gy uygulamasında %5,1 oranında arttığı belirlenmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlar, yaptıkları çalışmalarda gamma ışını dozu artışının lipit peroksidasyon miktarını artırdığını belirleyen Borzouei vd. (2013)'nin bulgularıyla benzerlik göstermiştir.

3.3.16. Bitki Boyu

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama bitki boyuna ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.79’da, ortalama değerler ve önemlilik grupları Çizelge 3.80’de verilmiştir.

Çizelge 3.79. Bitki boyuna ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Tekrarlama	2	15,80	7,99	1,71
Çeşit	4	2674,01	668,50	144,38**
Hata-1	8	37,04	4,63	
Gamma Dozu	4	6514,79	1628,70	381,56**
Çeşit × Gamma Dozu	16	728,61	45,54	10,67**
Hata	40	170,74	4,27	
Genel	74	10141,00	137,04	

*: % 5 düzeyinde önemli **: % 1 düzeyinde önemli

CV: %16,12

Yapılan varyans analizinde, bitki boyu yönünden; çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.79).

Çizelge 3.80. Bitki boyuna ilişkin ortalama değerler (cm) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	
Tekirdağ	82,54 bcd	84,53 b	76,06 fg	67,08 ı	55,22 k	73,09 b
Flamura 85	89,02 a	81,07 cde	79,42 def	71,79 h	65,91 ı	77,44 a
Sana	80,04 de	78,58 ef	73,69 gh	70,81 h	62,24 j	73,07 b
Renan	91,21 a	84,21 bc	76,47 fg	72,09 h	66,18 ı	78,03 a
Sagittario	73,64 gh	73,47 gh	66,71 ı	55,70 k	37,61 l	61,42 c
Ortalama	83,29 a	80,37 b	74,47 c	67,49 d	57,43 e	
EKÖF(P≤0,05)	Çeşit: 1,87	Gamma Dozu: 1,53		Çeşit × Gamma Dozu: 3,41		

Araştırmamızda, ele alınan çeşitlerin ortalama bitki boyları 61,42-78,03 cm arasında değişmiştir (Çizelge 3.80). En uzun bitki boyu 78,03 cm Renan çeşidinde ölçülmüş, bunu 77,44 cm ile aynı istatistiki grupta yer alan Flamura-85 çeşidi izlemiştir. En kısa bitki boyu ise Sagittario çeşidinden elde edilmiş, bunu 73,07 cm ile Sana çeşidi izlemiştir.

Çizelge 3.80'den, gamma ışını dozlarında ölçülen ortalama bitki boyu değerlerinin 57,43-83,29 cm arasında değiştiği anlaşılmaktadır. En yüksek bitki boyu değeri 0 Gy gamma ışını dozunda ölçülmüş, bunu 80,37 cm ile 100 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük bitki boyu değeri ise 400 Gy gamma ışını dozunda saptanmış, bunu 67,49 cm ile 300 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çeşit × gamma dozu interaksiyonunda, ortalama bitki boyu ise 37,61-91,21 cm arasında değişmiştir (Çizelge 3.80). En uzun bitki boyu Renan çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozundan elde edilmiş, bunu 84,21 cm ile Renan çeşidinin 100 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En kısa bitki boyu ise 37,61 cm ile Sagittario çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozunda ölçülmüş, bunu 55,22 cm ile Tekirdağ çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Araştırmamızda bitki boyu yönünden ele alınan çeşitlerin gamma dozu uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Gamma ışını dozu artışlarından Renan çeşidi en az, Sagittario çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Bu durum, denemeye alınan çeşitlerin genotipik yapılarının farklı olmasının bir sonucu olabilir. Bulgularımız, bitki boyu bakımından buğday çeşitlerinin gamma ışını dozlarına tepkilerinin farklı olduğunu belirleyen Irfaq ve Nawab (2001)'in bulgularıyla uyum içindedir. Çalışmamızda, gamma ışını dozu ortalamaları incelendiğinde, bitki boyunun kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %3,5, 200 Gy uygulamasında %10,9, 300 Gy uygulamasında %19 ve 400 Gy uygulamasında %31 oranında kısaldığı belirlenmiştir. Bu durum, gamma ışınlarının genetik düzeyde büyüme hormonlarını olumsuz etkilemesinden kaynaklanmış olabilir (Singh ve Datta (2010a). Sonuçlarımız, yaptıkları çalışmalarda gamma ışını dozu artışının buğdayda bitki boyunu önemli bir şekilde kısalttığını belirleyen Gandapore vd. (1999), Irfaq ve Nawab (2001), Din ve Ahmad (2004), Başer vd. (2007), Singh ve Datta (2010a), Khah ve Verma (2015), Ahmed vd. (2017), Balkan vd. (2019), Ahumada-Flores vd. (2021) ve Gad vd. (2023)'nin sonuçlarıyla benzerlik göstermiştir.

3.3.17. Başak Uzunluğu

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama başak uzunluğuna ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.81'de, ortalama değerler ve önemlilik grupları Çizelge 3.82'de verilmiştir.

Çizelge 3.81. Başak uzunluğuna ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Tekrarlama	2	0,44	0,22	
Çeşit	4	7,96	1,99	8,63**
Hata-1	8	1,85	0,23	
Gamma Dozu	4	25,34	6,33	20,68**
Çeşit × Gamma Dozu	16	21,58	1,35	4,40**
Hata	40	12,25	0,31	
Genel	74	69,42	0,94	

*: % 5 düzeyinde önemli **: % 1 düzeyinde önemli

CV: %10,14

Yapılan varyans analizinde, başak uzunluğu yönünden; çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.81).

Çizelge 3.82. Başak uzunluğuna ilişkin ortalama değerler (cm) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	
Tekirdağ	9,69 cde	9,99 abc	10,04 bc	9,52 cde	8,02 g	9,45 b
Flamura 85	10,42 abc	10,16 abc	10,24 abc	9,05 def	8,48 fg	9,67 ab
Sana	10,00 abc	10,20 abc	9,87 a-d	9,76 b-e	8,90 efg	9,75 ab
Renan	10,66 ab	9,62 cde	9,62 cde	8,86 efg	10,70 a	9,89 a
Sagittario	10,11 abc	9,67 cde	9,55 cde	8,52 fg	6,93 h	8,96 c
Ortalama	10,18 a	9,93 a	9,87 a	9,14 b	8,61 c	
EKÖF(P≤0,05)	Çeşit: 039	Gamma Dozu: 0,41		Çeşit × Gamma Dozu: 0,92		

Çizelge 3.82’den de anlaşılacağı gibi, ele alınan çeşitlerin ortalama başak uzunlukları 8,96-9,89 cm arasında değişmiştir. En yüksek başak uzunluğu 9,89 cm ile Renan çeşidinde belirlenmiş, bunu 9,75 cm ile aynı istatistiki grupta yer alan Sana çeşidi izlemiştir. En düşük başak uzunluğu ise Sagittario çeşidinden elde edilmiş, bunu 9,45 cm ile Tekirdağ çeşidi izlemiştir.

Araştırmamızda, gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama başak uzunluğu değerleri 8,61-10,18 cm arasında değişmiştir (Çizelge 3.82). En yüksek başak uzunluğu 0 Gy gamma ışını dozunda ölçülmüş, bunu 9,93 cm ile aynı istatistiki grupta yer alan 100 Gy ve 9,87 cm ile 200 Gy gamma ışını dozları izlemiştir. En düşük başak uzunluğu ise 400 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 9,14 cm ile 300 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çeşit × gamma dozu interaksiyonunda, ortalama başak uzunluğu ise 8,52-10,70 cm arasında değişmiştir (Çizelge 3.82). En yüksek başak uzunluğu Renan çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozunda ölçülmüş, bunu 10,66 cm ile aynı çeşidin 0 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük başak uzunluğu ise 6,93 cm ile Sagittario çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 8,02 cm ile Tekirdağ çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Araştırmamızda, başak uzunluğu bakımından gamma ışını dozu artışlarından Renan çeşidi en az, Sagittario çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Bu durum, başak uzunluğu yönünden ele alınan çeşitlerin gamma ışını dozu uygulamalarına tepkilerinin farklı olmasından kaynaklanmış olabilir. Sonuçlarımız, gamma ışını dozu artışının buğdayda başak uzunluğunu bazı çeşitlerde artırdığını, bazı çeşitlerde ise azalttığını belirleyen Ahmed vd. (2017)'nin bulgularıyla benzerlik göstermiştir. Çalışmamızda, gamma ışını dozu artışının başak uzunluğunu önemli bir şekilde etkilediği (Shabani vd., 2022) ve başak uzunluğunun kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %2,46 ve 200 Gy uygulamasında %3,14 azaldığı, ancak bu azalmanın istatistiki olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. Bulgularımıza benzer olarak, Balkan vd. (2019) gamma ışını uygulamalarının buğdayda başak uzunluğunu üzerine etkilerinin istatistiki olarak önemli olmadığını bildirmişlerdir. Araştırmamızda ayrıca, başak uzunluğunun 300 Gy uygulamasında %10,22 ve 400 Gy uygulamasında %15,4 oranında istatistiki anlamda önemli bir şekilde azaldığı saptanmıştır. Bulgularımıza benzer olarak, Başer vd. (2007) buğdayda başak uzunluğu bakımından en uygun gamma ışını dozunun 300 Gy olduğunu belirlemişlerdir. Bulgularımız ayrıca, yaptıkları çalışmalarda gamma ışını dozu artışının başak uzunluğunda önemli bir şekilde azalmaya neden olduğunu saptayan Khah ve Verma (2015) ve Khan vd. (2020)'nin bulgularıyla uyum içindedir. Bulgularımızdan farklı olarak, Gad vd. (2023) gamma ışını dozu artışının buğdayda başak uzunluğunu artırdığını belirlemiştir. Bu farklılık, çalışmalarda kullanılan çeşitlerin gamma ışının uygulamalarına olan tepkilerinin farklı olmasından kaynaklanmış olabilir.

3.3.18. Başakçık Sayısı

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama başakçık sayısına ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.83'te ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.84'de verilmiştir.

Çizelge 3.83. Başakçık sayısına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Tekrarlama	2	0,69	0,34	
Çeşit	4	63,89	15,97	34,09**
Hata-1	8	3,75	0,47	
Gamma Dozu	4	153,66	38,41	83,47**
Çeşit × Gamma Dozu	16	50,16	3,13	6,81**
Hata	40	18,41	0,46	
Genel	74	290,55	3,93	

*: % 5 düzeyinde önemli **: % 1 düzeyinde önemli

CV: %9,71

Yapılan varyans analizinde, başakçık sayısı yönünden; çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.83).

Çizelge 3.84. Başakçık sayısına ilişkin ortalama değerler (adet) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	
Tekirdağ	22,20 bc	22,30 bc	22,00 bcd	20,17 f-1	17,00 l	20,73 b
Flamura 85	20,60 e-h	20,63 e-h	21,00 d-g	19,90 gh1	18,10 kl	20,05 c
Sana	22,40 b	24,07 a	22,33 b	21,97 bcd	19,43 ij	22,04 a
Renan	21,43 b-e	19,64 h1	19,63 h1	18,40 jk	19,31 ij	19,69 cd
Sagittario	21,43 b-e	20,90 d-g	21,20 c-f	18,50 jk	15,43 m	19,49 d
Ortalama	21,61 a	21,51 a	21,23 a	19,79 b	17,86 c	
EKÖF(P≤0,05)	Çeşit: 0,54	Gamma Dozu: 0,50	Çeşit × Gamma Dozu: 1,12			

Çalışmamızda, denemeye alınan çeşitlerin ortalama başakçık sayısı değerleri 19,49-22,04 adet arasında değişmiştir (Çizelge 3.84). En yüksek başakçık sayısı 22,04 adet ile Sana çeşidinde belirlenmiş, bunu 20,73 adet ile Tekirdağ çeşidi izlemiştir. En düşük başak uzunluğu ise Sagittario çeşidinden elde edilmiş, bunu 19,69 adet ile aynı istatistiki grupta yer alan Renan çeşidi izlemiştir.

Çizelge 3.84'den, gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama başakçık sayısının 17,86-21,61 adet arasında değiştiği anlaşılmaktadır. En yüksek başakçık sayısı 0 Gy gamma

ışını dozunda belirlenmiş, bunu 21,51 adet ile 100 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük başakçık sayısı ise 400 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 19,79 adet ile 300 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çeşit × gamma dozu interaksiyonunda, ortalama başakçık sayısı ise 15,43-24,07 adet arasında değişmiştir (Çizelge 3.84). En yüksek başakçık sayısı Sana çeşidinin 100 Gy gamma ışını dozunda elde edilmiş, bunu 22,40 adet ile Sana çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük başakçık sayısı ise 15,43 adet ile Sagittario çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş bunu 17,00 adet ile Tekirdağ çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çalışmamızda, başakçık sayısı yönünden ele alınan çeşitlerin gamma ışını dozu uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Gamma ışını dozu artışlarından Sana çeşidi en az, Sagittario çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Bu durum, Sagittario çeşidinin başak uzunluğu bakımından gamma ışını dozularından diğer çeşitlere göre daha fazla etkilenmesinden kaynaklanmış olabilir. Zira denememizde Sagittario çeşidi en kısa başaklara sahip olan çeşit olarak belirlenmiştir. Çalışmamızda, gamma ışını dozu artışının başakçık sayısını önemli bir şekilde etkilediği ve başakçık sayısının kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %0,5 ve 200 Gy uygulamasında %1,76 azaldığı, ancak bu azalmanın istatistiki olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, başakçık sayısının 300 Gy uygulamasında %8,4 ve 400 Gy uygulamasında %17,35 oranında istatistiki anlamda önemli bir şekilde azaldığı saptanmıştır. Bu durum, yüksek dozlarda uygulanan gamma ışınlarının başak uzunluğunu azaltmasından kaynaklanmış olabilir. Elde ettiğimiz sonuçlar, yaptıkları çalışmalarda gamma ışını dozu artışının buğdayda başakçık sayısını önemli bir şekilde azalttığını açıklayan Gandapore vd. (1999), Khah ve Verma (2015), Balkan vd. (2019)'nin sonuçlarıyla uyum içindedir. Bulgularımızdan farklı olarak, Gad vd. (2023) gamma ışını dozundaki artışların buğdayda başakçık sayısını arttırdığını belirlemişlerdir.

3.3.19. Başakta Tane Sayısı

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama başakta tane sayısına ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.85'te, ortalama değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 3.86'da verilmiştir.

Yapılan varyans analizinde, başakta tane sayısı yönünden; çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.85).

Çizelge 3.85. Başakta tane sayısına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Tekrarlama	2	1,59	0,79	
Çeşit	4	1585,30	396,32	188,64**
Hata-1	8	16,81	2,10	
Gamma Dozu	4	3238,03	809,51	376,92**
Çeşit × Gamma Dozu	16	1047,85	65,49	30,49**
Hata	40	85,91	2,15	
Genel	74	5975,49	80,75	
*: % 5 düzeyinde önemli **: % 1 düzeyinde önemli				CV: % 20,59

Çizelge 3.86. Başakta tane sayısına ilişkin ortalama değerler (adet) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	
Tekirdağ	45,20 efg	44,63 fg	47,41 de	46,76 def	31,82 k	43,16 c
Flamura 85	54,33 ab	48,10 d	50,80 c	43,71 g	32,50 k	45,89 b
Sana	52,45 bc	55,16 a	55,91 a	52,00 bc	39,46 h	51,00 a
Renan	44,43 fg	38,00 h	37,21 hı	34,99 ij	33,29 jk	37,59 e
Sagittario	55,95 a	45,36 efg	46,73 def	33,63 jk	21,00 l	40,53 d
Ortalama	50,47 a	46,25 c	47,61 b	42,22 d	31,62 e	
EKÖF (P≤0,05)	Çeşit: 1,10	Gamma Dozu: 1,08		Çeşit × Gamma Dozu: 2,42		

Çizelge 3.86'den de görüleceği gibi, ele alınan çeşitlerin ortalama başakta tane sayısı değerleri 40,53-51,00 adet arasında değişmiştir. En yüksek başakta tane sayısı 51,00 adet Sana çeşidinde belirlenmiş, bunu 45,89 adet ile Flamura-85 çeşidi izlemiştir. En düşük başakta tane sayısı ise Renan çeşidinden elde edilmiş, bunu 40,53 adet Sagittario çeşidi izlemiştir.

Gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama başakta tane sayısı değerleri 31,62-50,47 adet arasında değişmiştir (Çizelge 3.86). En yüksek başakta tane sayısı 0 Gy gamma ışını dozunda sayılmış, bunu 47,61 adet ile 200 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük başakta tane sayısı ise 400 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 42,22 adet ile 300 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çeşit × gamma dozu interaksiyonunda, ortalama başakta tane sayısı değerleri 21,00-55,95 adet arasında değişmiştir (Çizelge 3.86). En yüksek başak tane sayısı Sagittario çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozunda elde edilmiş, bunu 55,91 adet ile Sana çeşidinin 200 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük başak tane sayısı ise Sagittario çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozunda sayılmış, bunu 31,82 adet ile Tekirdağ çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Denememizde başakta tane sayısı yönünden ele alınan çeşitlerin gamma ışını dozu uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Gamma ışını dozu artışlarından Sana çeşidi en az, Renan çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Bu durum, Sana çeşidinin başakta başakçık sayısının fazla olmasının bir sonucu olabilir. Çalışmamızda, gamma ışını dozu ortalamaları incelendiğinde, başakta tane sayısının kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %8,4, 200 Gy uygulamasında %5,7, 300 Gy uygulamasında %16,3 ve 400 Gy uygulamasında %37,3 oranında azaldığı belirlenmiştir. Bu durum, artan gamma ışını dozlarının başakçıklardaki fertil çiçek sayısını etkilemesinden kaynaklanmış olabilir. Bulgularımız, yaptıkları çalışmalarda gamma ışını dozu artışının başakta tane sayısını azalttığını belirleyen Khah ve Verma (2015) ve Ahmed vd. (2017)'nin bulgularıyla uyum içindedir. Bulgularımızdan farklı olarak, Singh ve Datta (2010a), Balkan vd. (2019) ve Gad vd. (2023) ise gamma ışını artışının buğdayda başakta tane sayısını arttırdığını belirlemişler. Bulgularımız arasında bu farklılık, araştırmalardaki buğday genotiplerinin gamma ışını dozlarına olan tepkilerinin farklı olmasından kaynaklanmış olabilir. Benzer şekilde Ahmed vd. (2017), gamma ışını dozundaki artışın başaktaki tane sayısını bir çeşitte arttırdığını, diğer çeşitte ise azalttığını saptamıştır.

3.3.20. Başakta Tane Ağırlığı

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama başakta tane ağırlığına ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.87'de, ortalama değerler ve önemlilik grupları Çizelge 3.88'de verilmiştir.

Çizelge 3.87. Başakta tane ağırlığına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Tekrarlama	2	0,005	0,002	
Çeşit	4	0,664	0,166	33,459**
Hata-1	8	0,040	0,005	
Gamma Dozu	4	7,566	1,891	482,762**
Çeşit × Gamma Dozu	16	2,481	0,155	39,569**
Hata	40	0,157	0,004	
Genel	74	10,912	0,147	

*: % 5 düzeyinde önemli **: % 1 düzeyinde önemli

CV: %25,25

Yapılan varyans analizinde, başakta tane ağırlığı yönünden; çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksiyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.87).

Çizelge 3.88. Başakta tane ağırlığına ilişkin ortalama değerler (g) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	
Tekirdağ	1,60 g	1,78 bcd	1,78 bcd	1,73 c-f	0,75 k	1,53 b
Flamura 85	1,87 b	1,87 b	1,77 b-e	1,67 efg	1,15 ı	1,66 a
Sana	1,69 d-g	1,66 fg	1,76 c-f	1,72 def	1,01 j	1,57 b
Renan	1,83 bc	1,40 h	1,40 h	1,20 ı	1,16 ı	1,40 c
Sagittario	2,10 a	1,70 d-g	1,78 bcd	1,10 ij	0,55 l	1,44 c
Ortalama	1,82 a	1,68 b	1,70 b	1,48 c	0,92 d	
EKÖF(P≤0,05)	Çeşit: 0,05	Gamma Dozu: 0,05		Çeşit × Gamma Dozu: 0,10		

Araştırmamızda, ele alınan çeşitlerin ortalama başakta tane ağırlığı değerleri 1,40-1,66 g arasında değişmiştir (Çizelge 3.88). En yüksek başakta tane ağırlığı 1,66 g ile Flamura-85 çeşidinde belirlenmiş, bunu 1,57 g ile Sana çeşidi izlemiştir. En düşük başakta tane ağırlığı ise Renan çeşidinde tartılmış, bunu 1,44 g ile Sagittario çeşidi izlemiştir.

Çizelge 3.88'den, gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama başakta tane ağırlığı değerlerinin 0,92-1,82 g arasında değiştiği anlaşılmaktadır. En yüksek başakta tane ağırlığı 0 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 1,70 g ile 200 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük başakta tane ağırlığı ise 400 Gy gamma ışını dozundan elde edilmiş, bunu 1,48 g ile 300 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çeşit × gamma dozu interaksiyonunda, ortalama başakta tane ağırlığı 0,55-2,1 g arasında değişmiştir (Çizelge 3.88). En yüksek başak tane ağırlığı Sagittario çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozunda tartılmış, bunu 1,87 g ile Flamura-85 çeşidinin 0 Gy ve 100 Gy gamma ışını dozları izlemiştir. En düşük başak tane ağırlığı ise Sagittario çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 0,75 g ile Tekirdağ çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çalışmamızda başakta tane ağırlığı yönünden ele alınan çeşitlerin gamma ışını dozu uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Gamma ışını dozu artışlarından Flamura-85 çeşidi en az, Renan çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Bu durum, çalışmamızda Renan çeşidinin en az başakta tane sayısına sahip olmasının bir sonucu olabilir. Araştırmamızda, gamma ışını dozu artışının başakta tane ağırlığını kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %7,7, 200 Gy uygulamasında %6,6, 300 Gy uygulamasında %18,7 ve 400 Gy uygulamasında %49,5 oranında düşürdüğü belirlenmiştir. Bu durum, artan gamma ışını dozlarının başakta tane sayısında azalmaya neden olmasından kaynaklanmış olabilir. Elde ettiğimiz sonuçlar, yaptıkları çalışmalarında gamma ışını dozu artışının başakta tane ağırlığını düşürdüğünü belirleyen Balkan vd. (2019)'nin bulgularıyla benzerlik göstermiştir.

3.3.21. Hasat İndeksi

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama hasat indeksine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.89'da, ortalama değerler ve önemlilik grupları Çizelge 3.90'da verilmiştir.

Çizelge 3.89. Hasat indeksine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Tekrarlama	2	4,00	2,00	
Çeşit	4	367,60	91,90	51,79**
Hata-1	8	14,20	1,77	
Gamma Dozu	4	870,13	217,53	122,70**
Çeşit × Gamma Dozu	16	374,10	23,38	13,19**
Hata	40	70,92	1,77	
Genel	74	1700,94	22,99	

*: % 5 düzeyinde önemli **: % 1 düzeyinde önemli

CV: %12,07

Yapılan varyans analizinde, hasat indeksi yönünden; çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.89).

Denememizde, ele alınan çeşitlerin ortalama hasat indeksi değerleri %35,78-41,48 arasında değişmiştir (Çizelge 3.90). En yüksek hasat indeksi %41,48 ile Sana çeşidinde belirlenmiş, bunu %41,46 Tekirdağ çeşidi izlemiştir. En düşük hasat indeksi ise Renan çeşidinden elde edilmiş, bunu %38,66 ile Sagittario çeşidi izlemiştir.

Çizelge 3.90'dan görüleceği gibi, gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama hasat indeksi değerleri %33,11-42,04 arasında değişmiştir. En yüksek hasat indeksi 0 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu aynı istatistiki grupta yer alan 100 Gy (%41,67) ve 200 Gy (%41,99) gamma ışını dozları izlemiştir. En düşük hasat indeksi ise 400 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu %39,63 ile 300 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çizelge 3.90. Hasat indeksine ilişkin ortalama değerler (%) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	
Tekirdağ	40,70 efg	41,66 ef	46,20 a	44,26 abc	34,48 kl	41,46 a
Flamura 85	44,41 ab	42,30 b-e	42,00 def	40,07 fgh	36,49 jk	41,05 a
Sana	42,15 c-f	42,23 b-f	44,20 abc	41,58 efg	37,25 ij	41,48 a
Renan	40,59 efg	37,96 hij	35,98 jk	32,84 lm	31,55 m	35,78 c
Sagittario	42,35 b-e	44,19 a-d	41,5 efg	39,40 ghi	25,80 n	38,66 b
Ortalama	42,04 a	41,67 a	41,99 a	39,63 b	33,11 c	
EKÖF_(P≤0,05)	Çeşit: 1,10	Gamma Dozu: 0,98		Çeşit × Gamma Dozu: 2,20		

Çeşit × gamma dozu interaksyonunda, ortalama hasat indeksi değerleri %25,80-46,20 arasında değişmiştir (Çizelge 3.90). En yüksek hasat indeksi değeri Tekirdağ çeşidinin 200 Gy gamma ışını dozunda hesaplanmış, bunu %44,41 ile Flamura-85 çeşidinin 0 Gy ve 100 Gy gamma ışını dozları izlemiştir. En düşük hasat indeksi ise Sagittario çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu %31,55 ile Renan çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Araştırmamızda, hasat indeksi bakımından ele alınan çeşitlerin gamma ışını dozu uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Gamma dozu artışlarından Sana çeşidi en az, Renan çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Sonuçlarımıza benzer olarak, Rahimi ve Bahrani (2011) ve Balkan vd. (2019), hasat indeksi bakımından buğday çeşitlerinin

gamma ışını dozlarına tepkilerinin farklı olduğunu tespit etmişlerdir. Bu durum, denemeye alınan çeşitlerin genotipik yapılarının farklı olmasının bir sonucu olabilir. Çalışmamızda, gamma ışını dozu ortalamaları incelendiğinde, hasat indeksinin kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %0,89 ve 200 Gy uygulamasında %0,12 oranında azaldığı, fakat bu azalmanın istatistiki olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. Bu bulgumuz, düşük dozlarda uygulanan gamma ışınlarının buğdayda hasat indeksi üzerine etkisinin önemli olmadığını belirleyen Rahimi ve Bahrani (2011)'nin bulgularıyla uyumludur. Araştırmamızda ayrıca, hasat indeksinin kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 300 Gy uygulamasında %5,7 ve 400 Gy uygulamasında %21,2 oranında azaldığı saptanmıştır. Sonuçlarımız, yaptıkları çalışmalarda gamma dozu artışının hasat indeksini azalttığını Balkan vd. (2019) ve Shabani vd. (2022)'nin bulgularıyla benzerlik göstermiştir.

3.3.22. Bitki tane verimi

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama bitki tane verimine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3.91'de, ortalama değerler ve önemlilik grupları Çizelge 3.92'de verilmiştir.

Çizelge 3.91. Bitki tane verimine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Tekrarlama	2	0,00	0,0	
Çeşit	4	10,01	2,50	62,59**
Hata-1	8	0,32	0,04	
Gamma Dozu	4	27,78	6,95	152,09**
Çeşit × Gamma Dozu	16	11,33	0,71	15,50**
Hata	40	1,83	0,05	
Genel	74	51,27	0,69	

*: % 5 düzeyinde önemli **: % 1 düzeyinde önemli

CV: %21,84

Yapılan varyans analizinde, bitki tane verimi yönünden; çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3.91).

Çizelge 3.92. Bitki tane verimine ilişkin ortalama değerler (g) ve önemlilik grupları

Çeşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	

Tekirdağ	3,72 hij	3,82 ghı	3,79 ghı	4,14 efg	2,22 o	3,54 cd
Flamura 85	4,73 bc	5,04 ab	4,54 cd	4,12 efg	3,47 ijk	4,38 a
Sana	3,41 jk	4,19 def	3,75 hij	4,06 fgh	2,55 no	3,59 c
Renan	4,60 c	3,51 ijk	3,25 kl	3,04 lm	2,80 mn	3,44 d
Sagittario	5,32 a	4,76 bc	4,45 cde	3,73 hij	2,25 o	4,10 b
Ortalama	4,35 a	4,26 a	3,95 b	3,82 b	2,66 c	
EKÖF_(P≤0,05)	Çeşit: ,015	Gamma Dozu: 0,16		Çeşit × Gamma Dozu: 0,37		

Araştırmamızda ele alınan çeşitlerin ortalama bitki tane verimi değerleri 3,44-4,38 g arasında değişmiştir. En yüksek bitki tane verimi 4,38 g ile Flamura-85 çeşidinde tartılmış, bunu 4,10 g ile Sagittario çeşidi izlemiştir. En düşük bitki tane verimi ise Renan çeşidinden elde edilmiş, bunu 3,54 g ile Tekirdağ çeşidi izlemiştir (Çizelge 3.92).

Çalışmamızda, gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama bitki tane verimi değerleri 2,66-4,35 g arasında değişmiştir (Çizelge 3.92). En yüksek bitki tane verimi 0 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 4,26 g ile aynı istatistiki grupta yer alan 100 Gy gamma ışını dozu izlemiştir. En düşük bitki tane verimi ise 400 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 3,82 g ile 300 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çeşit × gamma dozu interaksiyonunda, ortalama bitki tane verimi değerleri 2,22-5,32 g arasında değişmiştir (Çizelge 3.92). En yüksek bitki tane verimi Sagittario çeşidinin 0 Gy gamma ışını dozundan elde edilmiş, bunu 5,04 g ile Flamura-85 çeşidinin 100 Gy dozu izlemiştir. En düşük ise Tekirdağ çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu 2,25 g ile Sagittario çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Denememizde, bitki tane verimi yönünden ele alınan çeşitlerin gamma ışını dozu uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Gamma dozu artışlarından Flamura-85 çeşidi en az, Renan çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Bu durum, denemeye alınan çeşitlerin genotipik yapılarının farklı olmasının bir sonucu olabilir. Araştırmamızda, gamma ışını dozu ortalamaları incelendiğinde, bitki tane veriminin kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %2,1 oranında azaldığı, ancak bu azalmanın istatistiki olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. Bulgumuza benzer olarak, Rahimi ve Bahrani (2011) düşük gamma ışını dozlarının (50 Gy) buğdayda tane verimi üzerine etkisinin önemli olmadığını saptamıştır. Araştırmamızda ayrıca, bitki tane veriminin kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 200 Gy uygulamasında %9,2, 300 Gy uygulamasında %12,2 ve 400 Gy uygulamasında %38,9 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Bulgularımız, yaptıkları

çalışmalarda yüksek gamma dozu artışının bitki tane verimini dūřurdūđunu belirleyen Gandapoer vd. (1999), Din ve Ahmad (2004) ve Khan vd. (2020)'nin bulgularıyla uyumludur. Bulgularımızdan farklı olarak, Singh ve Datta (2010a) ve Gad vd. (2023) ise dūřuk dozlarda uygulanan gamma ışını dozlarının buğdayda bitki tane verimini arttırdığını tespit etmişlerdir.

3.3.23. Bin tane ağırlığı

Ele alınan çeşitlerin 6 farklı gamma ışını uygulamasından elde edilen ortalama bin tane ağırlığına ilişkin varyans analizi sonuçları izelge 3.93'te, ortalama değerler ve önemlilik grupları izelge 3.94'de verilmiştir.

Çizelge 3.93. Bin tane ağırlığı ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değerleri
Tekrarlama	2	36,92	18,46	
eşit	4	261,88	65,47	14,33**
Hata-1	8	36,56	4,57	
Gamma Dozu	4	1095,01	273,75	64,52**
eşit × Gamma Dozu	16	172,73	10,79	2,54**
Hata	40	169,72	4,24	
Genel	74	1772,82	23,96	

*: % 5 dūzeyinde önemli **: % 1 dūzeyinde önemli

CV: %15,28

Yapılan varyans analizinde, bin tane ađırlıđı yönünden; çeřit, gamma dozu ve çeřit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda 0,01 dūzeyinde önemli bulunmuřtur (izelge 3.93).

Çizelge 3.94. Bin tane ağırlığı ilişkin ortalama değerler (g) ve önemlilik grupları

eşit	Gamma Dozları					Ortalama
	0 Gy	100 Gy	200 Gy	300 Gy	400 Gy	
Tekirdağ	35,60 a-d	37,03 a	35,77 a-d	32,90 c-f	25,47 jk	33,35 ab
Flamura 85	35,87 abc	36,80 ab	36,77 ab	34,47 a-e	26,90 ijk	34,16 a
Sana	31,43 efg	29,46 ghı	30,97 fgh	27,73 hij	24,03 k	28,72 c
Renan	33,17 c-f	33,50 b-f	32,43 d-g	31,93 efg	26,83 ijk	31,57 b
Sagittario	36,10 abc	35,53 a-d	37,63 a	31,80 efg	20,17 l	32,25 ab
Ortalama	34,43 a	34,47 a	34,71 a	31,77 b	24,68 c	

Denememizde, ele alınan çeşitlerin ortalama bin tane ağırlığı değerleri 31,57-34,16 g arasında değişmiştir (Çizelge 3.94). En yüksek bin tane ağırlığı 34,16 g ile Flamura-85 çeşidinde belirlenmiş, bunu 33,35 g ile aynı istatistiki grupta yer alan Tekirdağ çeşidi izlemiştir. En düşük bin tane ağırlığı ise Sana çeşidinde elde edilmiş, bunu 31,57 g ile Renan çeşidi izlemiştir.

Çizelge 3.94'den, gamma ışını dozlarında belirlenen ortalama bin tane ağırlığı değerlerinin 24,68-34,47 g arasında değiştiği anlaşılmaktadır (Çizelge 3.94). En yüksek bin tane ağırlığı 200 Gy gamma ışını dozunda belirlenmiş, bunu aynı istatistiki grupta yer alan 34,47 g ile 100 Gy ve 34,43 g ile 0 Gy gamma ışını dozları izlemiştir. En düşük bin tane ağırlığı ise 400 Gy gamma ışını dozunda tartılmış, bunu 31,77 g ile 300 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Çeşit × gamma dozu interaksiyonunda, ortalama bin tane ağırlığı değerleri 20,17-36,80 g arasında değişmiştir (Çizelge 3.94). En yüksek bin tane ağırlığı Flamura-85 çeşidinin 100 Gy gamma ışını dozunda tespit edilmiş, bunu 36,77 g ile Flamura-85 çeşidinin 200 Gy dozu izlemiştir. En düşük ise Sagittario çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozunda tartılmış, bunu 24,03 g ile Sana çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozu izlemiştir.

Araştırmamızda, bin tane ağırlığı yönünden ele alınan çeşitlerin gamma ışını dozu uygulamalarına tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Bulgularımıza benzer sonuçlar önceki çalışmalarda da elde edilmiştir (Rahimi ve Bahrani, 2011; Balkan vd., 2019). Gamma ışını dozu artışlarından Flamura-85 çeşidi en az, Sana çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Bu durum, denemeye alınan çeşitlerin genotipik yapılarının farklı olmasının bir sonucu olabilir. Çalışmamızda, gamma ışını dozu ortalamaları incelendiğinde, bin tane ağırlığının kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %0,12 ve 200 Gy uygulamasında %0,82 oranında arttığı saptanmış, ancak bu artışların istatistiki olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. Bulgumuz, düşük gamma ışını dozlarının buğdayda bin tane ağırlığını önemli bir şekilde etkilemediğini belirleyen Rahimi ve Bahrani (2011) ve Khan vd. (2020)'nin bulgularıyla benzerlik göstermiştir. Araştırmamızda ayrıca, bin tane ağırlığının kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 300 Gy uygulamasında %7,73 ve 400 Gy uygulamasında %28,32 oranında önemli bir şekilde azaldığı tespit edilmiştir. Sonuçlarımız, yaptıkları çalışmalarda gamma ışını dozu artışının bin tane ağırlığını azalttığını saptayan Gandapore vd.

(1999), Irfaq ve Nawab (2001), Khah ve Verma (2015)'nın sonuçlarıyla benzerlik göstermiştir.



4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, orijini, fenolojik ve agronomik özellikleri farklı 5 ekmeklik buğday çeşidinin (Tekirdağ, Sana, Sagittario, Renan, Flamura-85) tohumlarına Kobalt-60 (^{60}Co) kaynağı kullanılarak uygulanan 6 farklı gamma ışını dozunun (0-kontrol, 100, 200, 300, 400 ve 500 Gy) çimlenme, fide gelişme ve başaklanma dönemlerindeki bazı morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özellikler üzerine etkilerinin incelenmek amacıyla laboratuvar (petri kabı ve saksı) ve tarla denemeleri şeklinde yürütülmüştür.

Laboratuvar denemesinde, tohumlarına 6 farklı gamma ışını dozu (0-kontrol, 100, 200, 300, 400 ve 500 Gy) uygulanan ekmeklik buğday çeşitlerinin petri kaplarında çimlenme oranı, kök sayısı, kök uzunluğu, sürgün uzunluğu, kök yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı, sürgün yaş ağırlığı ve sürgün kuru ağırlığı özellikleri incelenmiştir.

Çimlenme oranı yönünden çeşit, gamma dozu ve $\text{çeşit} \times \text{gamma dozu}$ interaksiyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Çimlenme oranı bakımından gamma dozu artışlarından Flamura-85 çeşidi en az, Sana çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Gamma ışını dozu arttıkça, çimlenme oranında kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %2,1, 200 Gy uygulamasında %4,1, 300 Gy uygulamasında %5,9, 400 Gy uygulamasında %21,8 ve 500 Gy uygulamasında %33,6 oranında azalma olduğu belirlenmiştir.

Araştırmada, kök sayısı bakımından çeşit, gamma dozu ve $\text{çeşit} \times \text{gamma dozu}$ interaksiyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Kök sayısı bakımından gamma dozu artışlarından Tekirdağ çeşidi en az, Renan çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Kök sayısında kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 ve 200 Gy gamma dozu uygulamalarında önemli bir değişim olmadığı, ancak 300 Gy uygulamasında %16,4, 400 Gy uygulamasında %33,6 ve 500 Gy uygulamasında %39,8 oranında azalma olduğu dikkati çekmiştir.

Kök uzunluğu bakımından çeşit, gamma dozu ve $\text{çeşit} \times \text{gamma dozu}$ interaksiyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Kök uzunluğu bakımından gamma ışını dozu artışlarından Renan çeşidi en fazla, Tekirdağ çeşidi ise en az etkilenen çeşit olmuştur. Çalışmada, kök uzunluğunun kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %0,40, 200 Gy uygulamasında %24,5, 300 Gy uygulamasında %46,3, 400 Gy uygulamasında %75,4 ve 500 Gy uygulamasında %85,1 oranında azalmadığı saptanmıştır.

Çalışmada, sürgün uzunluğu bakımından çeşit, gamma dozu ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Gamma dozu artışlarından sürgün uzunluğu bakımından Renan çeşidi en fazla, Sana çeşidi ise en az etkilenen çeşit olarak tespit edilmiştir. Kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulaması %8,7, 200 Gy uygulaması %13,6, 300 Gy uygulaması %31,1, 400 Gy uygulaması %55,6 ve 500 Gy uygulaması %67,1 oranında sürgün uzunluğunda azalmaya neden olmuştur.

Kök yaş ağırlığı bakımından çeşit, gamma dozu ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Denemeye alınan ekmeklik buğday çeşitleri arasında gamma ışını dozlarından en fazla etkilenen çeşit Renan, en az etkilenen çeşit ise Sagittario olarak belirlenmiştir. Kök yaş ağırlığında kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %19,5, 200 Gy uygulamasında %43,60, 300 Gy uygulamasında %67,6, 400 Gy uygulamasında %80,1 ve 500 Gy uygulamasında %87,1 oranında azalma olduğu saptanmıştır.

Kök kuru ağırlığı bakımından çeşit, gamma dozu ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Kök kuru ağırlığı bakımından gamma dozu artışlarından Renan çeşidi en fazla, Sagittario çeşidi ise en az etkilenen çeşit olmuştur. Kök kuru ağırlığında kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %4,55, 200 Gy uygulamasında %24,9, 300 Gy uygulamasında %45,4, 400 Gy uygulamasında %61,2 ve 500 Gy uygulamasında %70,2 oranında azalma olduğu belirlenmiştir.

Araştırmada, sürgün yaş ağırlığı bakımından çeşit, gamma dozu ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Sürgün yaş ağırlığı bakımından gamma dozu artışlarından Renan çeşidi en fazla, Tekirdağ çeşidi ise en az etkilenen çeşit olmuştur. Sürgün yaş ağırlığında kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %4,6, 200 Gy uygulamasında %15,6, 300 Gy uygulamasında %37,8, 400 Gy uygulamasında %62,2 ve 500 Gy uygulamasında %68 oranında azalma olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmada, sürgün kuru ağırlığı bakımından çeşit, gamma dozu ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Sürgün kuru ağırlığı bakımından gamma dozu artışlarından Renan çeşidi en fazla, Tekirdağ çeşidi ise en az etkilenen çeşit olmuştur. Araştırmada, 200 Gy'e kadar olan gamma ışını dozu artışının Sürgün kuru ağırlığını istatistiki anlamda önemli bir şekilde etkilemediği dikkati çekmiştir. Bununla birlikte, sürgün

kuru ağırlığının kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 300 Gy uygulamasında %26,9, 400 Gy uygulamasında %46,1 ve 500 Gy uygulamasında %54,5 oranında azaldığı belirlenmiştir.

Saksı denemesinde, tohumlarına 6 farklı gamma ışını dozu (0-kontrol, 100, 200, 300, 400 ve 500 Gy) uygulanan ekmeklik buğday çeşitlerinin sürme gücü ve 3-5 yapraklı dönemdeki klorofil içeriği, stoma iletkenliği, membran zararlanması, bitki örtüsü sıcaklığı, yaprak su kayıp oranı, bağıl su içeriği, stoma sayısı, stoma eni, stoma boyu, fide uzunluğu, kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı, toprak üstü yaş ağırlığı ve toprak üstü kuru ağırlığı parametreleri incelenmiştir. Saksı denemesinde, 500 Gy gamma ışını uygulamasında tüm çeşitlerde toprak üzerine çıkış olmasına karşılık fide gelişimi gerçekleşmediği görülmüştür.

Araştırmada sürme gücü bakımından çeşit, gamma dozu ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Denemeye alınan ekmeklik buğday çeşitleri arasında gamma dozu artışlarından Flamura-85 ve Renan en az, Sana ise en fazla etkilenen çeşit olarak belirlenmiştir. Çalışmada, gamma dozu artışının sürme gücünde önemli bir şekilde azalmaya neden olduğu dikkati çekmiştir. Sürme gücünün kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %2, 200 Gy uygulamasında %5,4, 300 Gy uygulamasında %5,8, 400 Gy uygulamasında %11,5 ve 500 Gy uygulamasında %20,4 oranında azaldığı saptanmıştır.

Üç-beş yapraklı dönemde klorofil içeriği bakımından çeşit, gamma dozu ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Gamma dozu artışlarından Renan ve Flamura-85 en az, Sagittario ise en fazla etkilenen çeşit olarak dikkati çekmiştir. Çalışmada, klorofil içeriğinin 100 Gy, 200 Gy ve 300 Gy gamma dozu uygulamalarında arttığı, 400 Gy gamma dozunda ise azaldığı belirlenmiştir. Klorofil içeriğinin kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %6,5 oranında, 200 Gy uygulamasında %5,8, 300 Gy uygulamasında %5,9 oranında arttığı, buna karşılık 400 Gy uygulamasında ise %4,2 oranında azaldığı belirlenmiştir.

Üç-beş yapraklı dönemde stoma iletkenliği bakımından çeşit ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda önemli, gamma dozu ise istatistiki anlamda önemsiz bulunmuştur. Stoma iletkenliği yönünden ele alınan çeşitler arasında gamma dozu artışlarından Tekirdağ çeşidi en fazla, Flamura-85 çeşidi ise en az etkilenen çeşit olmuştur. Çalışmada, gamma dozu uygulamalarının stoma iletkenliği üzerine etkisi istatistiki olarak

önemli bulunmamış olsa da gamma dozu artışına bağlı olarak stoma iletkenliğinin göreceli bir şekilde arttırdığı tespit edilmiştir.

Üç-beş yapraklı dönemde membran zararlanması bakımından çeşit, gamma dozu ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Membran zararlanması yönünden gamma ışını dozu artışlarından en fazla Tekirdağ çeşidi, en az ise Sana çeşidi etkilenmiştir. Çalışmamızda, gamma ışını dozu artışının membran zararlanmasını önemli bir şekilde arttırdığı belirlenmiştir. Membran zararlanmasının kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %51,7, 200 Gy uygulamasında %73, 300 Gy uygulamasında %65 ve 400 Gy uygulamasında %99,2 oranında arttığı saptanmıştır.

Üç-beş yapraklı dönemde bitki örtüsü sıcaklığı bakımından çeşit ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda önemli, gamma dozu ise istatistiki anlamda önemsiz bulunmuştur. Araştırmada bitki örtüsü sıcaklığı bakımından gamma ışını dozu artışlarından Sana çeşidi en az, Sagittario çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Çalışmada, gamma ışını dozu artışının bitki örtüsü sıcaklığını önemli bir şekilde etkilemediği belirlenmiştir.

Üç-beş yapraklı dönemde yaprak su kayıp oranı bakımından çeşit, gamma dozu ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Yaprak su kayıp oranı bakımından gamma ışını dozu artışlarından en fazla etkilenen Sagittario çeşidi, en az etkilenen ise Tekirdağ çeşidi olmuştur. Çalışmada, gamma ışını dozu artışının yaprak su kayıp oranını önemli bir şekilde arttırdığı belirlenmiştir. Yaprak su kayıp oranının kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %12,8, 200 Gy uygulamasında %29,5, 300 Gy uygulamasında %50,1 ve 400 Gy uygulamasında %200,1 oranında arttığı görülmektedir.

Üç-beş yapraklı dönemde bağıl su içeriği bakımından çeşit ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda önemli, gamma dozu uygulaması ise istatistiki anlamda önemsiz bulunmuştur. Bağıl su içeriği bakımından gamma dozu artışlarından Tekirdağ ve Flamura-85 çeşitleri en az, Sagittario çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Araştırmada, gamma ışını dozu artışının bağıl su içeriğini önemli bir şekilde etkilemediği dikkati çekmiştir.

Üç-beş yapraklı dönemde stoma sayısı bakımından çeşit, gamma dozu ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Gamma dozu artışlarından stoma sayısı bakımından en az Flamura-85 çeşidi, en fazla Tekirdağ çeşidi etkilenmiştir. Araştırmada stoma sayısının kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy

uygulamasında değişmediği, 200 Gy uygulamasında %16,7, 300 Gy uygulamasında %14 ve 400 Gy uygulamasında %19,5 oranında azaldığı belirlenmiştir.

Üç-beş yapraklı dönemde stoma eni bakımından çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda önemli, çeşit ve gamma dozu ise istatistiki anlamda önemsiz bulunmuştur. En yüksek stoma eni Tekirdağ çeşidinin 200 Gy gamma ışını dozunda, en düşük stoma eni ise Flamura-85 çeşidinin 400 Gy gamma ışını dozunda tespit edilmiştir. Çalışmamızda, gamma ışını dozu artışının stoma eninde istatistiki anlamda önemli bir değişime neden olmadığı belirlenmiştir.

Üç-beş yapraklı dönemde stoma boyu bakımından, çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Stoma boyu bakımından gamma ışını dozu artışlarından Tekirdağ ve Sagittario çeşitleri en az, Flamura-85 çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Çalışmada, stoma boyunun kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %8,6 ve 200 Gy uygulamasında %6,4 azaldığı, buna karışılık 300 Gy uygulamasında %0,4 ve 400 Gy uygulamasında %3,5 oranında stoma boyunun arttığı belirlenmiştir.

Üç-beş yapraklı dönemde fide uzunluğu bakımından çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Fide uzunluğu bakımından gamma ışını dozu artışlarından Sagittario çeşidi en az, Flamura-85 çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Araştırmada, fide uzunluğunun kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %2,8, 200 Gy uygulamasında %1,4, 300 Gy uygulamasında %2,9 ve 400 Gy uygulamasında %15,6 oranında azaldığı dikkati çekmiştir.

Üç-beş yapraklı dönemde kök uzunluğu bakımından çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Kök uzunluğu bakımından gamma dozu artışlarından Sana çeşidi en fazla, Renan çeşidi ise en az etkilenen çeşit olmuştur. Çalışmada, kök uzunluğunda kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %11,75, 200 Gy uygulamasında %12,5, 300 Gy uygulamasında %12,5 ve 400 Gy uygulamasında %5,7 oranında azalma olduğu saptanmıştır.

Üç-beş yapraklı dönemde kök yaş ağırlığı bakımından çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Çalışmada, kök yaş ağırlığı bakımından artan gamma ışını dozlarından en az etkilenen çeşitler Sagittario ve Renan, en fazla etkilenen çeşit ise Flamura-85 olarak belirlenmiştir. Kontrol (0 Gy)

uygulamasına göre kök yaş ağırlığının 100 Gy uygulamasında %12,9 ve 200 Gy gamma dozu uygulamasında %2,2 oranında arttığı, buna karşılık 300 Gy uygulamasında %0,96 ve 400 Gy uygulamasında %14,8 oranında azaldığı belirlenmiştir.

Üç-beş yapraklı dönemde kök kuru ağırlığı bakımından çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Araştırmada, kök kuru ağırlığı bakımından gamma dozu artışlarından Sana ve Renan çeşitleri en az, Flamura-85 çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olarak belirlenmiştir. Çalışmada, kök kuru ağırlığının kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %24, 200 Gy uygulamasında %11, 300 Gy uygulamasında %17,3 oranında arttığı, buna karşılık 400 Gy uygulamasında ise %14,3 oranında azaldığı dikkati çekmiştir.

Üç-beş yapraklı dönemde toprak üstü yaş ağırlığı bakımından çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Denemeye alınan ekmeklik buğday çeşitleri arasında Tekirdağ çeşidi gamma ışını dozlarından en az etkilenen, Renan ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Araştırmada, toprak üstü yaş ağırlığının kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %2,40, 200 Gy gamma dozu uygulamasında %15,9, 300 Gy uygulamasında %23,20 ve 400 Gy uygulamasında %51,7 oranında azaldığı saptanmıştır.

Üç-beş yapraklı dönemde toprak üstü kuru ağırlığı bakımından çeşit, gamma dozu ve çeşit × gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Toprak üstü kuru ağırlığı bakımından gamma ışını dozu artışlarından Tekirdağ çeşidi en az, Flamura-85 çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Çalışmada, toprak üstü kuru ağırlığının kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %10,1 arttığı, buna karşılık 200 Gy uygulamasında %6,1, 300 Gy uygulamasında %12,9 ve 400 Gy uygulamasında ise %47,1 oranında azaldığı görülmüştür.

Tarla denemesinde, tohumlarına 6 farklı gamma ışını dozu (0-kontrol, 100, 200, 300, 400 ve 500 Gy) uygulanan ekmeklik buğday çeşitlerinin başaklanma-çiçeklenme dönemindeki başaklanma gün sayısı, bayrak yaprak alanı, bayrak yaprağın yeşil kalma süresi, klorofil içeriği, stoma iletkenliği, membran zararlanması, bitki örtüsü sıcaklığı, yaprak su kayıp oranı, bağıl su içeriği, stoma sayısı, stoma eni, stoma boyu, SOD aktivitesi, POX aktivitesi, MDA miktarı; olgunlaşma dönemindeki bitki boyu, başak uzunluğu, başakta başakçık sayısı, başakta tane sayısı, başakta tane ağırlığı, hasat indeksi ve bitki tane verimi özellikleri

incelenmiştir. Tarla denemesinde, 500 Gy gamma ışını uygulamasında tüm çeşitlerde bitki gelişimi gerçekleşmediği görülmüştür.

Tarla denemesinde başaklanma gün sayısı bakımından çeşit, gamma dozu ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Başaklanma gün sayısı bakımından gamma ışını dozu artışlarından Renan çeşidi en az, Tekirdağ çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Araştırmada, başaklanma gün sayısının kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %1,9, 200 Gy uygulamasında %3,8, 300 Gy uygulamasında %12,9 ve 400 Gy uygulamasında ise %28,9 oranında arttığı belirlenmiştir.

Bayrak yaprak alanı bakımından çeşit, gamma dozu ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Çalışmada, bayrak yaprak alanı bakımından gamma ışını uygulamalarında genotipik olarak geniş yaprak ayasına sahip olan Sana çeşidi en az, Renan çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Araştırmada, bayrak yaprak alanının kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %1,19 oranında ve 200 Gy gamma dozu uygulamasında %5,13 oranında arttığı, buna karşılık 300 Gy uygulamasında %7,5 ve 400 Gy uygulamasında ise %15,6 oranında azaldığı tespit edilmiştir.

Bayrak yaprağın yeşil kalma süresi bakımından çeşit, gamma dozu ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Gamma ışını dozu artışlarından Sana çeşidi en az, Renan çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Araştırmada, bayrak yaprağı yeşil kalma süresinin kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %4,25, 200 Gy uygulamasında %4,25, 300 Gy uygulamasında %3,90 ve 400 Gy uygulamasında %3,57 oranında arttığı görülmüştür.

Başaklanma dönemi bayrak yaprakta belirlenen klorofil içeriği bakımından çeşit, gamma dozu ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Araştırmada ele alınan ekmeklik buğday çeşitleri arasında klorofil içeriği bakımından gamma ışını dozu artışlarından Renan çeşidi en az, Sagittario çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olarak dikkati çekmiştir. Çalışmada, klorofil içeriğinin kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %5,4 oranında, 200 Gy uygulamasında %8,1, 300 Gy uygulamasında %13,9 ve 400 Gy uygulamasında ise %11,5 arttığı belirlenmiştir.

Başaklanma dönemi bayrak yaprakta belirlenen stoma iletkenliği bakımından çeşit, gamma dozu ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Denemeye alınan çeşitler arasında gamma ışını dozu artışından Tekirdağ çeşidi en az, Renan

çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Araştırmada, stoma iletkenliği değerinin kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy ve 300 Gy uygulamalarında önemli bir şekilde değişmediği, 200 Gy uygulamasında %12,4 ve 400 Gy uygulamasında ise %30,6 oranında azaldığını tespit edilmiştir.

Başaklanma dönemi bayrak yaprakta belirlenen membran zararlanması bakımından çeşit, gamma dozu ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksiyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Gamma ışını dozu artışlarından membran zararlanması yönünden en fazla Tekirdağ çeşidi, en az ise Renan çeşidi etkilenmiştir. Çalışmada, membran zararlanmasının kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %2,98 arttığını, 200 Gy uygulamasında %11,9 oranında azaldığı, 300 Gy uygulamasında %52,8 ve 400 Gy uygulamasında %30,8 oranında arttığı belirlenmiştir.

Tarla denemesinde bitki örtüsü sıcaklığı bakımından çeşit, gamma dozu ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksiyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Çalışmada, bitki örtüsü sıcaklığı bakımından gamma dozu artışlarından Sana çeşidi en az, Sagittario çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Araştırmada, bitki örtüsü sıcaklığının kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %0,17, 200 Gy uygulamasında %1,7, 300 Gy uygulamasında %4,1 ve 400 Gy uygulamasında %5,4 oranında arttığı dikkati çekmiştir.

Araştırmada, tarla denemesinde belirlenen yaprak su kayıp oranı bakımından çeşit, gamma dozu ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksiyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Yaprak su oranı yönünden gamma ışını dozu uygulamasından en fazla Sagittario çeşidi, en az ise Tekirdağ çeşidi etkilenmiştir. Araştırmada, yaprak su kayıp oranının kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %3,3, 200 Gy uygulamasında %10,6, 300 Gy uygulamasında %14,6 ve 400 Gy uygulamasında %20,1 oranında azaldığı saptanmıştır.

Çalışmada, tarla denemesinde belirlenen bağıl su içeriği bakımından çeşit, gamma dozu ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksiyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Bağıl su içeriği bakımından gamma ışını dozu artışlarından Tekirdağ çeşidi en az, Renan ve Sana çeşitleri ise en fazla etkilenen çeşitler olmuştur. Araştırmada, bağıl su içeriğinin kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %0,9 oranında azaldığı, buna karşılık 200 Gy uygulamasında %0,6, 300 Gy uygulamasında %3,02 ve 400 Gy uygulamasında %4,1 oranında arttığı belirlenmiştir.

Tarla denemesinde başaklanma döneminde bayrak yapraklarda belirlenen stoma sayısı bakımından çeşit, gamma dozu ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Gamma ışını dozu artışlarından stoma sayısı yönünden en az Renan çeşidi, en fazla ise Sagittario çeşidi etkilenmiştir. Çalışmada, stoma sayısının kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %8,9 oranında azaldığı, buna karşılık 200 Gy uygulamasında %10,6 oranında arttığı, 300 Gy uygulamasında önemli bir şekilde değişmediği ve 400 Gy uygulamasında %4,9 oranında stoma sayısının arttığı dikkati çekmiştir.

Tarla denemesinde başaklanma döneminde bayrak yapraklarda belirlenen stoma eni bakımından çeşit, gamma dozu ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Çalışmada, stoma eni bakımından gamma ışını dozu artışlarından Tekirdağ çeşidi en az, Sagittario çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Araştırmada, stoma eninin kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %21,2, 200 Gy uygulamasında %10,09, 300 Gy uygulamasında %9,62 ve 400 Gy uygulamasında %17,30 oranında arttığı belirlenmiştir.

Araştırmada, başaklanma döneminde bayrak yapraklarda belirlenen stoma eni bakımından çeşit, gamma dozu ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Stoma boyu bakımından gamma ışını dozu artışlarından Sana ve Tekirdağ çeşitleri en az, Sagittario çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Çalışmada, stoma boyunun kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %4,4 oranında azaldığı, buna karşılık 200 Gy uygulamasında %2,5, 300 Gy uygulamasında %13,5 ve 400 Gy uygulamasında %16,9 oranında arttığı belirlenmiştir.

Çalışmada, tarla denemesinde belirlenen SOD aktivitesi bakımından, çeşit, gamma dozu ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. SOD aktivitesi bakımından gamma ışını dozu artışlarından Flamura-85 çeşidi en az, Renan çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Araştırmada, SOD aktivitesinin kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %18,5 oranında, 200 Gy uygulamasında %5,1 ve 300 Gy uygulamasında %17 oranında azaldığı, buna karşılık 400 Gy uygulamasında %8,7 oranında arttığı belirlenmiştir.

Tarla denemesinde belirlenen POX aktivitesi bakımından çeşit, gamma dozu ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Gamma ışını dozu artışlarından POX aktivitesi bakımından Flamura-85 çeşidi en az, Sagittario çeşidi ise en fazla

etkilenen çeşit olmuştur. Araştırmada, POX aktivitesinin kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %28,53 oranında, 200 Gy uygulamasında %41,1 oranında ve 300 Gy uygulamasında %1,1 oranında arttığı, buna karşılık 400 Gy uygulamasının POX aktivitesini önemli bir şekilde etkilemediği tespit edilmiştir.

Tarla denemesinde belirlenen MDA miktarı bakımından çeşit, gamma dozu ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksiyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Gamma ışını dozu artışlarından MDA miktarı bakımından Renan çeşidi en az, Tekirdağ çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Çalışmada, MDA miktarı kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %4,9 oranında azaldığı, 200 Gy uygulamasında %10,1 oranında arttığı, 300 Gy uygulamasında %3,3 oranında azaldığı ve 400 Gy uygulamasında %5,1 oranında arttığı belirlenmiştir.

Tarla denemesinde bitkilerin olgunlaşma döneminde belirlenen bitki boyu bakımından gamma dozu ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksiyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Çalışmada, bitki boyu bakımından gamma ışını dozu artışlarından Renan çeşidi en az, Sagittario çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Araştırmada, bitki boyunun kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %3,5, 200 Gy uygulamasında %10,9, 300 Gy uygulamasında %19 ve 400 Gy uygulamasında %31 oranında kısaldığı saptanmıştır.

Tarla denemesinde bitkilerin olgunlaşma döneminde belirlenen başak uzunluğu bakımından gamma dozu ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksiyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Araştırmada, başak uzunluğu bakımından gamma ışını dozu artışlarından Renan çeşidi en az, Sagittario çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Çalışmada, gamma ışını dozu artışının başak uzunluğunu önemli bir şekilde etkilediği ve başak uzunluğunun kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %2,46 ve 200 Gy uygulamasında %3,14 azaldığı, ancak bu azalmanın istatistiki olarak önemli olmadığı, ancak 300 Gy uygulamasında %10,22 ve 400 Gy uygulamasında %15,4 oranında istatistiki anlamda önemli bir şekilde azaldığı saptanmıştır.

Çalışmada, başakçık sayısı bakımından çeşit, gamma dozu ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksiyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Başakta başakçık sayısı bakımından gamma ışını dozu artışlarından Sana çeşidi en az, Sagittario çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Araştırmada, başakçık sayısının kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %0,5 ve 200 Gy uygulamasında %1,76 azaldığı, ancak bu azalmanın istatistiki

olarak önemli olmadığı, bununla birlikte başaık sayısının 300 Gy uygulamasında %8,4 ve 400 Gy uygulamasında %17,35 oranında önemli bir şekilde azaldığı belirlenmiştir.

Başakta tane sayısı bakımından çeşit, gamma dozu ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Gamma ışını dozu artışlarından başakta tane sayısı en az etkilenen çeşit Sana, en fazla etkilenen çeşit Renan olmuştur. Çalışmada, başakta tane sayısının kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %8,4, 200 Gy uygulamasında %5,7, 300 Gy uygulamasında %16,3 ve 400 Gy uygulamasında %37,3 oranında azaldığı dikkati çekmiştir.

Başakta tane ağırlığı bakımından, çeşit, gamma dozu ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Denemeye alınan çeşitler arasında başakta tane ağırlığı bakımından gamma ışını dozu artışlarından Flamura-85 çeşidi en az, Renan çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Araştırmada, gamma ışını dozu artışının başakta tane ağırlığını kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %7,7, 200 Gy uygulamasında %6,6, 300 Gy uygulamasında %18,7 ve 400 Gy uygulamasında %49,5 oranında düşürdüğü tespit edilmiştir.

Hasat indeksi bakımında, çeşit, gamma dozu ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Gamma dozu artışlarının hasat indeksi bakımından Sana çeşidini en az, Renan çeşidi ise en fazla etkilediği görülmüştür. Çalışmada, hasat indeksinin kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %0,89 ve 200 Gy uygulamasında %0,12 oranında azaldığı, fakat bu azalmanın istatistiki olarak önemli olmadığı, bununla birlikte 300 Gy uygulamasında %5,7 ve 400 Gy uygulamasında %21,2 oranında azaldığı saptanmıştır.

Bitki tane verimi bakımında, çeşit, gamma dozu ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Araştırmada, gamma dozu artışlarından bitki tane verimi bakımından Flamura-85 çeşidi en az, Renan çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Çalışmada, bitki tane veriminin kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %2,1 oranında azaldığı, ancak bu azalmanın istatistiki olarak önemli olmadığı, bununla birlikte 200 Gy uygulamasında %9,2, 300 Gy uygulamasında %12,2 ve 400 Gy uygulamasında %38,9 oranında azaldığı tespit edilmiştir.

Bin tane ağırlığı bakımından, çeşit, gamma dozu ve çeşit $\times$ gamma dozu interaksyonu istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Denemeye alınan çeşitler arasında bin tane ağırlığı

bakımından gamma ışını dozu artışlarından Flamura-85 çeşidi en az, Sana çeşidi ise en fazla etkilenen çeşit olmuştur. Çalışmada, bin tane ağırlığının kontrol (0 Gy) uygulamasına göre 100 Gy uygulamasında %0,12 ve 200 Gy uygulamasında %0,82 oranında arttığı, ancak bu artışların istatistiki olarak önemli olmadığı, bununla birlikte 300 Gy uygulamasında %7,73 ve 400 Gy uygulamasında %28,32 oranında önemli bir şekilde azaldığı dikkati çekmiştir.

Sonuç olarak, çimlendirme, saksı ve tarla denemelerinde incelenen özellikler değerlendirildiğinde, denemeye alınan çeşitler arasında çimlenme özellikleri için Sana ve Renan, fide özellikleri için Flamura-85, fizyolojik ve biyokimyasal özellikler için Renan, agronomik için Renan ve Sagittario çeşitleri gamma ışınından uygulamalarından en fazla etkilenen çeşitler olarak belirlenmiştir. Gamma ışını dozları genel olarak değerlendirildiğinde, çimlenme ve erken fide gelişim döneminde incelenen parametreler bakımından 300 ve 400 Gy gamma ışını dozları; 3-5 yapraklı dönemde incelenen fizyolojik özellikler ve büyüme parametreleri bakımından 400 Gy gamma ışını dozu; başaklanma-olgunlaşma döneminde incelenen fizyolojik parametreler bakımından 300 ve 400 Gy gamma ışını dozları, biyokimyasal özellikler bakımından 200 Gy gamma ışını dozu ve bitki tane verimi ile verim unsurları bakımından 100 ve 200 Gy gamma ışını dozlarının etkili dozlar olduğu söylenebilir.

KAYNAKLAR

- Ahmed, S., Khan, W.M., Khan, M.S., Akhtar, N., Umar, N., Ali, S., Hussain, S., and Shah, S.S. (2017). Impact of gamma radiations on wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties (Batoor and Janbaz). *Pure and Applied Biology*, 6(1), 218-225.
- Abou-Zeid, H.M., and Abdel-Latif, S.A. (2014). Effects of gamma irradiation on biochemical and antioxidant defense system in wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. *International Journal of Advanced Research*, 2(8), 287-300.
- Ahumada-Flores, S., Briceño-Zamora, M.F., García-Montoya, J.A., López-Cázarez, C., Pereo-Galvez, A.E., Parra-Cota, F.I., and Santos-Villalobos, S. (2020). Gamma radiosensitivity study on wheat (*Triticum turgidum* ssp. durum). *Open Agriculture*, 5, 558-562.
- Ahumada-Flores, S., Pando, L.R.G., Cota, F.I.P., Torres, E.C., Sarsu, F., and Villalobos, S.S. (2021). Technical note: Gamma irradiation induces changes of phenotypic and agronomic traits in wheat (*Triticum turgidum* ssp. durum). *Applied Radiation and Isotopes*, 167, 109490.
- Akbay, G. ve Ünver, S. (1986). Tokak 157/37 (*Hordeum vulgare* L.) iki sıralı arpa çeşidine uygulanan farklı EMS (Ethyl Methane Sulphohonate) dozlarının M1 bitkilerinin bazı özellikleri üzerindeki etkileri. *A.Ü. Ziraat Fakültesi Yıllığı*, 36, 83-94.
- Akıncı, C., Gül, İ. ve Baysal, İ. (1998, Ekim 20-22). *Bazı ekmeklik ve makarnalık buğday çeşidi tohumlarına uygulanan farklı dozlardaki gamma ışınlarının M₁ fidelerindeki etkileri*. V. Ulusal Nükleer Tarım ve Hayvancılık Kongresinde sunulan bildiri, Konya.
- Akıncı, C. ve Baysal, İ. (2005, Eylül 5-9). *Farklı dozlarda gamma ışını uygulamasında makarnalık buğdayda klorofil mutasyonları ve fide özellikleri üzerine etkisi*. Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresinde sunulan bildiri, Antalya.
- Anonim, 1977. Technical reports series, 119. Manual on Mutation Breeding Joint FAO/IAEA Division of A.E. Vienna, 41-52.
- Anonim, 2016. Elaboration of data by United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. Erişim adresi: <http://www.worldmeters.info>
- Anonim, 2023. FAO Statistical Databases. Erişim adresi: <http://www.fao.org>
- Artık, C. ve Pekşen, E. (2005). Gamma ışınlamasının M₂ generasyonunda bakla (*Vicia faba* L.)'nın tane verimi ve bazı bitkisel özelliklerine etkileri, *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(1), 95-104.
- Atak, M., Kaya, M.D. ve Çiftçi, C.Y. (2006). Bazı tritikale çeşitlerine uygulanan gamma dozlarının fide gelişimi üzerine etkileri, *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilgileri Dergisi*, 12(3), 233-238.
- Balkan, A., Bilgin, O., Başer, İ., Göçmen, D.B., Demirkıran, A.K. ve Deviren, B. (2019). Improvement of grain yield and yield associated traits in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes through mutation breeding using gamma irradiation. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 16(1), 103-111.

- Başer, İ., Bilgin, O., Korkut, Z.K. ve Balkan, A. (2007). Makarnalık buğdayda mutasyon ıslahı ile bazı kantitatif karakterlerin geliştirilmesi, *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 13(4), 346-353.
- Başer, İ., Korkut, K.Z., ve Bilgin, O. (2005). Bazı makarnalık buğdaylarda mutagen uygulamasının M₁ generasyonunda varyasyon üzerine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(1), 60-72.
- Beauchamp, C., and Fridovich, I. (1971). Superoxide dismutase: Improved assay and applicable to acrylamid gels. *Analytical Biochemistry*, 44, 276-287.
- Borzouei, A., Kafi, M., Khazaei, H., Naseriyan, B., and Majdabadi, A. (2010). Effects of gamma radiation on germination and physiological aspects of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. *Pakistan Journal of Botany*, 42(4), 2281-2290.
- Borzouei, A., M. Kafi, R. Sayahi, E. Rabiei and Amin, P.S. (2013). Biochemical response of two wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) to gamma radiation. *Pakistan Journal of Botany*, 45(2), 473-477.
- Clarke, J.M. and McCaig, T.N. (1982). Excised-leaf water retention capability as an indicator of drought resistance of triticum genotypes. *Canadian Journal of Plant Science*, 62, 571-578.
- Cseuz, L., Pauk, J., Kertesz, Z., Matus, J., Fonad, P., Tari, I. and Erdei, L. (2002). Wheat breeding for tolerance to drought stress at the cereals research non-profit company. *Acta Biologica Szegediensis*, 46(3-4), 25-26.
- Dhanda, S.S., Sethi, G.S. and Behl, R.K. (2004). Indices of drought tolerance in wheat genotypes at early stages of plant growth. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 190, 6-12.
- Din, R. and Ahmad, K. (2004). Radio Sensitivity of Various Wheat Genotypes in M₁ Generation. *Int. J. Agri. Biol.*, 6(5), 898-900.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O. ve Gürbüz, F. (1987). *Araştırma ve deneme metotları (İstatistik metodları II)*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No.1021, Ankara.
- El-Kameesy, S.U., Salama, E., Ghannam, M.M., and Roshdy, S. (2019). The influence of gamma irradiation doses on the morphological and physical properties of wheat. *Journal of Physics Conf. Series*, 1253.
- Gad, M.A., El-Bakery, A.M., Ata, A.A., El-Orabey, W.M., Gebrel, E.E.M., and Kishk, A.M.S. (2023). Effects of gamma rays on rusts, yield, and seed quality of some wheat genotypes. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 101(2), 606-617.
- Gandapore, A.A., Hasnain, S.M. and Sayal O.U. (1999). The application and implications of gama radiation in bread wheat (L.). *Pakistan Journal of Biological Science*, 2(1): 134-136.
- Ghirija, M. and Dhanavel, D. (2009). Mutagenic effectiveness and efficiency of gamma rays, ethyl methane sulphonate and their combined treatments in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). *International Journal of Molecular Sciences*, 4, 68-75.

- Giannopolities, N. and Ries, S.K. (1977). Superoxide dismutase occurrence in higher plants. *Plant Physiology*, 59, 309-314.
- Gordeeva, E.I., Shoeva, O.Y., Yudina, R.S., Kukoeva, T.V., and Khlestkina, E.K. (2018). Effect of seed pre-sowing gamma-irradiation treatment in bread wheat lines differing by anthocyanin pigmentation. *Cereal Research Communications*, 46(1), 41-53.
- Heidarieh, M., Borzouei, A., Rajabifar, S., Ziaie, F. and Shafiei, Sh. (2012). Effects of gamma irradiation on antioxidant activity of ergosan. *Iranian Journal of Radiation Research*, 9, 245-249.
- Hong, M.J., Kim, D.Y., Jo, Y.D., Choi, H.I., Ahn, J.W., Kwon, S.J., Kim, S.H., Seo, Y.W., and Kim, J.B. (2022). Biological effect of gamma rays according to exposure time on germination and plant growth in wheat. *Applied Science*, 12, 3208.
- ISTA (1996). International rules for seed testing. *Seed Science and Technology*, 13, 299-513.
- Irfaq, M. and Nawab, K. (2001). Effect of gamma irradiation on some morphological characteristics of there wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *OnLine Journal of Biologigal Sciences*, 1 (10): 935-937.
- Irfaq, M. and Nawab, K. (2003). A study to determine the proper dose of gamma radiation for inducing beneficial genetic variability in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Asian Journal of Plant Science*, 2(13), 999-1003.
- Jan, S., Parween, T., Siddiqi, T.O. and Zafar, M. (2012). Effect of gamma radiation on morphological, biochemical and physiological aspects of plants and plant products. *Environmental Reviews*, 20, 17-39.
- Kara, Y., Ergün, Z. ve Ertem Vaizogulları, H. (2015). The Effect of different gamma radiation applied on Tokak-157/37 barley (*Hordeum vulgare*) and Karahan-99 wheat (*Triticum aestivum*) on M1 generation. *International Journal of Secondary Metabolite*, 2(1), 8-12.
- Kanner, J. and Kinsella, J.E. (1983). Lipid deterioration initiated by phagocytic-cells in muscle foods-beta-carotene destruction by a myeloperoxidase hydrogen-peroxide halide system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 31, 370-376.
- Katiyar, P., Pandey, N., and Keshavkant, S. (2022). Gamma radiation: A potential tool for abiotic stress mitigation and management of agroecosystem. *Plant Stress*, 20, 100089.
- Khah, M.A. and Verma, R.C. (2015). Assessment of the effects of gamma radiations on various morphological and agronomic traits of common wheat (*Triticum aestivum* L.) var. WH-147. *European Journal of Experimental Biology*, 5(7), 6-11.
- Khan, A.H., Nowsheen, T., Aziz, M.A., Ullah, S., Sher, K., Rahman, A., and Khan, A.H. (2020). Assessment of induced variability of yield contributing traits in M1 gamma irradiated germplasm of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 16(2), 102-113.
- Kiong, A., Ling, P.A., Grace, L.S.H., and Harun, A.R. (2008). Physiological responses of Orthosiphon stamineus plantlets to gamma irradiation. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, 2(2), 135-149.
- Kiani, D., Borzouei, A., Ramezanpour, S., Soltanloo, H., and Saadati, S. (2022). Application of gamma irradiation on morphological, biochemical, and molecular aspects of wheat

- (*Triticum aestivum* L.) under different seed moisture contents. *Scientific Reports*, 12, 11082.
- Laghari, K.A., Sial, M.A., Arain, M.A., Khanzada, S.D. and Channa, S.A. (2012). Evaluation of stable wheat mutant lines for yield and yield associated traits. *Pakistan Journal of Agriculture, Agricultural Engineering and Veterinary Sciences*, 28, 124-130.
- Madhava Rao, K.V. and Sresty, T.V.S. (2000). Antioxidative parameters in the seedlings of pigeonpea (*Cajanus cajan* L. Millspaugh) in response to Zn and Ni stresses. *Plant Science*, 157, 113-128.
- Melki, M., and Marouani, A. (2010). Effects of gamma rays irradiation on seed germination and growth of hard wheat. *Environmental Chemistry Letters*, 8, 307-310.
- Olgun, M., Ayter, N. G., Kutlu, İ. ve Başçiftçi, Z.B. (2012). Farklı gamma ışını dozlarının ekmeklik buğdayda fide gelişimi üzerine etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(2), 73-80.
- Öztürk, İ., Şen, A., Yaylacı, O., Tülek, A., Tülek, B., and Avcı, R. (2020). Effects of gamma radiation on germination and physiological parameters in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes. *Agriculture & Food*, 8, 14-25
- Pane, F.J.D., Lopez, S.C., Cantamutto, M.A., Domenech, M.B., and Castro-Franco, M. (2018). Effect of different gamma radiation doses on the germination and seedling growth of wheat and triticale cultivars. *Australian Journal of Crop Science*, 12(12), 1921-1926.
- Rahimi, M.M. and Bahrani, A. (2011). Influence of Gamma Irradiation on Some Physiological Characteristics and Grain Protein in Wheat (L.). *World Applied Sciences Journal* 15 (5): 654-659.
- Reynolds, M.P, Ortiz-Monasterio, J.I. and McNab, A. (2001). *Application of physiology in wheat breeding*. Mexico, D.F.:CIMMYT.
- Sakin, M.A. ve Sencar, Ö. (1995). Makarnalık buğday çeşitlerinin tohumlarına uygulanan gamma ışını M₁ bitkilerindeki araştırması. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 109-111.
- Sakin, M.A. ve Sencar, Ö. (2001). Makarnalık buğday (*Triticum durum* desf.) çeşitlerinin mutagenlere tepkileri. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1), 89-93.
- Shabani, M., Alemzadeh, A., Nakhoda, B., Razi, H., Houshmandpanah, Z., and Hildebrand, D. (2022). Optimized gamma radiation produces physiological and morphological changes that improve seed yield in wheat. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 28(8), 1571-1586.
- Shewry, P.R. and Hey, S.J. (2015). The contribution of wheat to human diet and health. *Food Energy Secur.*, 4, 178-202.
- Shiferaw, B., Smale, M., Braun, H.J., Duveiller, E., Reynolds, M., and Muricho, G. (2013). Crops that feed the world 10. Past successes and future challenges to the role played by wheat in global food security. *Food Secur.* 5, 291-317.

- Singh, N.K. and Balyan, H.S. (2009). Induced mutations in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. 'Kharchia 65' for reduced plant height and improve grain quality traits. *Advances in Biological Research*, 3(5-6), 215-221.
- Singh, B. and Datta, P.S., (2010a). Gamma irradiation to improve plant vigour, grain development, and yield attributes of wheat. *Radiation physics and chemistry*, 79, 139-143.
- Singh, B., Ahuja, S., Singhal, R.K., and Babu, P.V., (2013). Effect of gamma radiation on wheat plant growth due to impact on gas exchange characteristics and mineral nutrient uptake and utilization. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 298, 249-257.
- Singh, B. and Datta, P.S. (2010b). Effect of low dose gamma irradiation on plant and grain nutrition of wheat. *Radiation Physics and Chemistry*, 79, 819-825.
- Stoklosa, A.M., Perchonok, M.H., Little, K.M., Nivens, D.E. and Mauer, L.J. (2012). Effects of low dose gamma-radiation on select wheat properties. *International Journal of Food Properties*, 15, 109-121.
- Stajner, D., Milosevic, M. and Popovic, B.M. (2007). Irradiation effects on phenolic content, lipid and protein oxidation and scavenger ability of soybean seeds. *International Journal of Molecular Sciences*, 8, 618-627.
- Şehirali, S. (1997). *Tohumluk ve teknolojisi*. Fakülteler Matbaası, Vefa, İstanbul.
- Şenay, A., Şekerci, S. ve Yalçın, S. (2011). Nükleer tekniklerle makarnalık buğdayda (*Triticum durum desf.*) mutasyon ıslahı uygulaması. Ankara, Türkiye Atom Enerji Kurumu.
- Şenay, A., ve Çiftçi, C.Y, (2005). *Makarnalık buğdayda (Triticum durum desf.) gamma ışını ve EMS'in farklı dozlarda ayrı ayrı ve birlikte uygulamasının M₁ bitkilerinin ilk gelişme döneminde etkileri* (Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Uzunlu, M. (2006). *Aspirinin kavun fidelerinin değişik abiyotik stres koşullarına karşı toleranslarının artırılması üzerine etkileri* (Yüksek Lisans Tezi), Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Van Harten, A. M. (1998). *Mutation breeding: Theory and practical applications*. Cambridge University Press: Cambridge.
- Yasmeen, S., Khan, M.T., and Khan, I.A. (2020). Revisiting the physical mutagenesis for sugarcane improvement: A stomatal prospective. *Scientific Report*, 10, 16003.
- Zadoks, J.C., Chang, T.T. and Konzak, C.F. (1974). A decimal code for growth stages of cereals. *Weed Research*, 14, 415-421.
- Wang, J., Yu and Y., Tian, X. (2012). Effect of g-ray irradiation on the germinating characteristics of wheat seed. *Radiation Physics and Chemistry*, 81, 463-465.