

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

***Stenotaphrum secundatum* (Walt.) Kuntze TÜRÜNDE GAMA IŞINLAMASI
YÖNTEMİYLE ÇİM KALİTESİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ**

Mert ÇAKIR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI**

2016

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

***Stenotaphrum secundatum* (Walt.) Kuntze TÜRÜNDE GAMA IŞINLAMASI
YÖNTEMİYLE ÇİM KALİTESİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ**

Mert ÇAKIR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI**

**(Bu tez Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından
FYL-2015-543 nolu proje ile desteklenmiştir.)**

2016

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

***Stenotaphrum secundatum* (Walt.) Kuntze TÜRÜNDE GAMA IŞINLAMASI
YÖNTEMİYLE ÇİM KALİTESİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ**

Mert ÇAKIR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI**

Bu tez 01/02/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Songül SEVER MUTLU

Prof. Dr. Osman KARAGÜZEL

Prof. Dr. Osman GÜLŞEN

ÖZET

***Stenotaphrum secundatum* (Walt.) Kuntze TÜRÜNDE GAMA IŞINLAMASI YÖNTEMİYLE ÇİM KALİTESİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ**

Mert ÇAKIR

Yüksek Lisans Tezi, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr Songül SEVER MUTLU

Şubat 2016, 78 sayfa

Yengeç çimi (*Stenotaphrum secundatum* (Walt.) Kuntze) çok iyi gölge toleransı ve düşük bakım ihtiyacı nedeniyle Amerika’da ağaçların yoğun olarak bulunduğu kamu veya ev bahçelerinde yaygın olarak kullanılan sıcak iklim çim türüdür. Ancak kaba yapısı yeşil alanlarda çok daha yaygın kullanımını kısıtlamaktadır. Bu nedenle daha ince tekstürlü ve bodur yengeç çimi hatlarının geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Gama ışını uygulaması çim bitkilerinde varyasyon oluşturmak amacıyla kullanılmaktadır. Bitkilerde mutasyon uygulaması sonucu en yaygın elde edilen mutant karakterin bodurluk olduğu bilinmektedir. Bu çalışma ile Türkiye’ye uzun yıllar önce getirilmiş, ancak orijini bilinmeyen kaba (‘G’) ve oldukça kaba (‘M’) gelişim gösteren iki farklı klonal yengeç çimi genotipinden fenotipik olarak daha ince tesktüre sahip ve bodur gelişim gösteren hatların elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinden hazırlanan stolon parçalarına ⁶⁰Co kaynağı kullanılarak sırasıyla 20, 40, 80, 120 ve 50, 100, 150, 300 Gy dozlarında gama ışını uygulaması yapılmıştır. Işınlanan stolon parçalarının % 50’sinin ölümüne neden olan LD₅₀ değerleri ‘G’ ve ‘M’ genotipleri için sırasıyla 102.54 ve 94.96 Gy olarak belirlenmiştir. Gama ışını dozlarının artışıyla birlikte canlılık oranlarında azalma gözlenmiştir. Işınlanan toplam 4301 adet tek nod içeren stolon parçası içerisinde yapılan seleksiyonla kontrol bitkisine göre morfolojik olarak değişiklikler gösteren 15 adet mutant hat (% 0.35) belirlenmiştir. Seçilen mutant hatlarda kontrol gruplarına göre stolon sayısının % 65’e kadar azaldığı, stolonların % 36, yaprakların % 29, boğum aralıklarının % 33, ve kanopi yüksekliklerinin % 25’e kadar kısaldığı saptanmıştır. Sonuç olarak bu çalışma ile yengeç çiminde ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde gama ışını uygulamasıyla çeşitli morfolojik varyasyonlar gözlenmiştir. Bu çalışma ile mutasyon ıslahı ile ülkemizde peyzaj mimarlarının sıcak iklim bölgelerinde gölge alanların çimlendirilmesinde yokluğunu hissettikleri bir çim türünde yerli, kaliteli mutant hatlar geliştirebilmenin mümkün olduğu görülmüştür. Bundan sonra yapılacak araştırmayla bu çalışma ile geliştirilen ümit var mutant hatların arazi koşullarında kontrol bitkileri ve ticari çeşitlerle birlikte performanslarının test edilmesi önerilmektedir. Yabancı ticari çeşitlerin çim kalitesine eş değer/üstün mutant yengeç çimi hatlarının geliştirilmesi durumunda bu türün başta gölge/yarı gölge peyzaj alanları olmak üzere hedef bölgelerdeki kullanım alanı önemli ölçüde arttırılabilir.

ANAHTAR KELİMELER: Mutasyon ıslahı, radyasyon, bodur büyüme, yeşil alanlar

JÜRİ: Yrd. Doç. Dr. Songül SEVER MUTLU (Danışman)

Prof. Dr. Osman KARAGÜZEL

Prof. Dr. Osman GÜLŞEN

ABSTRACT

IMPROVEMENT OF TURFGRASS QUALITY BY GAMMA RAY IRRADIATION IN *Stenotaphrum secundatum* (Walt.) Kuntze

Mert ÇAKIR

MSc Thesis in Landscape Architecture
Supervisor: Asst. Prof. Dr. Songül SEVER MUTLU
February 2016, 78 pages

St. Augustinegrass, (*Stenotaphrum secundatum* (Walt.) Kuntze, a warm-season turfgrass, is commonly used for home lawns and public gardens where trees are dominant, in the United States due to superior shade tolerance and relatively low maintenance requirements. However, its coarse-leaf texture restricts wider use of this species. Therefore, there is a need for improved St. Augustinegrass cultivars that possess dwarf growth habits with finer leaf texture. Gamma ray irradiation has been used to induce variations in turfgrass breeding. Dwarfism is the most common mutant character obtained by induced mutation in plants. The objective of this study was to obtain mutant St. Augustine lines with finer texture and dwarf growth habit from a coarse ('G') and a very coarse textured ('M') germplasm introduced to Turkey many years ago with unknown origin. The stolon pieces of 'G' and 'M' genotypes were irradiated from ⁶⁰Co source with 20, 40, 80 or 120 and 50, 100, 150 or 300 Gy, respectively. Dosages of 102.54 and 94.96 Gy were determined to be LD₅₀ for the cuttings of 'G' and 'M' genotypes, respectively. Survival rate decreased linearly with increasing gamma rays. The 15 mutants (0.35 % of the irradiated plants) with altered morphological traits were identified among 4301 node cuttings by phenotypic selections. These mutant lines exhibited up to 65 % fewer stolon, 36 % shorter stolon, 29 % shorter leaf blade, 33 % shorter internode and 25 % shorter canopy height than parental genotypes. As a result, various morphological variations were obtained in both genotypes through mutagenesis. Results indicated the possibility of developing improved St. Augustinegrass cultivars which are needed by greenkeepers/landscape architects to be used in shaded turf areas in warm season regions of Turkey through mutation breeding. Field performance of the elite mutant lines along with commercial St. Augustinegrass cultivars should be studied in a further study. In the event that the mutant lines would have similar/superior turfgrass quality to commercial ones, use of St. Augustinegrass in target regions, especially in landscape areas under shade, is expected to increase significantly.

KEYWORDS: Mutation breeding, radiation, dwarf growth, green areas.

COMMITTEE: Asst. Prof. Dr. Songül SEVER MUTLU (Supervisor)
Prof. Dr. Osman KARAGÜZEL
Prof. Dr. Osman GÜLŞEN

ÖNSÖZ

Öncelikle; bu çalışmanın ortaya çıkmasında, bana her türlü destek ve fedakârlığı sağlayan, bilgi, birikim ve güler yüzü ile çalışmama ışık tutan, öğrencisi olmaktan onur duyduğum değerli hocam, Yrd. Doç. Dr. Songül SEVER MUTLU'ya teşekkürlerimi sunarım.

Bu süreçte bilgi, birikim ve tecrübesini esirgemeyen Doç Dr. Nedim MUTLU ve Yrd. Doç. Dr. Haris DJAPO'ya gönülden teşekkür ederim. Ayrıca Arş. Gör. Ceren SELİM'e yardım ve desteklerinden dolayı çok teşekkür ederim.

Çalışma sürecim boyunca, her türlü destek ve yardım sağlayan sevgili arkadaşlarım Serkan TOKGÖZ, Cansu ŞİMSEK, Mehmet OKUDAN, Damla IRKÖRÜCÜ, Özal AYDOĞAN ve Arş. Gör. Veysel Dağ'a gönülden teşekkür ederim.

Hayatımın bu keyifli yolculuğu süresince, eğitim ve sosyal yaşamımda gerek maddi gerekse manevi desteklerini esirgemeyen, anlayış ve sabırlarıyla bana güven veren çok sevgili; babam Metin ÇAKIR, annem Saim ÇAKIR, ağabeyim Meftun ÇAKIR, yengem Necibe ÇAKIR, kuzenim Murat ÇAKIR, bana neşe ve ilham kaynağı olan biricik yeğenim Asya ÇAKIR'a gönülden teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI	5
2.1. Yengeç Çiminin Morfolojik Özellikleri, Çevresel Streslere Dayanımı, Genel Çim Karakteristikleri Açısından Değerlendirilmesi ve Kullanımı	5
2.2. Mutasyon Islahı ve Çim Bitkilerinde Kullanımı	12
3. MATERYAL VE METOT	27
3.1. Araştırmada Kullanılan Bitkisel Materyal	27
3.2. Denemede Kullanılan Uygun Gama Işını Doz ve Aralıklarının Belirlenmesi.....	27
3.3. ‘M’ Genotipinde Gama Işını Uygulamaları	29
3.4. ‘G’ Genotipinde Gama Işını Uygulamaları.....	31
3.5. Yapılan Gözlem, Ölçüm ve İstatistiksel Analizler.....	33
3.5.1. Mutant bitki hatlarının morfolojik karakterizasyonu	33
3.5.1.1. Kanopi yüksekliği	33
3.5.1.2. Yaprak ayası uzunluğu ve genişliği	33
3.5.1.3. Çiçek yoğunluğu	33
3.5.1.4. Başak uzunluğu, başak genişliği ve çiçek sapı uzunluğu.....	33
3.5.1.5. Çiçekçik sayısı	34
3.5.1.6. Stolon boğum arası (internod) uzunluğu ve stolon çapı	34
3.5.1.7. Stolon uzunluğu	34
3.5.1.8. Stolon sayısı	34
3.5.1.9. Stolon yaprak ayası uzunluğu ve genişliği	34
3.5.1.10. Stolonunda 4. nod üzerinde büyüme noktası/sürgün sayısı	34
3.5.1.11. Renk	34
3.5.1.12. Klorofil içeriği.....	35
3.5.1.13. İstatistik analizleri	35
3.5.2. Bitki Yaşama Oranlarının Bulunması ve LD ₅₀ -LD ₈₀ Değerlerinin Hesaplanması.....	35
4. BULGULAR.....	36
4.1. Farklı Gama Işını Dozlarının Bitki Yaşama Oranlarına Etkisi ve LD ₅₀ -LD ₈₀ Dozlarının Belirlenmesi	36
4.2. Mutant Hatların Belirlenmesi.....	38
4.3. Mutant Bitki Hatlarının Morfolojik Özelliklerine Ait Bulgular	39
4.3.1. Kanopi yüksekliği	39
4.3.2. Yaprak ayası uzunluğu ve genişliği	41
4.3.3. Çiçek yoğunluğu	45
4.3.4. Başak uzunluğu, başak genişliği ve çiçek sapı uzunluğu	47
4.3.5. Çiçekçik sayısı	50
4.3.6. Stolon boğum arası (internod) uzunluğu ve stolon çapı	51
4.3.7. Stolon uzunluğu	54

4.3.7.1. Stolon I uzunluğu	55
4.3.7.2. Stolon II uzunluğu.....	56
4.3.8. Stolon sayısı	58
4.3.9. Stolon yaprak ayası uzunluğu ve genişliği	60
4.3.10. Stolon boğumunda sürgün sayısı/büyüme noktası	63
4.3.11. Renk	63
4.3.12. Klorofil içeriği.....	64
4.4. Ölçülen Karakterler Arasındaki İlişkilerin (Korelasyon) Belirlenmesi	65
5. TARTIŞMA	66
6. SONUÇ	68
7. KAYNAKLAR	69
ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	Yüzde oran
Cl	Klor
Co	Kobalt
K	Potasyum
N	Azot
Na	Sodyum
°C	Santigrad derece
P	Fosfor
SO ₄	Sülfat

Kısaltmalar

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ANTHAM	Ankara Nükleer Tarım ve Hayvancılık Araştırma Merkezi
BG	Başak genişliği
BU	Başak uzunluğu
cm	Santimetre
ÇS	Çiçekçik sayısı
ÇSU	Çiçek sapı uzunluğu
ÇY	Çiçek yoğunluğu
DES	Dietil sülfonat
DNA	Deoksiribo nükleik asit
dS.cm ⁻¹	Desisiemens/metre
EMS	Etil metan sülfanat
FAO	Gıda Tarım Organizasyonu
Gy	Gray
h	Saat
IAEA	Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı
Kr	Krad
KY	Kanopi yüksekliği
LD ₈₀	%20 yaşama oranı
LD ₅₀	%50 yaşama oranı
m	Metre
M1V1	Mutasyon uygulamasını takip eden birinci jenerasyon
M1V3	Mutasyon uygulamasını takip eden üçüncü jenerasyon
NRCS	Doğal Kaynakları Koruma Servisi
pH	Hidrojen iyon konsantrasyonunun ters logaritması
RNA	Ribo nükleik asit
SBU	Stolon boğumlar arası mesafe
SÇ	Stolon çapı
SD	Optimum doz
sn	Saniye
sp.	Tür
SS	Stolon sayısı

StYG	Stolon yaprak ayası genişliği
StYU	Stolon yaprak ayası uzunluğu
SU	Stolon uzunluğu
TAEK	Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
TDS	Toplam dikilen stolon sayısı
USDA	Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı
UV	Ultraviyole
var.	Varyete
YG	Yaprak ayası genişliği
YO	Yaşama oranı
YS	Yaşayan stolon sayısı
YU	Yaprak ayası uzunluğu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Amerika’da bir ev bahçesinde kullanılmış yengeç çimi	1
Şekil 1.2. Yengeç çimi genel çiçek yapısı ve stolonları.....	2
Şekil 1.3. Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü’nde yoğun çam ağaçları altında sorunsuz büyüme gösteren yengeç çimi.....	3
Şekil 1.4. Yengeç çimi ile çim alan oluşturulmasında kullanılan temel yöntemler: a-) çim fideleri, b-) rulo çim, c-) stolon çelikleri	4
Şekil 2.1. Yengeç çimi genel morfolojisi a-) stolon, b-) başak yapısı, c-) kök ve sürgün, d-) yaprak ucu, e-) yaprak tabanı, f-) sürgün, yaprak ve çiçek yapısı, g-) erkek ve dişi çiçekler, h-) olgun çiçek.....	6
Şekil 3.1. Ön deneme kapsamında yengeç çimi ‘M’ genotipinde farklı dozlarda gama ışınının stolon parçalarının yaşama oranlarına etkisi.....	28
Şekil 3.2. Ön seleksiyon sonucu kontrol grubuna göre morfolojik değişiklik gösteren hatlar	29
Şekil 3.3. ⁶⁰ Co gama ışını uygulanmak üzere hazırlanmış stolon parçaları.....	30
Şekil 3.4. ⁶⁰ Co kaynağı	30
Şekil 3.5. Sera şartlarında viyollerde köklendirilen stolon parçaları	31
Şekil 3.6. Çeşitli dozlarda gama ışını uygulamasına hazırlanan stolon parçaları	32
Şekil 3.7. Sera şartlarında köklendirilmiş stolon parçaları	32
Şekil 4.1. Farklı dozlardaki ⁶⁰ Co uygulamasının yengeç çiminin ‘G’ genotipinde yaşama oranı üzerine etkisi	36
Şekil 4.2. Farklı dozlardaki ⁶⁰ Co uygulamasının yengeç çiminin ‘M’ genotipinde yaşama oranı üzerine etkisi	37
Şekil 4.3. Yengeç çiminin ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinin tek nod içeren stolon parçalarının yaşama oranlarına gama ışını dozlarının etkisi	38
Şekil 4.4. Yengeç çiminde ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda kanopi yüksekliği üzerine etkileri	40
Şekil 4.5. Yengeç çiminde ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde gama ışını uygulamaları sonucu elde edilen mutant hatlara ait kanopi yüksekliklerinde gözlenen değişim: a-) G40-1, b-) G40-6, c-) G80-1, d-) G120-1, e-) M100-1, f-) M50-1	41

Şekil 4.6. Yengeç çiminde ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda yaprak ayası uzunluğu üzerine etkileri	43
Şekil 4.7 Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamaları sonucu mutant hatlarda yaprak ayası uzunluklarında görülen varyasyon: a-) G-Kontrol, b-) G20-2, c-) G40-2, d-) G80-1, e-)M-Kontrol, f-) M50-1, g-) M-Kontrol, h-) M100-1	44
Şekil 4.8. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda yaprak ayası genişliği üzerine etkileri	44
Şekil 4.9. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamaları sonucu elde edilen mutant hatlara ait yaprak ayası genişlikleri: a-) G-Kontrol, b-) G20-1, c-) M-Kontrol, d-) M50-1.....	45
Şekil 4.10. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda çiçek yoğunluğu üzerine etkileri.....	46
Şekil 4.11. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda çiçek sapı uzunluğu üzerine etkileri.....	49
Şekil 4.12. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda çiçekçik sayısı üzerine etkileri	51
Şekil 4.13. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda stolon boğum arası (internod) uzunluğu üzerine etkileri	52
Şekil 4.14. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamaları sonucu elde edilen mutant hatlara ait stolon boğum arası uzunlukları: a-) M100-2, b,c-) M-Kontrol, d-) M100-3, e-) G-Kontrol, e-) G40-3, f-) G40-5, h-) G80-1	53
Şekil 4.15. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda stolon çapı üzerine etkileri	54
Şekil 4.16. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamaları sonucu elde edilen mutant hatlara ait stolon çapları: a-) G-Kontrol, b-) G40-6, c-) G-Kontrol, d-) G20-2, e-) M-Kontrol, f-) M-100-2.....	54
Şekil 4.17. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda stolon I uzunluğu üzerine etkileri.....	56

Şekil 4.18. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamaları sonucu elde edilen mutant hatlarda stolon I uzunlukları açısından görülen değişim: a-) M-Kontrol, b-) M100-2, c-) G-Kontrol, d-) G20-1, e-) G-80-1	56
Şekil 4.19. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda stolon II uzunluğu üzerine etkileri	57
Şekil 4.20. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamaları sonucu elde edilen mutant hatlara ait stolon II uzunlukları: a-) M-Kontrol, b-) M100-2, c-) G40-6, d-) G80-1, e-) G-Kontrol	57
Şekil 4.21. Yengeç çimi ‘G’ genotipinde farklı dozlarda gama ışını uygulamaları sonucu elde edilen mutant hatlara ait stolon sayılarında gözlemlenen varyasyon: a-) G20-2, b-) G40-2, c-) G40-6, d-) G80-1	59
Şekil 4.22. Yengeç çimi ‘M’ genotiplerinde 100 Gy dozunda gama ışını uygulaması sonucu elde edilen M100-2 mutant hattına ait stolon sayıları.....	59
Şekil 4.23. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda stolon sayısı üzerine etkileri	60
Şekil 4.24. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda yaprak ayası uzunluğu üzerine etkileri.....	61
Şekil 4.25. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamaları sonucu elde edilen mutant hatlara ait stolon yaprak ayası uzunlukları ve genişliklerinde gözlemlenen varyasyon: a-) M-Kontrol, b-) M100-3, c-) G-Kontrol, d-) G20-1, e-) G40-5.....	62
Şekil 4.26. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda yaprak ayası genişliği üzerine etkileri.....	62
Şekil 4.27. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde apikal meristemden geriye doğru dördüncü nod üzerinde sürgün sayısı/büyüme noktası: a-) Yengeç çimi ‘G’ genotipi, b-) Yengeç çimi ‘M’ genotipi	63

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Çim türlerinin gölgeye göreceli dayanım durumları.....	8
Çizelge 2.2. Çim türlerinin oransal olarak yüksek sıcaklıklara dayanım durumları.....	8
Çizelge 2.3. Çim türlerinin kurağa göreceli dayanımları.....	10
Çizelge 2.4. Çim türlerinin tuza göreceli dayanıklılığı.....	11
Çizelge 3.1. Farklı gama ışını dozlarının oldukça kaba yapıdaki yengeç çimi genotipinde ('M') 6 ve 8. hafta sonundaki yaşama oranlarına etkisi.....	28
Çizelge 4.1. 'G' genotipinin kontrol ve farklı gama ışını dozlarında yaşama oranları...	36
Çizelge 4.2. 'M' genotipinin kontrol ve farklı gama ışını dozlarında yaşama oranları ..	37
Çizelge 4.3. Yengeç çimin 'G' ve 'M' genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulaması sonrası tespit edilen mutasyon frekansı.....	38
Çizelge 4.4. Yengeç çimi 'G' ve 'M' genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda kanopi yüksekliği üzerine etkileri	39
Çizelge 4.5. Yengeç çimi 'G' ve 'M' genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının yaprak ayası uzunluğu genişliği üzerine etkileri	42
Çizelge 4.6. Yengeç çimi 'G' ve 'M' genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda çiçek yoğunluğu üzerine etkileri	45
Çizelge 4.7. Yengeç çimi 'G' ve 'M' genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda başak uzunluğu üzerine etkileri	47
Çizelge 4.8. Yengeç çimi 'G' ve 'M' genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda başak genişliği üzerine etkileri ..	48
Çizelge 4.9. Yengeç çimi 'G' ve 'M' genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda çiçek sapı uzunluğuna etkileri ..	49
Çizelge 4.10. Yengeç çimi 'G' ve 'M' genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda çiçekçik sayısı üzerine etkileri.....	50
Çizelge 4.11. Yengeç çimi 'G' ve 'M' genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda stolon boğum arası (internod) uzunluğu ve stolon çapı üzerine etkileri.....	52

Çizelge 4.12. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda stolon (I,II) uzunluğu üzerine etkileri	55
Çizelge 4.13. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda stolon sayısı değerlerine etkisi	58
Çizelge 4.14. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda stolon yaprak ayası uzunluğu ve genişliği üzerine etkileri	61
Çizelge 4.15. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda renk değerleri üzerine etkileri.....	63
Çizelge 4.16. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda klorofil içeriği üzerine etkileri	64
Çizelge 4.17. Yengeç çimi ‘M’ ve ‘G’ genotiplerinin morfolojik özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları	65

1. GİRİŞ

Antarktika hariç bütün kıtalarda bulunan *Stenotaphrum secundatum* (Walt.) Kuntze (yengeç çimi), subtropik ve tropik iklimin hâkim olduğu bölgelerde; yeşil alanlarda yaygın kullanılan, çok yıllık bir çim türüdür. Sıcak iklim çim türleri içinde gölge toleransı en iyi tür olan yengeç çimi, güneş ışığının %30-50'sinin engellendiği ortamlarda bile yaşamını sürdürebilmektedir (Busey vd 2003). Bu bakımdan, yengeç çimi düşük ışık koşullarında, bermuda çimi (*Cynodon* sp.), kırkayak çimi (*Eremochloa* sp.), ve Japon çimi türlerinden (*Zoysia* sp.) daha iyi performans göstermektedir (Beard 1973). Genel olarak ağaçlar altında oluşan yoğun gölgenin bermuda gibi çim türlerinin kullanımını olanaksızlaştırdığı peyzaj alanlarında başarıyla kullanılan yengeç çimi, bu özelliği bakımından önemli bir potansiyel sunmaktadır. Gölgeye toleransının mükemmel olmasının yanı sıra, diğer sıcak iklim çim türleriyle karşılaştırıldığında daha az bakım istemesi ve stolonlarıyla hızlıca yayılabilmesi tercih edilme nedenlerinden sadece bir kaçıdır (Reynolds vd 2009).

Yengeç çimi, Amerika'da ev bahçeleri ve kamuya ait çim alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Reynolds vd 2009) (Şekil 1.1) Florida eyaletinde yeşil alanlarda kullanılan temel çim türü olup, 2001 yılında yapılan bir araştırmaya göre eyaletteki çim alanların % 70'inin yengeç çimi ile oluşturulduğu belirtilmiştir (Busey vd 2003). Aynı şekilde, Carter ve Duble (1976) yaptıkları bir çalışmada Amerika'da Gulf Coast (körfez kıyısı) bölgesindeki çim alanların % 96'sının yengeç çimiyle oluşturulduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 1.1. Amerika'da bir ev bahçesinde kullanılmış yengeç çimi

Nadiren tohum üreten, stolonlarıyla hızlıca yayılan, kaba yapılı, sert dokulu bir tür olan yengeç çimi (Şekil 1.2), yoğun bir çim yüzeyi oluşturarak alanda yabancı ot büyümesini engelleyebilmektedir. Diğer sıcak iklim çim türlerinin deniz kenarlarındaki rüzgârlı hava şartları, kumul alanlar gibi iyi gelişim gösteremediği koşullarda yengeç çimi iyi bir çim kalitesinin oluşmasına olanak sağlamaktadır (Anonim 2015a). Ancak kısa biçim yüksekliğini tolere edememesi, kaba yapılı olması, düşük trafik dayanımı ve

yavaş geri gelme yeteneği (kendini yenileyebilme) gibi handikaplarından dolayı aktif spor alanlarında tercih edilememektedir (Moseley vd 2012). Yol kenarlarında, meyve bahçelerinde, meralarda, ırmak ve deniz kenarlarında, mezarlıklarda ve zarar görmüş alanlarda yer örtücü olarak kullanılan yengeç çimi, ayrıca erozyon kontrolü ve kumulların stabilizasyonu gibi koruma amacıyla geniş bir kullanım alanına sahiptir (Anonim 2015a). Yengeç çiminin ev bahçelerinde ve yeşil alanlarda bu kadar önem kazanmasında, diğer sıcak iklim çim türleriyle karşılaştırıldığında daha yüksek gölge toleransına sahip olması, tuzluluğa toleransının iyi olması, çeşitli iklim ve edafik şartlara uyum sağlayabilmesi ve nispeten daha az bakıma ihtiyaç duyması önemli rol oynamaktadır (Reynolds vd 2009).



Şekil 1.2. Yengeç çimi genel çiçek yapısı ve stolonları

Bakım masrafları düşük olan bu tür ülkemizde sıcak iklim koşullarında tesis edilen yeşil alanlarda bermuda çimine alternatif olarak kullanılabilir ve özellikle de gölge alanlara uygun çim türü arayışında olan sektör için önemli bir potansiyel sunabilir. Ülkemizin Akdeniz ve Ege sahil bölgelerine adaptasyonu oldukça iyi olan bermuda çimi, gerek hızlı tesis kabiliyetinden, gerekse basılmaya karşı dayanıklı olduğundan yoğun tercih edilen bir türdür. Ancak, bermuda çiminin iyi bir gelişme ve büyüme için en az 6-8 saat tam güneşlenme gerektirmesi ve gölge toleransının çok zayıf olması nedeniyle, gölge alanlarda kullanılabilecek alternatif çim türü arayışına gidildiği görülmektedir. Gölge koşullarda bermuda çimi strese girmekte ve zamanla seyrekleşerek alandan kaybolmaktadır. Bu tür alanlarda gölge toleransı nispeten daha iyi olan bazı serin iklim çim türlerinin dâhil edildiği çim karışımların bölgede yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir (Sever Mutlu vd 2011). Ancak Ege ve Akdeniz bölgelerinde yaz aylarındaki yüksek sıcaklıklar serin iklim çim türlerini strese sokarak gelişimlerini engellemekte ve bu alanların her yıl yenilenmeleri gerekmektedir. Çim alanların her yıl yeniden tesis edilmeleri ise yeşil alan bakım maliyetlerini önemli

ölçüde arttırmaktadır. Ülkemizde ve dünyada çim alanların tesisi ve bakımı için yılda milyonlarca dolar harcanmaktadır. Ev bahçeleri veya atletik sahalar gibi farklı kullanım amacına, iklim, toprak ve bakım şartlarına uygun bir dizi çim tür/çeşitleri bulunmaktadır. Bu nedenle mevcut durum için en uygun tür ve varyetelerin seçilmesi önem kazanmaktadır. Gölgeye dayanıklı olmayan türler yoğun gölge altında güç kaybederek seyrekleşmesine ve zayıflamasına karşın yengeç çimi aynı şartlarda iyi gelişim göstermektedir (Mullen ve Shelton 1996) (Şekil 1.3). Bu bakımdan, yengeç çimi ülkemizin sıcak iklim bölgelerinde, yarı gölge ve gölge koşullara sahip, düşük trafik baskısı altında olan, ince bir çim dokusunu gerektirmeyen ve düşük bakım şartlarının uygulanacağı koşullardaki çim alanlarda bermuda çimine alternatif olarak sunulacak önemli bir sıcak iklim çim türü olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 1.3. Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü'nde yoğun çam ağaçları altında sorunsuz büyüme gösteren yengeç çimi

Hemen hemen bütün toprak çeşitlerinde yetişen (Smith ve Valenzuela 2002), sıcaklığı iyi tolere eden türün (Taylor ve Gray 2010) nemli ve sulama yapılan alanlara çok iyi uyum sağladığı bildirilmektedir (Busey vd 2003). Ayrıca yengeç çimi çoğu sıcak iklim çim türüne göre tuza daha dayanıklı olduğundan (Trenholm vd 1991) sahil kesimlerinde ve kumlu topraklarda mükemmel bir gelişme gösterdiğinden (Taylor ve Gray 2010) golf sahalarının rough (kaba çim) denilen ve kısa biçim gerektirmeyen bölgelerinde kullanım için de uygun bir türdür.

Genel olarak sığ köklü olmaya yatkın türler, kuraklık şartlarına diğer çim türleri kadar dayanmamaktadır (Brosnan ve Deputy 2008). Benzer şekilde yengeç çiminin köklerinin de yüzeye yakın olması nedeniyle, kurak şartlara dayanımı düşüktür. Fazla miktarda azot gübrelemesi ve sulama yapıldığında ise keçe tabakası oluşturmaya yatkındır. Artan keçe tabakası ise hastalık ve böcek gibi zararlılar için uygun ortam oluşturabilmektedir (Patton ve Boyd 2010).

Yoğun kentleşmenin olduğu alanlarda binalar arasına sıkışmış ev bahçeleri ve parklar için yüksek potansiyele sahip olan yengeç çimi ülkemizde yeterince tanınan ve kullanılan bir tür değildir. Türkiye'de kullanım alanının kısıtlı olmasının en önemli nedenlerinden birisi; genetik nedenlerden dolayı tohum üretimi problemlili olan bu türde tohum satışının yapılamamasıdır. Üstelik bu türde büyük bir kısmı ABD'de mutasyon

ıslahı teknikleri kullanılarak geliştirilen ve neredeyse tamamı vejetatif olan kaliteli çeşitlerin tümü patentlidir ve ülkemizde henüz ticarete konu olmamıştır. Yengeç çiminin üretimi ve çoğaltımı temel olarak vejetatif olup, bu tür ile çim alan tesisinde çim fideleri (plugging), rulo çim (sodding) veya stolon çelikleri (sprigging) yöntemi kullanılmaktadır (Beard 1973) (Şekil 1.4). Tohumlu çeşitlerin geliştirilmesi ve bu yolla, bu türde mevcut genetik tabanının genişletilmesi için çaba sarf edilmesine rağmen günümüze kadar başarılı bir sonuç alınamamıştır (Busey vd 2003). Bu nedenle ticarete konu olan tüm çeşitler klonal vejetatif varyetelerdir.



Şekil 1.4. Yengeç çimi ile çim alan oluşturulmasında kullanılan temel yöntemler:
a-) çim fideleri, b-) rulo çim, c-) stolon çelikleri

Yengeç çimi subtropik bölgelerde ekim-mayıs ayları aralığında çiçeklenmektedir. Ilıman ve subtropik iklim bölgelerinde yılın sadece sıcak aylarında aktif olan yengeç çimi kış aylarında dormansiye (dinlenme) girerek sararmakta, ilkbaharda aktif büyümeyi başlatarak yeniden yeşil rengine kavuşmaktadır (Beard 1973, Karagüzel, 2010). Ayrıca, kışların daha ılıman geçtiği nemli alanlarda yıl boyu aktif gelişimini devam ettirebilmektedir. Sıcak iklim çim türleri arasında soğuğa en dayanıksız tür olduğu belirtilen yengeç çimi, sıcaklık -5°C 'nin altına düştüğünde zarar görebilmektedir (Beard 1973, Philley vd 1998, Reynolds vd 2009). Bu sebeple, Reynolds vd (2009) geçiş bölgelerinde tesis edilecek yeşil alanlar için yengeç çiminin daha bodur özelliklere sahip ve soğuğa dayanımı iyileştirilmiş varyetelerine ihtiyaç duyulduğunu belirtmişlerdir.

Çok iyi gölge toleransı ve düşük bakım ihtiyacı nedeniyle Amerika'nın özellikle güney kesimlerinde kullanım bulan yengeç çimi ülkemizde kısıtlı alanlarda kullanılan bir türdür. Kaba yapısı yeşil alanlarda çok daha yaygın kullanımını kısıtlamaktadır. Bu nedenle daha ince tekstürlü ve bodur yapıda gelişim gösteren yengeç çimi varyetelerinin geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Ülkemizde yengeç çiminin ıslahı veya çim kalitesinin iyileştirilmesi üzerine yapılmış herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Türkiye'de çim bitkilerinde mutasyon ıslahı konusunda yapılmış çalışmalar da oldukça sınırlıdır (Sever Mutlu vd 2015).

Bu çalışmada, Türkiye'ye uzun yıllar önce getirilmiş, ancak orijini bilinmeyen kaba ('G') ve oldukça kaba yapıda ('M') gelişim gösteren iki farklı klonal yengeç çimi genotipine farklı dozlarda gama ışını uygulanarak, kullanılan genotipler düzeyinde; bu türde LD₅₀ ve LD₈₀ dozlarının saptanması ve daha ince tekstüre sahip, bodur gelişim gösteren hatların geliştirilebilmesi amaçlanmıştır.

2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI

2.1. Yengeç Çiminin Morfolojik Özellikleri, Çevresel Streslere Dayanımı, Genel Çim Karakteristikleri Açısından Değerlendirilmesi ve Kullanımı

Tropik ve subtropik bölgelerde geniş dağılım gösteren yengeç çimi belirtilen iklim bölgelerinin önemli bir çim türüdür (Li 2007). Genetik olarak, *Stenotaphrum* cinsi geniş olup yedi türden oluşmaktadır. Bu türlerin hepsi Doğu Afrika'nın sahil kesimlerinden Güney Pasifiklere kadar doğal olarak yayılış göstermektedir. Yengeç çimi (*S. secundatum*) farklı ploidi seviyelerinde hat/çeşitleri içerir. *S. secundatum*, *S. dimitatum*'un evrimleşmesinden oluşan kısır bir türdür (Mullen ve Shelton 1996). Temel kromozom sayısı $x=9$ olup diploidlerde $2n=2x=18$, triploidlerde $2n=3x=27$ ve tetraploidlerde $2n=4x=36$ 'dır (Milla-Lewis vd 2013). Yengeç çiminde morfolojik varyasyonlar kromozom farklılıklarıyla ilişkilidir. Ploidi seviyelerindeki en bariz fark; poliploidler kaba yapıda, mavi- yeşil ve daha az doymuş renklere sahipken; diploidler yavaş büyüyen ve daha dar, parlak yeşil yapraklara sahiptir (Genovesi vd 2009). Genel olarak 20-30 °C'de iyi gelişim gösteren yengeç çiminin gelişimi sıcaklıkların 10 °C'nin altına indiği dönemlerde sınırlanmaktadır. Yengeç çiminin diploid çeşitleri, poliploid çeşitlerine göre soğuğa ve dona karşı daha dayanıklıdır. Triploid çeşitlerin ise soğuğa dayanımı son derece azdır (Anonim 2015c). 1980 yılında North Caroline State University tarafından geliştirilen 'Raleigh' yengeç çimi çeşitleri arasında soğuğa en dayanıklı olan çeşittir. Ama diğer çeşitler gibi 'Raleigh' de geniş yapraklara, uzun boğumlar arası mesafeye (internod) ve kaba bitki yapısına sahiptir (Li 2007).

Dünyada ilk yengeç çimi kullanımı 11 Kasım 1880'de Florida'da bir bulvar boyunca yeşil alan oluşturulmasıyla kayıt edilmiştir (Busey vd 2003). Yengeç çiminin orijini tam olarak bilinmemesine rağmen Kuzey Amerika'nın (Atlantik Okyanusu'nun kıyıları) yerel çim türü olduğu ve sonradan Orta ve Güney Amerika, Hindistan, Avustralya, Pasifiklerin kıyı şeritlerine doğru yoğun olarak yayılış gösterdiği belirtilmektedir (Chen 1992). Yengeç çimine 1800'lü yıllardan önce de Nijerya, Uruguay, Brezilya ve Batı Hint Adaları ve Hawaii'de yerel bitki olarak rastlanmıştır (Anonim 2015a). Weber (2003), yengeç çimini ıslak ormanların, sahil çimenliklerinin, fundalıkların, kıyı kumullarının ve zarar görmüş alanların bitkisi olarak tanımlamıştır. Yengeç çiminin diğer yaygın isimleri Avustralya ve Güney Afrika'da Buffalo çimi, Güney Amerika'da Charleston ve Latin Amerika'da St. Augustine çimidir (Busey vd 2003).

Yengeç çimi Güney Amerika, Batı Hint Adaları, Meksika, Afrika, Karayipler, Hawaii Adaları, Avustralya, Güney Pasifiklerde deniz seviyesi ile 800 m arasındaki alanlarda doğal olarak yetişmektedir (Taylor ve Gray 2010, Amini 2012). ABD Tarım Bakanlığı Doğal Kaynakları Koruma Servisi'nin (USDA - NRCS) verilerine göre yengeç çimi Hawaii'de 0-915 m rakımları arasında yaşamını sürdürebilmektedir (Smith ve Valenzuela 2002).

Yengeç çimi dayanıklı, stolonları ile yatay gelişim gösteren, 6-50 cm arasında boylanabilen, çok yıllık kuvvetli bir bitkidir (Anonim 2015a). Açık yeşil renkli stolonları uzun boğum aralıklı, şişkin boğumlu, geniş ve yassı yapraklıdır. Saçak kök sistemi de kuvvetli olan bu tür, kolay köklenen ve hızlıca yayılan stolonlarıyla

sürünerek, kaba yapılı fakat yumuşak, koyu mavi-yeşil çim örtüsü oluşturarak yabancı ot istilasını engellemektedir (Li 2007) (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Yengeç çimi genel morfolojisi a-) stolon, b-) başak yapısı, c-) kök ve sürgün, d-) yaprak ucu, e-) yaprak tabanı, f-) sürgün, yaprak ve çiçek yapısı, g-) erkek ve dişi çiçekler, h-) olgun çiçek

Yaprak kını basık, yassılaştırmış yapıda, gemi omurgası şeklinde olup uca doğru ve kın boyunca hafifçe kirpiklidir. Yakacık geniş ve tüysüzdür. Dilcik fark edilemeyecek kadar küçük (0.3 mm) tüylere sahiptir. Yaprak ayası tabanı geniş, düz, yaprak ayasına doğru genişleyen tipte ve kulaklıksızdır (Beard 1973). Yaprak ayası

yassı, 3-12 mm genişlikte, 3-15 cm uzunlukta, düzgün, pürüzsüz, yumuşak ve ucu hafif yuvarlaktır. Yaprakları çıkarken ortadan ikiye katlanmış vaziyette çıkar (Turgeon 1999). Yaprak ayası orta damarı altta belirgindir (Busey vd 2003). Yapraklar her boğum üzerinde grup halinde ve sık yapılıdır. Bir C4 bitkisi olan yengeç çiminin yaprakları tipik Kranz anatomisine sahiptir (Li vd 2010). Çiçek başakları kısa etli, bir yönlü, tek başak halinde, hafif yassı ve 4-15 cm uzunluğunda, 3-7 mm genişliğinde ve tohum bağlama oranı çok düşüktür (Karagüzel 2010). Tohumları kahverengi ve yaklaşık 2 mm uzunluğundadır (Chen 1992) (Şekil 2.1). Kromozom sayısı triploid olanlar ($3n=27$) tohum oluşturmaz; sterildir (Amini 2012). Yengeç çimi, görsel olarak *Eremochloa ophiuroides* (kırkayak çimi) ile karıştırılabilmektedir. Bu iki tür, yengeç çiminin yaprak uçlarının kırkayak çimine göre daha yuvarlak olması ve yengeç çiminde yapraklar dikey iki sıra halinde birbirinin karşısından çıkarken, kırkayak çiminde nodlardan çıkan ve birbirini izleyen yapraklardan ayırt edilebilir (Brosnan ve Deputy 2008).

Yengeç çimi ilkbahar, yaz ve sonbahar aylarında büyür ve gelişir. Kış döneminde sıcaklıkların 7-10 °C'nin altına düşmesiyle tüm sıcak iklim çim türlerinde olduğu gibi dinlenmeye girer rengi sarıya döner ve ilkbaharda tekrar yeşil rengine kavuşur (Karagüzel 2010). Ancak dinlenmeye giriş ve dinlenmeden çıkış dönemlerinde büyüme hızı bermuda çimi ve Japon çiminden daha yavaştır. Kuraklığa dayanıklılığı da bu çim türlerinden daha zayıf olmasına rağmen gölge dayanıklılığı mükemmeldir (Karagüzel 2010). Hemen her tür toprakta gelişim gösterebilen yengeç çimi nemli, iyi drene olan, pH'ı 6.5-7.5 olan kumlu tınlı topraklarda çok daha başarıyla yetişir (Beard 1973, Emmons 2000). Deniz kıyısında kullanıldığında kısa dönem su baskınlarını ve rüzgârların sebebiyet verdiği denizden gelen tuz spreysi serpintilerini (15 dS/cm^{-1} 'e kadar) tolere edebilen bu tür ince bir çim dokusu gerektirmeyen ve düşük ışık koşullarına sahip, park ve gezinti alanlarında yaygın olarak kullanılır (Smith ve Valenzuela 2002). Tropik ve subtropik iklim bölgelerinde kıyılardaki kumsallarda öncü bitki olarak kullanıma çok uygundur. Çok az bir bakım gerektiren, 4.0-6.5 cm biçim yüksekliğinde çok başarılı sonuç veren yengeç çimi gübreleme ve sulamaya da olumlu tepki vermekte ve aylık olarak 3-5 kg/da azot gübrelemesi yeterli olmaktadır. Buna karşın yengeç çiminde demir noksanlığı sık olarak görülmekte ve yaprak renkleri sarıya dönmektedir (Beard 1973).

Çim bitkilerinin gölge toleransları çevre koşulları ile yakından ilişkilidir. Düşük ışık şartlarının (gölgenin yoğunluğu) yanında bölgenin yağış durumu veya sulama etkinliği, biçim yüksekliği ve sıklığı, gübreleme, hastalık ve zararlıların gelişmesi gibi birçok faktör gölgeye dayanımı etkiler (Karagüzel 2010). Bu nedenle düzenli olarak çiğnenen gölge alanlarda kullanılacak türlerin seçimine büyük özen gösterilmelidir. *Lolium perenne* (İngiliz çimi), *Poa pratensis* (Çayır salkımotu) ve *Cynodon dactylon* (bermuda çimi) gibi trafik dayanımı yüksek türlerde gölgeye dayanıklı çeşitlerin ıslahına ağırlık verilmiştir. Örneğin tohumlu tip *Cynodon dactylon* çeşitleri gölgeye çok hassas olmalarına karşılık triploid 'Tifdwarf' (*C. dactylon* x *C. transvaelensis*) gibi çeşitler gölge şartlarda oldukça ümit var sonuçlar verebilmektedir (Karagüzel 2010). Çim bitkileri, çoğunlukla en iyi gelişimlerini tam güneş ışığı altında yapan bitkilerdir. Düşük ışık intensitesi çimlerde karbonhidrat depolarının azalması ve dolayısıyla kök, sürgün, stolon ve rizomlarda büyüme ve gelişmenin yavaşlamasına neden olur ve kısa sürede ölümler görülebilir (Beard 1973). Ancak türler arasında gölgeye dayanım açısından farklılıklar bulunur. Yengeç çimi sıcak iklim çim türleri arasında gölge

toleransı en iyi olan tür olarak bildirilmektedir (Emmons 2000). Çim türlerinin gölgeye dayanım durumları Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Çim türlerinin gölgeye göreceli dayanım durumları (Karagüzel 2010)

Türler	Gölgeye Dayanım
<i>Festuca rubra</i> var. <i>rubra</i> (Kırmızı yumak) <i>Festuca rubra</i> var. <i>commutata</i> (Kırmızı yumak) <i>Festuca longilofia</i> (Uzun yapraklı kırmızı yumak) <i>Agrostis canina</i> (Kahverengi tavusotu) <i>Poa nemoralis</i> (Bataklık salkımotu) <i>Stenotaphrum secundatum</i> (Yengeç çimi) <i>Zoysia matrella</i> (Manila çimi)	Çok iyi
<i>Poa trivialis</i> (Adi salkımotu) <i>Dactylis glomerata</i> (Domuz ayrığı) <i>Agrostis stolonifera</i> (Stolonlu tavusotu) <i>Agrostis tenius</i> (Narin tavusotu) <i>Zoysia japonica</i> (Japon çimi) <i>Axonopus compressus</i> (Tropik halıotu)	İyi
<i>Eremochloa ophioides</i> (Kırkayak çimi) <i>Festuca arundinacea</i> (Kamışsı yumak) <i>Festuca rubra</i> var. <i>rubra tricophylla</i> (Narin kırmızı yumak) <i>Agrostis alba</i> (Ak tavusotu) <i>Lolium perenne</i> (İngiliz çimi) <i>Festuca pratensis</i> (Çayır yumağı)	Orta
<i>Cynodon dactylon</i> (Bermuda çimi) <i>Cynodon transvaalensis</i> (Uganda çimi) <i>Poa pratensis</i> (Çayır salkımotu)	Zayıf

Bir sıcak iklim çim türü olarak yengeç çiminin yüksek sıcaklıklara olan toleransı da oldukça iyidir. Serin iklim çim türlerinde, yüksek sıcaklığın olumsuz etkileri yaz aylarında çok sık görülür. Yüksek sıcaklıklara toleranslarının daha düşük olması serin iklim çim türlerinin sıcak iklim bölgelerinde kullanımını sınırlayan en önemli faktördür (Beard 1973). Çim bitkilerinin yüksek sıcaklığa dayanımları türlere göre farklılık göstermektedir (Emmons 2000). Çim türlerinin sıcaklıklara dayanımları Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Çim türlerinin oransal olarak yüksek sıcaklıklara dayanım durumları (Karagüzel 2010)

Türler	Sıcağa Dayanım
<i>Zoysia</i> sp. (Japon çimi) <i>Eremochloa ophiuroides</i> (Kırkayak çimi) <i>Stenotaphrum secundatum</i> (Yengeç çimi) <i>Cynodon dactylon</i> (Bermuda çimi) <i>Cynodon transvaalensis</i> (Uganda çimi)	Çok iyi

Çizelge 2.2. Çim türlerinin oransal olarak yüksek sıcaklıklara dayanım durumları (Karagüzel 2010)

<i>Festuca arundinacea</i> (Kamışsı yumak)	
<i>Festuca longifolia</i> (Uzun yapraklı kırmızı yumak)	
<i>Festuca ovina</i> (Çayır yumakotu)	
<i>Festuca pratensis</i> (Çayır yumağı)	
<i>Agrostis stolonifera</i> (Stolonlu tavusotu)	İyi
<i>Poa pratensis</i> (Çayır salkımotu)	
<i>Agrostis tenius</i> (Narin tavusotu)	
<i>Festuca rubra</i> var. <i>commutata</i> (Kırmızı yumak)	
<i>Festuca rubra</i> var. <i>rubra</i> (Kırmızı yumak)	
<i>Festuca rubra</i> var. <i>tricophylla</i> (Narin kırmızı yumak)	
<i>Poa compressa</i> (Yassı salkımotu)	
<i>Festuca tenuifolia</i> (Narin yapraklı kırmızı yumak)	Orta
<i>Lolium perenne</i> (İngiliz çimi)	
<i>Agrostis alba</i> (Ak tavusotu)	
<i>Lolium multiflorum</i> (İtalyan çimi)	Zayıf
<i>Poa trivalis</i> (Adi salkımotu)	
<i>Phleum pratense</i> (Çayır kelpkuyruğu)	

Sıcaklığın büyüme için gerekli optimum derecelerden daha aşağıya doğru inmesi ile birlikte çim bitkilerinin büyüme ve gelişmeleri yavaşlar. Fotosentez ürünlerinin kloroplastlardan büyüme noktalarına doğru taşınması ilk önce yavaşlar ve sıcaklığın aşırı düşmesi halinde ise durur. Optimum sıcaklık alt sınırının 15 °C olduğu sıcak iklim çim bitkilerinde, sıcaklığın bu derecenin altına inmesi sürgünlerde büyüme ve gelişmenin zayıflamasına yol açar (Beard 1973). Bir sıcak iklim çim türü olan *Cynodon dactylon* türünde sıcaklığın 10 °C ve altına inmesi, sürgün gelişiminin durması ve bitkilerin dormansiye girmesiyle sonuçlandığı bildirilmektedir (Youngner 1959). Sıcak iklim çim türleri arasında soğuğa en dayanıksız tür olduğu belirtilen yengeç çimi, sıcaklık -5 °C'nin altına düştüğünde zarar görebilmektedir (Reynolds vd 2009). Philley vd (1998) sekiz farklı yengeç çimi genotipi üzerinde yaptıkları bir araştırmada öldürücü sıcaklıkların -3.65 ile -5.25 °C aralığında değiştiğini ve ortalama -4.6 °C'nin altına indiğinde yengeç çimi bitkilerinin zarar gördüğünü belirtmişlerdir. Philley vd (1995) on dört farklı yengeç çimi genotipi ile yaptıkları çalışmada ise öldürücü sıcaklık değerlerinin -4.7 ile -7.7 °C aralığında olduğunu belirlemişlerdir. Yine Li vd (2010), 'Raleigh' çeşidinde -6 ve -8 °C'de bitkilerin tamamının öldüğünü, -2 °C'de bitkilerin % 90'ının, -4 °C ise bitkilerin % 33.3'ünün hayatta kalabildiğini belirtmişlerdir.

Bitki gelişimini sınırlandıran ve hatta engelleyen uzun süreli su stresi kuraklık olarak adlandırılır. Su stresinin uzun süre devam etmesi durumunda, önce büyüme yavaşlar, dokular su kaybeder ve sonuç olarak ölüm gerçekleşir (Beard 1973). Özellikle yaz aylarında yağışın ve sulama imkânının olmadığı bölgelerde kuraklık tehlikesi artabilmektedir. Çim türlerinin kurağa göreceli dayanıklılıkları Çizelge 2.3'te verilmiştir. Çeşitleri arasında geniş varyasyon olmakla birlikte yengeç çiminin kuraklık toleransı zayıf olarak bildirilmektedir (Emmons 2000).

Kim vd (1987) yaptıkları bir çalışmada toplam 58 adet *Cynodon*, *Paspalum*, *Eremochloa*, *Buchloë*, *Zoysia* ve *Stenotaphrum* çeşit ve genotipini 158 gün boyunca su stresine tabi tutarak kuraklık dayanımlarını araştırmışlardır. Kuraklık toleransı bakımından türler ve çeşitler arasında önemli farklılıklar bulunmuştur. Kuraklık toleransı oldukça zayıf olan *Eremochloa* türünde kuraklık sonrası sadece ‘Oklawm’ çeşidi tamamen geri gelmiştir. *Zoysia* çeşitlerinde %50’nin üzerinde yaprak yanması gözlenmiştir. Aynı çalışmada, ‘Floratom’ ve ‘Floralawn’ yengeç çimi çeşitlerinde mükemmel bir dehidrasyondan sakınım mekanizması gösterdikleri belirtilmiştir. Kuraklık başlangıcından 34 gün sonra belirtilen bu çeşitler % 50’den daha az yaprak yanması göstermiş ve % 90 oranında geri gelmişlerdir. Ancak, ‘Raleigh’ ve ‘Texas Common’ çeşitlerinin % 98 oranında yaprak yanmasına maruz kaldığı ve yaklaşık % 20 oranında geri geldikleri belirlenmiştir.

Çizelge 2.3. Çim türlerinin kurağa göreceli dayanım durumları (Karagüzel 2010)

Türler	Kurağa Dayanım
<i>Cynodon dactylon</i> (Bermuda çimi) <i>Cynodon transvaalensis</i> (Uganda çimi) <i>Zoysia</i> sp. (Japon çimleri) <i>Paspalum notatum</i> (Parlak yalancısı) <i>Agropyron cristatum</i> (Otlak ayrığı) <i>Bromus inermis</i> (Kılçıksız brom)	Çok İyi
<i>Festuca longifolia</i> (Uzun yapraklı kırmızı yumak) <i>Festuca arundinacea</i> (Kamışsı yumak) <i>Festuca rubra</i> (Kırmızı yumak) <i>Dactylis glomerata</i> (Domuz ayrığı)	İyi
<i>Poa pratensis</i> (Çayır salkımotu) <i>Agrostis alba</i> (Ak tavusotu) <i>Phleum pratense</i> (Çayır kelpkuyruğu) <i>Poa compressa</i> (Yassı salkımotu)	Orta
<i>Festuca pratensis</i> (Çayır yumağı) <i>Stenotaphrum secundatum</i> (Yengeç çimi)	Zayıf
<i>Eremochloa ophiuroides</i> (Kırkayak çimi) <i>Axonophus affinis</i> (Adi halıotu) <i>Lolium trifolium</i> (İtalyan çimi) <i>Agrostis stolonifera</i> (Stolonlu tavusotu) <i>Poa trivalis</i> (Adi salkımotu) <i>Agrostis canina</i> (Kahverengi tavusotu) <i>Agrostis tenius</i> (Narin tavusotu)	Çok Zayıf

Toprakta tuz oranı çim bitkileri yetiştiriciliğinde önemli bir sorundur. Tuzlu topraklarda eriyebilir tuzlar (özellikle Cl_2 ve SO_4) toksik düzeylerde bulunur. Tuzluluk problemi drenaj sorunları bulunan kurak ve yarı kurak bölgelerde sık görülür (Karagüzel 2010). Tuzluluk desisiemens ($dS.m^{-1}$) ile ifade edilir. Toprakta tuzluluk $4 dS.m^{-1}$ değerini aştığında bitkiler zarar görmeye başlar, $15 dS.m^{-1}$ üzerindeki tuzluluk değerlerinde ise ancak birkaç çim bitkisi türü gelişebilir (Karagüzel 2010). Genel olarak yengeç çiminin tuzluluk toleransının iyi olduğu ancak çeşitleri arasında varyasyon

olduğu bildirilmektedir (Emmons 2000, Busey 2003). Çim türlerinin tuza göreceli dayanıklılıkları Çizelge 2.4'te verilmiştir.

Dudeck vd (1993), yengeç çimi 'Floralawn', 'Floratom', 'Floratine' ve 'Seville' çeşitlerinin tuzluluğa karşı tepkilerini araştırmışlardır. 'Floratom', 'Floratine' ve 'Floralawn' çeşitlerinin 22.8 dS. m^{-1} tuzluluk değerinde büyüme oranlarının % 50 oranında azaldığı buna karşın 'Seville' çeşidinde aynı oranda büyümeyi azaltan tuzluluk değerinin 28.1 dS.m^{-1} olduğu bulunmuştur. Diğer üç çeşide oranla 'Seville' çeşidinin tuzluluk toleransının iki kat daha fazla olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, aynı çalışmada bitkilerin deniz suyu tuzluluk seviyesine eşit değerde tuzluluk içeren su ile sulandığında, büyümelerinde bir gerileme olmasına karşın, ölüm gözlemlenmediği belirtilmiştir. Yengeç çiminin, yüksek tuzluluk problemine kök ve sürgünlerdeki sodyum (Na^+) ve klor (Cl^-) konsantrasyonunu artırarak yanıt verdiği bildirilmektedir (Mullen ve Shelton 1996).

Çizelge 2.4. Çim türlerinin tuza göreceli dayanıklılığı (Karagüzel 2010)

Türler	Tuza Dayanıklılık	Elektriki Kondaktivite (dS.m^{-1})
<i>Paspalum notatum</i> (Parlak yalancıdarı) <i>Cynodon dactylon</i> (Bermuda çimi) <i>Cynodon transvaalensis</i> (Uganda çimi) <i>Zoysia</i> sp. (Japon çimleri) <i>Agrostis stolonifera</i> (Stolonlu tavusotu) <i>Stenotaphrum secundatum</i> (Yengeç çimi)	İyi	8-16
<i>Festuca arundinacea</i> (Kamışsı yumak) <i>Agropyron cristatum</i> (Otlak ayrığı) <i>Bromus inermis</i> (Kılçıksız brom) <i>Lolium perenne</i> (İngiliz çimi)	Orta	4-8
<i>Festuca elatior</i> (Yüksek çayır yumağı) <i>Festuca rubra</i> (Kırmızı yumak) <i>Poa pratensis</i> (Çayır salkımotu) <i>Agrostis alba</i> (Ak tavusotu)	Zayıf	4

Yengeç çiminin biyotik ve abiyotik streslere karşı dayanım bakımından geniş varyasyon gösteren birçok çeşidi mevcuttur. Yaygın olarak kullanılan 'Common' çeşidi 1800'lü yıllardan önce evrimleşmiştir. Bazı hastalık ve zararlılara karşı dirençsiz ve soğuklardan etkilenen bu çeşit, kaba ve seyrek bir çim örtüsü oluşturur. Açık yeşil yaprak rengine sahip olan 'Common' çeşidi estetik görünüşün önemli olmadığı alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Trenholm vd 1991). 'Classic' çeşidi ise soğuklara karşı en dayanıklı çeşitlerdendir ama yaygın kullanılan 'Common' çeşidi gibi kaba yapılı olup koyu yeşil renge sahiptir (Brosnan ve Deputy 2008). 1930'lu yıllarda geliştirilen 'Bitterblue' ise 'Common' çeşidine göre daha ince, daha koyu mavi-yeşil renkte ve daha yoğun bir çim yüzeyi oluşturur. Soğuk toleransı da geliştirilmiş olan 'Bitterblue' çeşidi bazı hastalık ve zararlılara karşı dirençsizdir (Rosenberger ve Busey 1992). 1962 yılında piyasaya sürülen 'Floratine' ise 'Bitterblue' çeşidinden yapılan

seleksiyon sonucu geliştirilmiştir. Bu çeşit daha ince bir yaprak tekstürüne sahiptir ve ‘Common’ çeşidine göre daha kısa biçime olanak sağlayan yere yakın büyüme özelliği göstermektedir. ‘Floratine’ çeşidinin diğer bütün özellikleri ‘Bitterblue’ ile benzerlik göstermektedir (Trenholm vd 1991). ‘Floratam’ 1973 yılında Florida ve Texas A&M üniversitelerinin işbirliği sonucu geliştirilmiş ve piyasaya sürülmüştür ‘Floratam’ Florida’da en çok üretilen ve kullanılan yengeç çimi çeşitlerinden biridir. Kaba tekstürlü olan bu çeşit ile oluşturulan çim yüzeyinin sıklığı alana düşen gölgenin artmasıyla ters orantılı olarak azalmaktadır. Diğer çeşitlere göre daha uzun dormansi dönemine sahip olan bu çeşidin baharda yeniden yeşermesi için geçen süre diğer çeşitlerle kıyaslandığında daha fazladır (Busey 1979). 1980 yılında North Carolina Üniversitesinde geliştirilen ‘Raleigh’ soğuğa en dayanıklı yengeç çimi çeşididir. Kaba tekstüre sahip olmasına rağmen Florida’da düşük sıcaklıkları tolere edebildiğinden dolayı yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu çeşit, sıcaklıkların en üst seviyede olduğu yaz ayları süresince hafif sararmakta ve sıcaklığın daha serin olduğu zamanlarda ise güçlü bir gelişme göstermektedir (Brosnan ve Deputy 2008). ‘Palmetto’ ise 1988 yılında Florida’da geliştirilmiştir. Yüksek gölge, kuraklık ve soğuk toleransına sahip olan bu çeşit yere yakın bir büyüme karakteri göstermektedir. Internod uzunluğu birçok yengeç çimi çeşidinden daha kısa olan bu çeşit bodur büyüme tipi göstermektedir (Emmons 2000). ‘DeltaShade’ ise 2005 yılında Environmental Turf firması tarafından piyasaya sürülmüş olan tescilli bir çeşit olup bodur tipte bir gelişim göstermektedir fakat diğer çeşitlere göre rengi çok daha açık yeşildir (Trenholm vd 1991). ‘Sapphire’ mavi-yeşil yapraklara, pembemsi stolonlara sahip estetik görünümlü bir diğer çeşittir (Trenholm vd 1991). ‘Seville’ çeşidi de koyu yeşil renkte, yere yakın büyüme gösteren, yarı bodur, ince tekstürlü bir çeşittir. Kompakt bir büyüme karakterine sahip olan ‘Seville’ çeşidi keçe tabakası ve sığ kök oluşturmaya meyillidir (Brosnan ve Deputy 2008). ‘Jade’ ve ‘Delmar’ çeşitleri de yarı bodur büyüme tipi göstermektedir ve rulo çim veya çim fidesi olarak satışı yapılmak üzere piyasaya sürülmüştür (Trenholm vd 1991). Koyu yeşil bir çim yüzeyi oluşturan ve gölge toleransı yüksek bu çeşitlerin internod uzunlukları kısa olup 4-6,5 cm yüksekliğinden biçilebilmektedir (Trenholm 1991). ‘Jade’ çeşidinin ‘Delmar’ çeşidine göre daha ince yaprak tekstürü ve daha iyi gölge toleransına sahip olduğu bildirilmektedir. ‘Delmar’ çeşidinin ise soğuk toleransı daha iyidir. Bu nedenle Florida’nın serin bölgelerinde yetiştirilmektedir. Bu iki çeşit de yavaş ve sürünücü bir büyüme göstermektedirler (Trenholm vd 1991).

Yengeç çiminin kaba yaprak tekstürü insanlar tarafından istenmeyen özelliklerindendir (Trenholm vd 1991). Bu özelliği türün çok daha yaygın kullanımının önündeki en büyük engellerden biridir. Yaprak ayasının genişliği bermuda çiminden 3-4 kat, nodlar arası mesafe (internod uzunluğu) de 4-5 kat daha uzun olabilmektedir (Li 2007). Çim endüstrisi aktif ve kazançlı bir sektördür. Yengeç çimi de tropik ve subtropik bölgelerdeki gölge alanlarda kullanıma potansiyeli en yüksek olan sıcak iklim çim türüdür. Bu nedenle daha ince yapılı yengeç çimi çeşitlerinin geliştirilmesi, türün daha geniş alanlarda kullanımını önemli ölçüde arttırabileceği düşünülmektedir.

2.2. Mutasyon Islahı ve Çim Bitkilerinde Kullanımı

Mutasyonlar, kalıtım materyalinin (DNA, RNA ve plasmid) fiziksel ve kimyasal yapısının değişmesi sonucu DNA dizininde gerçekleşen kalıtsal değişimler olarak tanımlanmaktadır (van Harten 1998). Mutasyon terimi, kromozomlardaki sayı ve yapı

değişiklikleri ile genlerdeki değişimleri içermektedir. Mutant terimi; mutasyona uğramış bir ya da birkaç özelliği değişmiş birey, mutajen ise; mutasyona neden olan fiziksel veya kimyasal etkeni ifade etmektedir (Karataş 2010). Fiziksel veya kimyasal mutajenler, yeni çeşitler geliştirmek için pratik yaklaşımlar sağlamaktadır. Mutasyonel değişiklikler eşeysiz üreme ile sağlanabilir ve ileriki seleksiyonlar için varyasyon yaratabilir (Powell vd 1974). Mutasyon tekniğiyle klasik ıslah metodlarına göre daha kısa sürede varyasyon oluşturmak ve bu varyasyon içinden istenilen özellikteki bitkileri seçmek mümkündür (Taş 1999). Islah çalışmalarında etkinliği arttırmak ve gerekli olan uzun süreyi kısaltmak amacıyla bitki ıslahçıları birkaç tekniği kombine etmektedirler (Karataş 2010).

Mutasyon ıslahı, herhangi bir türde belirli bir karakter açısından genotipik ve fenotipik varyasyon geliştirmek ve mevcut türlerdeki çeşitliliği arttırmak için kullanışlı bir yöntemdir (Khan ve Goyal 2009). Mutasyon ıslahında; fiziksel ve kimyasal mutajenlerden yararlanılarak, bitkilerin kromozomlarının yapı ve sayılarında ya da genlerinin fiziksel ve kimyasal yapılarında ani olarak bir takım kalıtsal değişiklikler meydana getirilebilir ve onlara yeni özellikler kazandırılabilir. Yapılan araştırmalar, mutasyon oluşturunca etkenlerin uygun doz ve sürelerde kullanılmasıyla kültür bitkilerinde verim, dayanıklılık, kalite, erkencilik ve uyum yeteneği konularında olumlu gelişmeler sağlanabileceğini göstermiştir (Şehirali ve Özgen 1988).

Mutasyonlar fenotipte meydana getirdiği değişimler nedeniyle morfolojik olarak tanımlanabilir niteliktedir (Ahloowalia vd 2004). Mutasyonların anlaşılması aynı zamanda bir genin anlaşılmasına yardımcı olacağından önem taşımaktadır. Mutasyonlar doğal olarak ortaya çıkabildiği gibi yapay olarak da oluşturulabilir. Doğal mutasyonlar oldukça düşük oranlarda oluşmaktadır (Ahloowalia vd 2004). Doğal mutasyonlara, organizmaya etki eden içsel (genetik yapı ve fizyolojik durumlar) ve dışsal faktörler (beslenme, sıcaklık, doğal radyasyon, kimyasal maddeler ve yüksek oksijen basıncı) neden olmaktadır. Bu şekilde oluşan doğal mutasyonlar, spontane mutasyonlar olarak bilinmektedir. Mutajen uygulamaları ile elde edilen mutasyonlar ise, uyarılmış mutasyonlar olarak tanımlanmaktadır (Ahloowalia vd 2004). Ökaryotik hücreler, generatif ve somatik olmak üzere iki tip hücre yapısına sahiptir. Mutasyonlar her iki hücre tipinde de oluşmaktadır. Generatif hücrede oluşanlar generatif mutasyon olarak tanımlanırken, somatik hücrelerde oluşan mutasyonlar somatik mutasyon olarak tanımlanmaktadır (Karataş 2010).

Bitkilerde evrimin temelini doğal mutasyonlar, melezlemeler ve doğal seleksiyonlar oluşturmaktadır (Başer vd 2007). Mutasyon ıslahının en zor aşaması mutasyonların seleksiyon aşamasıdır. Gen ve kromozom mutasyonları kalıcı genetik değişiklikler olup diğer jenerasyonlara aktarılabilir (Karataş ve Kunter 2012). Kromozom mutasyonları M1 ve sonraki jenerasyonlarda; gen mutasyonları ise daha çok resesif olduklarından M2 jenerasyonunda belirlenebilmektedir. Bu değişikliğin bir mutasyon mu, yoksa bir modifikasyon mu olduğu, M3 jenerasyonunda yapılacak döl kontrolü ile saptanabilir (Başer vd 2007).

Mutasyonlar fenotipik olarak, makro ve mikro olmak üzere ikiye ayrılırlar. Makro mutasyonlar; bitkilerde kolaylıkla anlaşılabilen, fenotipik olarak fark edilebilmekte ve morfolojik olarak farklı görünmektedir. Etkisi küçük olan mikro

mutasyonlar; genel olarak istatistiksel ve biyoteknolojik yöntemlerin yardımıyla tespit edilebilmektedir (Gulsen and Roose 2001, Girja vd 2013).

Mutasyon bitkilerden yeni tipler geliştirmek üzere yararlanılan en önemli ıslah metotlarından birisidir. Son yıllarda nükleer teknikler mutajen olarak kullanılarak tohum ve çeşitli bitki kısımlarına radyasyon uygulanıp genetik varyasyon yaratılarak mutant adaylar arasından amaca uygun bitki seçimleri yapılabilmektedir (Demir ve Turgut 1999). Mutasyon ıslahı çalışmalarında, mutasyon oluşturma amaçlı olarak; UV ışınları ile birlikte, iyonize radyasyon olarak da adlandırılan X ve gama ışınları, alfa ve beta partikülleri, proton ve nötronlar da kullanılır. Bunların her birinin özelliği enerjilerini vermeleri olup, bu olaya da iyonizasyon denir (Ahloowalia ve Maluszynski 2001). En önemli nükleer mutajen uzun yıllardır kullanılmakta olan X ışınlarıdır. Ancak X ışınlarının vejetatif olarak çoğaltılan bitkilerde, vejetatif dokuların derinliklerine kadar işlememesi nedeni ile günümüzde gama ve beta ışınları kullanılmaktadır. Gama ışınları dokuların milimetrelerce derinliğine işlerken, beta ışınları ancak santimetrelerce derinliğe işleyebilmektedir. Bu nedenle Cobalt-60 ve Sezyum-137 gama ışın kaynakları genetikle ilgili çalışmalarda geniş ölçüde kullanım alanı bulmaktadır (Demir ve Turgut 1999, Anonim 2002). Kobalt, doğada stabil olarak bulunan ve kimyasal sembolü Co olan bir metaldir. Radyoaktiflik özelliği yoktur. İsveç bilim adamı George Brandt tarafından 1735 yılında keşfedilmiştir. Islah çalışmalarında mutajen olarak kullanılan Kobalt-60 ise; doğadaki Kobalt'tan üretilmiş stabil olmayan bir radyoaktif izotoptur. Glenn T. Seaborg ve John Livingood tarafından, Kaliforniya Üniversitesi'nde 1930'lu yılların sonunda bulunmuştur. Kobalt-60, mutajen olarak ıslah çalışmalarında kullanımının yanı sıra gıdaların muhafazası, sterilizasyon işlemleri ve tıbbi amaçlı kullanım alanlarına da sahiptir (Anonim 2004).

Fiziksel mutajen uygulamalarında gama radyasyon uygulaması; kullanımının kolay olması, geçirgenliğinin yüksek olması sonucu hedef hücrelere ulaşabilmesi ve toksik herhangi bir etki ve zararının olmaması nedeniyle yoğun olarak tercih edilmektedir (Schum 2003). Doğrudan mutant çeşitlerin geliştirilmesinde, radyasyonla mutasyonun uyarılması en yaygın (% 89) kullanılan metottur. Mutajen uygulamalarında en çok radyasyon kaynağı olarak gama ışınları kullanılmakta olup (% 64), bunu X ışınları (% 22) takip etmektedir (Ahloowalia vd 2004). Işınsal kaynaklı mutajenler daha çok kromozom üzerinde yapısal değişimlerin ortaya çıkmasına sebep olurlar (Sağel 1988, Peşkircioğlu 1996, Kurt 2001). İyonize radyasyon grubunda olan gama ışınımı hücrede bol miktarda bulunan su molekülünün ayrışmasına ve bu yolla üç dört atomdan meydana gelmiş oksijen içeren serbest radikallerin oluşuma neden olmaktadır. Oluşan serbest radikaller DNA zincirinin kırılması, DNA zinciri boyunca nükleotidlerin ayrışması ve hücre organellerinin parçalanması gibi hücresel düzeyde büyük hasarlara neden olabilmektedir. Hücrede meydana gelen bu hasarlar özellikle hücre bölünmesini engelleyerek büyümenin gerilemesine neden olmaktadır (Kaya 2002).

Yüksek enerjili gama ışınları iyonlaştırıcı etkilerinden dolayı biyolojik yapılarda hücresel boyutlarda değişikliklere neden olurlar. Gama ışınımı, kararsız halde bulunan atom çekirdeklerinin kararlı hale geçerken yaydıkları yüksek enerjili fotonlar olup çeşitli alanlarda kullanımı vardır. Radyasyonun zirai alanlarda kullanılması genellikle tohum ıslahı şeklinde olmaktadır. Radyasyondan yararlanılarak mutasyona uğratılan

tohumlardan daha verimli, kaliteli ve dayanıklı hatlar elde edildiği bildirilmektedir (Anonim 2015b).

Gama ışını uygulamaları Kobalt-60, Sezyum-174 ve İridyum-192 gibi radyasyon kaynakları ile yapılmakta olup bu kaynaklarla çeşitli doz hızları aralığında ışınlama yapılabilmektedir. Düşük doz oranları (10 Gy/h civarında) hassas tohumlar için uygun iken yüksek doz oranları (160 Gy/h) sadece karpuz vb. gibi kalın koruyucu yüzeyleri olan tohumlar için kullanılmaktadır (Anonim 2015b).

Mutasyon yoluyla bitki ve hayvanlarda yeni tiplerin oluşumu ve bu mutant tiplerden yararlanma düşüncesi ilk kez; 1901 yılında Hugo de Vries isimli araştırmacının, Mutasyon Teorisi adlı eseriyle ortaya atılmıştır. Araştırmacı, bu eserde mutasyon yoluyla bitki ve hayvanlarda yeni tiplerin ortaya çıkabileceğini savunmuş ve 1904 yılında ABD’de verdiği bir konferansta röntgen (x) ışınlarının mutasyon yaratmak amacıyla kullanılmasını önermiştir (Fisher 1997).

Röntgen ışınlarının mutasyon yaratma yönünde etkili olduğu ise ilk kez 1927 yılında Drosophila’da (sirke sineği), Müller tarafından açıklanmıştır. Müller, bitkilerde genetik değişim için uyarılmış mutasyonların gelecekte önemli rol oynayacağını belirtmiştir (Micke vd 1987).

1928 yılında Stadler, röntgen ışınlarının arpa ve mısırdaki mutasyon, oluşturmada etkili olduğunu açıklamıştır. Sonraki yıllarda bitki ıslahçıları, bitki özelliklerini değiştirmek amacıyla uyarılmış mutasyonları kullanmaya başlamışlardır (Ahloowalia vd 2004).

Dünya tarım endüstrisinde, verim ve kalite bakımından üstün özellikte olan ve tüketicinin beğenisini kazanan çeşitler önemli yer tutmaktadır. Bu nedenle bitki ıslahı çalışmalarında, farklı iklim ve toprak koşullarına iyi adapte olabilen, hastalık zararlılara dayanımı yüksek ve aynı zamanda verim-kalite bakımından da üstün özelliklere sahip olan çeşitlerin elde edilmesi amaçlanmaktadır. Ekonomik değeri yüksek yeni çeşitlerin elde edilmesi amacıyla melezleme ve klonal seleksiyon gibi geleneksel ıslah metodları kullanılabilmesine karşın, melezleme ıslahıyla istenilenden çok sayıda özelliğin değişime uğraması gibi olumsuz bazı yönleri bulunmaktadır (Bilir Ekbiç ve Tangolar 2012).

Mutasyon ıslahı çalışmaları, bitkilerin çoğaltma organlarının fiziksel veya kimyasal mutajenler ile muamele edilmesine dayanmaktadır. Mutasyona dayalı bitki ıslahı çalışmalarının ilk amacı uygun mutajen dozu ile zengin bir fenotipik varyasyon yaratmak ve pozitif seleksiyon ile birkaç önemli özelliğin değiştirildiği daha iyi özelliklere sahip yeni çeşitlerin geliştirilmesidir (Ahloowalia ve Maluszynski 2001). Tohumla üretilen bitkilerde mutasyon ıslahının amaçları; çeşit veya hatlarda bir veya birkaç karakteri geliştirmek, ümit var hatlarda çeşit tescili için tanınabilir bir morfolojik markör ortaya çıkarmak, kullanılabilir hibrit varyetenin üretimi için erkek kısırılığı veya fertilitiyi restore etmek ve kalıtımı basit olan mutasyonlar elde etmektir (Taş 1999).

Bitki materyaline radyasyon uygulamada anahtar faktör, materyal tarafından emilen ışın enerjisinin miktarı olan dozdur. Absorbe edilen radyasyonun birimi

geçmişte rad olarak tanımlanmıştır. Bu tanımlama yaklaşık son 30-40 yıldır Gray (Gy) olarak değiştirilmiştir. 1 Gray = 100 rad'dır. 1 Gy, radyasyona tabi tutulan materyalin bir kilogramında absorblanan 1 joule'lük enerji miktarıdır. Yüksek dozlar gıda ürünlerinin sterilizasyonunda, düşük dozlar bitkilerde mutasyonlara sebebiyet vermek amacıyla kullanılırlar (Sağel vd 2002).

Mutasyon oluşturmak amacıyla radyasyon uygulandığında, bitkisel materyalde ışınlamanın dozuna bağlı olarak, yüksek fizyolojik zarar (%90 ölümcül) ve düşük mutasyon frekansı meydana geldiği gibi, yüksek mutasyon frekansı ve düşük fizyolojik zarar da meydana gelebilir (Sağel 1988). Bitki ıslahçısının isteği, yüksek mutasyon frekansı ve düşük fizyolojik zarardır. Bu sonucun elde edilebilme şansı, ışınlamanın etkili dozda yapılması ile sağlanabilir. Bu yüzden mutasyon ıslahı çalışmalarında kullanılacak doz sınırlarının iyi belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için "öldürücü doz (LD₅₀)" veya "yaşama oranını % 50 azaltan doz" kavramı ortaya atılmıştır (Sağel vd 2002). Fehr (1987), tohumlarla yürütülen mutasyon çalışmalarında mutajen uygulanan tohumların % 50'sinin çıkmasına ve tohum veren bitkiler oluşturmaya olanak sağlayan dozun uygun mutajen dozu olabileceğini ve bu dozun LD₅₀ dozu olarak adlandırıldığını bildirmektedir. Farklı bitki türlerinin ve aynı tür içerisindeki farklı genotiplerin herhangi bir mutajene karşı hassasiyetleri farklılık göstermektedir. Farklı tür ve çeşitlerde uygulanacak doz oranları farklı araştırmacılar tarafından belirlenmiştir (Sağel vd 2002). Ülkemizde de farklı tür/çeşitlerde bitki ıslah grupları tarafından mutasyon tekniği çalışmalarında uygulanacak en uygun fiziksel ve kimyasal mutajen dozunu belirleme çalışmaları devam etmektedir. Bu amaçla yapılan çalışmalarda buğday çeşidi 'Haymana 79' için 100-250 Gy, arpa çeşidi 'Tokak' için 100-250 Gy, tütün çeşidi 'Karabağlar' için 200-300 Gy, aspir çeşidi '5-38 (Yenice)' için 250-400 Gy, mercimek çeşidi 'Pul-11' için 100-200 Gy, nohut çeşidi 'Akçin' için 150-250 Gy, biber çeşidi 'Sera Demre 8' için 140-200 Gy ve kiraz çeşidi '900 Ziraat' için 20-70 Gy önerilen etkili doz sınırları olarak belirlenmiştir (Sağel vd 2003).

Işınlamayı takiben bitki ıslahçı ve genetikçilerini ilgilendiren üç sonuç ortaya çıkmaktadır. Bunlar; fizyolojik zarar, gen mutasyonları ve kromozom mutasyonlarıdır. Birincisi ön etki (fizyolojik zarar), diğerleri ise; kalıtsal değişiklik yani mutasyondur. Fizyolojik zarar, mutasyon uygulamasını takip eden birinci jenerasyonda (M1V1) ortaya çıkar. Fizyolojik zarar etkisi, hücre bölünmesinin engellenmesi, büyüme hızı ve davranışının değişimi ve dokuların yeniden düzenlenmesi şeklinde ortaya çıkmaktadır. Fizyolojik zarar oranının belirlenmesinde, vejetatif gelişim, köklenme durumu ve bitkilerin hayatta kalma oranı dikkate alınır (Donini 1982).

Mutasyonlar genellikle resesif ve öldürücü olabilmektedir (Şenay ve Şekerci 2009). Radyasyonun bitkilerdeki öldürücü etkisi genellikle hücre bölünmesinin inhibe edilmesi olayı sonucunda ortaya çıkmaktadır (Karataş ve Kunter 2012). Kullanılan doz, bitki türü ya da çeşidi için yüksek olduğunda ölen hücrelerin yerine yenisi oluşmamakta ve bitkinin kurummasına ve ölümüne neden oluşturmaktadır (Çoban vd 2002).

Vejetatif çoğaltılan bitkilerde radyasyonun tomurcuklara uygulanması tercih edilir. Bu organlar için kimyasal mutajen uygulamaları, hedef hücrelerdeki dozun belirlenmesindeki zorluklar nedeniyle uygulamada pratik değildir. Fiziksel ve kimyasal mutajenler genom içerisinde, herhangi bir gende varyasyona sebep olabilir ve bu

nedenle bitkinin herhangi bir özelliğini etkileyebilir (Micke vd 1987). Bir diğer önemli olay, her mutasyonun belirlenme ve kullanma yönünün mümkün olup olamayacağıdır. Genetik değişimin gerçekleşmesi yönünde herhangi bir ipucu bulunmamaktadır. Melezleme ıslahı ile elde edilen populasyondaki varyasyondan farklı olarak mutasyonlar, tesadüfe bağlı varyasyon oluşturmaktadır. Sadece mutasyon frekansına yönelik en etkili doz uygulandığı koşulda mutasyona uğratılmış 10.000 hücrede ortalama bir kez özel bir gende mutasyon oluşması beklenmektedir. Spontan mutasyonlarda olduğu gibi, mutajenlerin uygulandığı koşulda da, mutajen tipi ve diğer faktörlerden etkilenme durumuna bağlı olarak, ortaya çıkan varyasyonun kaynağı olan genlerin mutasyona uğrama durumunda farklılıklar oluşmaktadır. Genlerin mutasyona uğraması birçok faktör tarafından etkilenmektedir. Bazı genler sürekli olarak mutasyona uğrayabilirken, diğer bazı genlerde mutasyon aynı sıklıkta gerçekleşmemektedir (Micke vd 1987).

Etkili mutasyon dozu ve gama ışınımına olan hassasiyet çeşitlere göre değişmekle beraber aynı çelik üzerinde farklı gözlerde de farklılık göstermektedir (Çoban vd 2002). Shaikh vd (1980), bazı yemeklik dane baklagil türlerinde gama ışını ile sürdürdükleri araştırmalarda; M1 bitkilerinde çimlenme oranı, canlılığın devamlılığı, fide ve kök uzunluğunun artan doza bağlı olarak önemli derecede azaldığını, tür ve çeşitlerin gama ışınımına gösterdikleri tepkilerin farklı olduğunu saptamışlardır. Ramachandran ve Goud (1983), bazı aspir türlerinde düşük dozlardaki radyasyonun aspir bitkisinde gelişmeyi teşvik ettiğini ancak, yüksek dozlarda verimde azalma, morfolojik karakterlerde ise gerileme olduğunu belirlemişlerdir.

Çiftçi vd (1994), fasulye tohumlarına 0-400 Gy gama ışını dozu uygulayarak elde ettikleri M1 bitkilerinde doz artışına paralel olarak çıkış oranı, fide boyu, bitki ağırlığı, bitkide dane verimi ve dane tutma oranında azalmalar olduğunu, 300 ve 400 Gy dozlarında elde edilen bitkilerin canlılıklarını devam ettiremediklerini, bitkide bakla sayısının, ışın uygulaması sonucu artış gösterdiğini saptamışlardır. Araştırmacılar, artan gamma ışını dozlarının, fasulyede mutasyon frekansını artırdığını bildirmişlerdir.

Tüm bilim dallarındaki araştırmalarda nükleer tekniklerin bir araç olarak kullanımı II. Dünya Savaşı sonrası yoğun bir şekilde artış göstermiştir. Buna sebep nükleer santrallerin devreye girmesiyle radyoizotop üretiminin çok fazla ve nispeten ucuza yapılabilmesi ve dedeksiyon aletlerinin de geliştirilmiş olmasıdır. Bitki ıslahı, toprak verimliliği ve bitki besleme, sulama, bitki koruma, gıda muhafazası ve pestisitlerin toprak ve bitkideki kalıntıları gibi bitki üretimini etkileyen konularda nükleer teknikler kullanılmaktadır (Halitilgil 1996).

Nükleer tekniklerin tüm bilim dallarında, özellikle tarımda, yaygın olarak kullanılmasına en büyük katkı IAEA (Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı) tarafından yapılmıştır. IAEA 1957'de Barış İçin Atom sloganıyla Viyana'da oluşturulmuş ve ilk araştırma kontratını Japonya ve Almanya ile 1959'da yapmış ve 1962'den sonra da gelişmekte olan ülkelere araştırma kontratları şeklinde yardım sağlamıştır. 1964'de FAO (Gıda ve Tarım Organizasyonu) ile ortak bir kuruluş oluşturulmuş, mutasyon ıslahı ve uygulama yöntemlerinin geliştirilmesi konusunda çalışmalar başlatılmıştır. Bu kapsamda yeni çeşitlerin geliştirilmesi konusunda mutasyon ıslahı çalışmaları önemli bir araştırma alanı olarak belirlenmiş ve tarımın bütün konularında nükleer tekniklerin

kullanılmasına ilişkin araştırma projeleri desteklenmiştir. Bu destekler ya araştırma kontratı, koordineli araştırma programları veya teknik yardım projeleri şeklinde olmuş ve bu kapsamlar içerisinde gerekli izotop, alet ve ekipman tedarik etmiş ve özel bir konuda uzman gönderme veya kurslar ve burslar verme şeklinde destek sağlamıştır (Halitligil 1996).

Geleneksel ıslah metotları ile çok sayıda yeni çeşit, üreticilerin hizmetine sunulmuş ve halen de sunulmaktadır. Ancak, bu yöntemlerle çeşit geliştirmede uzun zamana, fazla emeğe ve kaynağa gerek duyulmaktadır (Gill ve Cahnd 1974). Bu nedenle ıslahçıya zaman kazandırmak, planlı bir çalışma yapmak ve iş gücünden tasarruf etmek için kısa sürede yeni çeşitleri elde etmek için mutasyon ıslahı yöntemi kullanılabilir. Mutajen uygulaması sonrası tek yıllık bitkilerde 4-6 yıl sonra yeni mutant çeşidin ortaya konulması olasıdır (Gill ve Cahnd 1974). Mutasyona dayalı ıslah çalışmalarında öncelikli strateji; kabul görmüş bir çeşidin kabul görmüş özelliklerini değiştirmeden bir veya birkaç özelliğini değiştirerek daha iyi özelliklere sahip yeni çeşitlerin geliştirilmesidir (Ahloowalia ve Maluszynski 2001). Yeni çeşitlerin ortaya konmasında ıslahçının görevi: geniş alanların iklim ve toprak koşullarına uygun verim ve kalitesi yüksek çeşitleri bulup çıkarmak ya da eldeki çeşitlerin yetersiz yönlerini geliştirmektir (Gill ve Cahnd 1974). Mutasyonlar direkt ve endirekt olarak bitki ıslahında kullanılabilir. Adaptasyon kabiliyeti iyi olan bir çeşidin bir ya da iki özelliği iyileştirebilmek istendiğinde mutasyonların direkt bitki ıslahında kullanılması önem kazanmaktadır. Çünkü mutasyonlar melezleme ile mukayese edildiğinde çeşidin genel genotipinde oldukça az değişikliğe neden olmaktadır (Atmaca vd 2012).

Dünyada ilk mutasyon çalışmaları pirinç bitkisinde yapılmış ve ardından arpa, buğday ve çavdarda devam etmiştir. Bu bitkilere ilave olarak pamuk, susam ve kolza gibi yağ ve endüstriyel bitkilerde, baklagillerde, meyvelerde, vejetatif olarak gelişen süs bitkilerinde ve yumru bitkilerinde de devam etmektedir (Halitligil 1996). Mutant Çeşit Veri Tabanı (Mutant Varieties Database-MVD) verilerinde elde edilen mutant çeşitlerin 1950’de 3, 1960’da 21, 1970’de 216, 1980’de 858, 1990’da 1888, 2000’de 2550 ve 2011’de ise 216 bitki türünde toplam 3223 adet olduğu belirtilmiştir. Tahıl bitkilerinde 1539, baklagillerde 431, tütün bitkilerinde 155 adet çeşit geliştirilmiştir (FAO/IAEA 2015). Gelecek yıllarda bu alanda moleküler biyoloji, biyoteknoloji ve gen mühendisliği ile mutasyon tekniklerinin beraber kullanıldıkları araştırmalarda sağlanacak önemli artışlarla çeşit sayısının artması beklenmektedir (Halitligil 1996).

Tarımda geçen yetmiş yıl içerisinde mutasyon çalışmalarıyla en fazla çeşit geliştiren ülke 810 çeşit ile Çin (% 25.1) olup bu ülkeyi 481 çeşit ile Japonya (%14.9), 330 çeşit ile Hindistan (% 10.2), 215 çeşit ile Rusya (% 6.7), 176 çeşit ile Hollanda (%5.5), 171 çeşit ile Almanya (% 5.3) ve 139 çeşit ile Amerika’nın (% 4.3) takip ettiği belirtilmiştir. Türkiye ise yalnızca 9 çeşit geliştirerek % 0.28’de kalmıştır (FAO/IAEA 2015). Mutasyon yoluyla bitki ıslahı, yakın zaman öncesine kadar oldukça yoğun olarak kullanılmış ancak sonrasında yapılan çalışma sayısında düşüş gözlenmiştir. Günümüzde ise, ıslahın etkinliğini arttıran teknolojik ilerlemeler, mutasyonun etkili bir ıslah tekniği olduğu görüşünü yeniden gündeme getirmiştir (Predieri 2001).

Türkiye’de mutasyon yaratmak için ilk ışınlama, röntgen ışını kullanılarak 1969’da Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi’nde yapılmıştır. Özellikle 1980’li yıllardan

sonra bu konuda yapılan çalışmalar artmıştır. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) bünyesinde 1981 yılında Bitki Islah Grubu'nun oluşturulmasıyla ilk olarak şekerpancarı, tütün, pamuk ile daha sonra buğday, arpa, çavdar, kolza, nohut ve mercimekte mutasyon çalışmaları başlamıştır (Halitligil 1996). Ülkemizde yapılan mutasyon ıslahı çalışmaları sonucunda Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Ankara Nükleer Tarım ve Hayvancılık Araştırma Merkezi (ANTHAM) tarafından soya fasulyesinde iki adet mutant çeşit ve tütünde mavi küfe dayanıklı bir adet çeşit elde edilmiştir (Taş 1999, Sağel vd 2002).

Mutasyon teknikleri kullanılarak dünyada günümüze kadar geliştirilen 3223 adet mutant çeşidin 2008'i (% 62) direk mutant, 908'i (% 28) mutantlarla melezlenerek, 307'si (% 10) ise F1, F2, tohumlar vb. materyallere tekrar mutajenik uygulama yapılmasıyla elde edilmiştir (FAO/IAEA 2015). Ülkemizde de zaman zaman başta TAEK bünyesinde bulunan tarım birimi olmak üzere bazı üniversitelerimiz ve araştırma enstitülerimizde yapılan mutasyon çalışmalarıyla mutant hatlar geliştirilerek hizmete sunulmaktadır (Mutlu 2011).

Mutasyon ıslahının kullanıldığı en önemli alanlardan biride vejetatif olarak çoğaltılan bahçe bitkileridir. Partenokarpik ve apomiktik meyve tutum mekanizmalarının görüldüğü tür ve çeşitler ile tohumlarının çimlenme gücü yetersiz olan bitkilerde varyasyon elde etmek için en önemli yol mutasyon ıslahıdır (Sağel vd 2003). Bazı portakal (*Citrus sinensis*), muz (*Musa cavendishii*), ahududu (*Rubus idaeus*), yenedünya (*Eriobotrya japonica*), üzüm (*Vitis vinifera*), armut (*Pyrus communis*), sarımsak (*Allium sativum*) Trabzon hurması (*Diospyros kaki*), incir (*Ficus carica*) ve ceviz (*Juglans regia*) çeşitlerinde bu yöntem kaçınılmazdır. Bu yöntemle yüksek gelir getiren, mevcut çeşitlerle rekabet edebilecek, albenisi yüksek ve kaliteli, sabit ve yüksek verimli, raf ömrü uzun, uzun yola, hastalık ve zararlılara dayanıklı, çevre koşullarına adaptasyonu yüksek, erken meyve tutan, bodur meyve çeşitleri ve farklı dallanma tipi, yaprak ve çiçek rengi, uzun çiçeklenme zamanı genişletilmiş sıcaklık ihtiyacı, uzun vazo ömrüne sahip süs bitkisi çeşitler geliştirmek mümkün olmaktadır (Sağel vd 2003).

İyonize radyasyonun yeni çeşitler geliştirmede başarılı kullanım örnekleri Sigurbjornsson ve Micke (1969) tarafından incelenmiş ve tahıllar, odunsu bitkiler, meyveler, süs bitkileri, sebze yumruları ve çeşitli bitkilerdeki çalışmalarda kanıtlanmıştır. Örneğin Gulsen vd (2007), 'Kütdiken' limonu KT-2A klonuna (*Citrus limon* (L.) Burm. f) 30, 50, 70 ve 90 Gray dozlarında gama ışınlaması sonucu tohumuz limon elde etmişlerdir. Vejetatif olarak çoğaltılan *Allium macrostemon* sarımsak türüne ait 'Ninguan 1' isimli bir sarımsak çeşidi gama ışın kaynağının 15 Gy'lik dozu kullanılarak geliştirilmiştir (Beşirli 2005). Mutajen uygulamasının buğdayda yatmaya dayanıklılığı, erkencilik, bin tane ağırlığı ve başakta tane ağırlığı gibi karakterleri iyileştirmede etkin olduğu bildirilmiştir (İbrahim ve Haidar 1989). Dört farklı makarnalık buğday çeşidine uygulanan farklı gama dozlarının bitki boyunda % 13-20 oranında azalmaya neden olduğu saptanmıştır (Başer vd 1997). Buğdayda gama ışını uygulamasının fenotipik ve genotipik varyasyonu artırmada önemli bir kaynak olduğu belirlenmiştir (Potdukhe vd 1994). Bitkilerde mutasyon uygulaması sonucu en yaygın elde edilen mutant karakterin bodurluk olduğu bilinmektedir (Powell vd 1974). Tan vd

(2009) gama ışını uygulaması sonucu elde edilen *Stylosanthes guianensis* mutant hatlarının kontrol bitkisine göre daha bodur yapıda olduklarını bildirmişlerdir.

Mutasyon ıslahı yem bitkileri ve çim bitkilerinde de başarıyla kullanılmaktadır (Tan vd 2009). Vejetatif olarak yetiştirilen çim türlerinde yeni çeşitlerin geliştirilmesinde gama ışını uygulaması yaklaşımının kullanılması tavsiye edilmektedir (Powell vd 1974).

Çok sayıda araştırmacı çim bitkilerine ışınlama uygulamış ve olumlu sonuçlar almıştır. FAO/IAEA'nın verilerine göre bugüne kadar dünyada çim bitkilerinde 18 tanesi gama, 1 tanesi X ışını uygulaması ile toplam 19 yeni mutant çeşit geliştirilmiştir. Örneğin; daha yoğun ve kaliteli çim örtüsü üreten 'Coastcross II' bermuda çimi çeşidi 70 Gy doz gama ışını uygulanan 'Coastcross I' varyetesinden türetilmiştir (Li 2007). Bermuda çimi türünde golf sahalarında yaygın olarak kullanılan 'Tif Eagle' (Hanna ve Elsner, 1999), 'Tift 94' (Hanna vd 1997) ve 'Tifway II' (Burton 1985) çeşitleri sırasıyla 70, 80 ve 90 Gy dozlarında gama ışınlamalarıyla elde edilmiştir.

1981, 1982 ve 1984 yıllarında, *Festuca pratensis* Huds.(Çayır yumağı) türünün tohumlarına gama ışınlamasıyla, tohum tutma yeteneği üstün olan 'Fesko', 'Lifesta' ve 'Liforte' çeşitleri geliştirilmiştir. 1983 yılında, *Alopecurus pratensis* L. (Çayır tilkikuyruğu) bitkisinin tohumlarına gama ışını uygulaması ile daha yüksek tohum tutma kapasitesine sahip bir çeşit olan 'Alko' geliştirilmiştir. 1983 yılında, *Agrostis* sp. (Tavusotu) çimine gama ışınlaması yapılarak, yüksek sıcaklıklarda gelişim gösterebilen 'Springs' çeşidi geliştirilmiştir. 1984 yılında, *Alopecurus pratensis* L. (Çayır tilkikuyruğu) çim türünün tohumlarına gama ışınlaması yapılarak, tohum tutma yeteneği üstün olan 'Limosa' çeşidi geliştirilmiştir. 1985 yılında *Eremochloa ophiuroides* (Kırkayak) çim türünün tohumlarına 300-400 Gy dozlarında gama ışını uygulanarak, yüksek çim yoğunluğu oluşturan ve kısa internod uzunluklarına sahip bodur gelişim gösteren 'AU Centennial' mutant çeşidi geliştirilmiş ve piyasaya sürülmüştür. 1986 yılında, *Setaria* sp. (Yeşil kirpi darı) türüne hızlı nötronlarla ışınlama yapılarak kuraklığa dayanıklı ve bazı fungal hastalıklara karşı dirençli olan 'Nunxuan 12' çeşidi geliştirilmiştir. 1986 yılında, *Medicago sativa* L. (Yonca) türünde 100 Gy gama ışını uygulaması ile kuraklık ve düşük sıcaklıklara karşı toleranslı 'Xinmu 1' çeşidi geliştirilmiştir. 1995 yılında, *Zoysia matrella* (L.) Merr. (Manila Çimi) bitkisine gama ışını uygulaması ile yaprakları daha erken yeşillenen 'Winter Carpet' çeşidi geliştirilmiştir. 1995 yılında, *Eremochloa ophiuroides* (Kırkayak) çim türünün tohumlarına 120 Gy gama ışını uygulamasıyla soğuk toleransı daha iyi olan, daha güçlü ve daha kaliteli bir çim örtüsü oluşturan 'Tifblair' çeşidi piyasaya sürülmüştür. 1996 yılında, *Zoysia japonica* Steud. (Japon çimi) türüne kronik gama ışını uygulanarak daha güçlü stolonlara sahip, daha dar ve kısa yapraklı 'Winter Field' çeşidi geliştirilmiştir. 2001 yılında, *Agrostis* sp. (Tavusotu) cinsinde doku kültüründe yetiştirilmiş bitkilere gama ışını uygulaması ile daha dikine büyüme gösteren 'My Comfort' çeşidi geliştirilmiştir. 2002 yılında, Tavusotu çim fidelerine X ışını uygulaması ile kahverengi yama hastalığına (brown patch) karşı dirençli bir çeşit olan 'Chiba Green B-2' piyasaya sürülmüştür. 2002 yılında, yine Japon çiminde X-ray ışınlaması ile daha güçlü, daha erken yeşillenen ve kışın sararma göstermeyen 'Kopurosu' çeşidi geliştirilmiştir (FAO/IAEA 2015).

Powell vd (1974) bermuda çiminde ‘Tifdwarf’ çeşidinin dormant haldeki rizomlarına ışınlama gücü 4.500 rads/sn olan ^{60}Co kaynağından sağlanan 68 Gy, 90 Gy ve 113 Gy dozlarında gama ışını uygulamış ve sürgün çıkışlarının kontrole göre sırasıyla % 25, % 40 ve % 60 oranında azaldığını belirtmişlerdir. Bu çalışma kapsamında ‘Tifdwarf’ ve ‘Tifgreen’ genotiplerine de 90 Gy dozunda gama ışını uygulanmış ve bu iki uygulamada ışınlanan toplam 1645 rizom parçasından 71 adet mutant hat (% 4.3) elde etmişlerdir. Elde edilen bu mutant hatlardaki en belirgin morfolojik özelliklerin renk-ton farklılıkları ve bodurluk olduğu belirtilmiştir. Diğer hatlar büyüme karakteri bakımından kontrol bitkisine benzer olmasına karşın, seçilen bir mutant hattın son derece bodur olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca kontrol bitkisi koyu yeşil yapraklara sahipken bazı mutant hatların koyu kırmızımsı-mor yapraklara, bazı mutant hatların ise açık yeşil-açık sarı yapraklara sahip olduğu belirtilmiştir.

Lu vd (2009), bir bermuda genotipine ait tek nod içeren toplam 3000 adet stolon parçasına ^{60}Co kaynağından sağlanan 70-100 Gy dozlarında gama ışını uygulamış ve bu ışınlamada kontrole göre daha kısa internod uzunluklarına sahip, yavaş büyüme ve iyi bir çim kalitesi gösteren 100 adet mutant bitki elde etmişlerdir. Bu bitkiler arasından seçilen 13 hatta bodur büyüme karakteristiği gözlenmiştir. Bu hatlar arasından dikey yönde yavaş büyüme gösteren ve iyi bir çim kalitesine sahip toplam 3 adet mutant hat seçilmiştir. Seçilen bu hatlarda kanopi yüksekliği, internod uzunluğu, yaprak ayası uzunluğu ve yaprak genişliği gibi morfolojik özellikler incelenmiştir. Araştırmacılar seçilen mutant hatlarda kanopi yüksekliğinin kontrol bitkisine göre % 36-45 oranında azaldığını tespit etmişlerdir. Araziye aktarılan mutant bitkilerden 2 yıl sonunda alınan gözlemlerin serada alınan gözlemlerle hemen hemen aynı olduğu belirtilmiştir. Mutant hatların internod uzunluklarının hem sera hem de arazi şartlarında kontrol bitkisine göre daha kısa (% 18-21) olduğu belirtilmiştir. Üç hatta da yaprak ayası uzunluklarının kontrol bitkisine göre kısa olmasına karşın yaprak genişliği bakımından önemli bir fark gözlenmemiştir. Yaprak yüzey alanlarının mutant hatlarda kontrol bitkisine göre % 28-47 oranında azaldığını bildirmişlerdir.

Sever Mutlu vd (2015) bermuda çiminde tetraploid ‘B-165’ genotipinin tek nod içeren toplam 1350 adet stolon parçasına ışınlama gücü 35 Gy/h olan ^{60}Co kaynağından sağlanan 70, 90 ve 110 Gy dozlarında gama ışını uygulamış ve LD_{50} ve LD_{80} değerlerini sırasıyla 85 ve 57 Gy olarak belirlemişlerdir. 70, 90 ve 100 Gy dozlarında yaşama oranları sırasıyla % 76, % 43 ve % 17 olarak belirlenmiştir. Artan gama ışını dozuyla ters orantılı olarak yaşama oranının azaldığını ($r^2=0.99$) belirtmişlerdir. Işınlama uygulanan toplam 1350 adet stolon parçasından 4 adet (% 0.3) bodur/yarı-bodur mutant hat elde etmişlerdir. Bu mutant hatlardan üçü (165-70-1, 165-70-5 ve 165-70-6) stolon parçalarının 70 Gy dozunda, biri (165-110-1) 110 Gy dozunda ışınlanmasıyla elde edilmiştir. B-165 kontrol bitkisi ile karşılaştırıldığında mutant hatlarda önemli düzeyde morfolojik farklılıklar elde edildiğini bildirmişlerdir. Yaprak ayası uzunluklarının 70 ve 110 Gy dozlarından elde edilen hatlarda sırasıyla % 34-44 ve % 28 oranında, yaprak genişliklerinin % 25-31 oranında azaldığı belirtilmiştir. Kontrol bitkisi ile karşılaştırıldığında mutant hatların daha ince bir yaprak tekstürüne sahip olduğu belirtilmiştir. Stolon sayılarında mutant ‘165-70-6’ hattında % 42 oranında artma gözlenirken, ‘165-110-1’ hattında % 30 oranında azalma olduğu bulunmuştur. Stolon uzunlukları 70 ve 110 Gy dozlarında sırasıyla % 27-42 ve % 52 oranında azalmıştır. Stolon internod uzunluklarında 70 ve 110 Gy dozlarında sırasıyla % 31 ve % 54’e kadar

azalma olduğu belirtilmiştir. Kontrol bitkisi ile karşılaştırıldığında mutant hatların % 58 oranında daha fazla sürgün oluşturduğu belirtilmiştir. Ayrıca mutant hatlarda klorofil içeriğinin kontrol bitkisinden % 19 daha fazla olduğu saptanmıştır.

Bermuda çiminin dormant haldeki rizomlarına 70 Gy dozunda gama ışını uygulamasıyla daha yoğun çim örtüsü oluşturan, bazı nematodlara karşı dirençli, baharda geri gelme yeteneği daha iyi olan ve daha güçlü olan 'Tifgreen II' çeşidi elde edilmiştir (FAO/IAEA 2015). Yine aynı şekilde bermuda çiminin 'Tifway' çeşidinin dormant haldeki rizomlarına 90 Gy gama ışınlanması yapılmasıyla 'Tifway' çeşidine benzer fakat daha fazla sürgün yoğunluğuna sahip ve orta derece bakım şartlarında gelişim gösterebilen 'Tifway II' çeşidi 1981 yılında piyasaya sürülmüştür (FAO/IAEA 2015).

'Tifway II' çeşidinin stolonlarına 70 Gy dozda gama ışını uygulamasıyla, daha ince tekstürlü, bodur gelişim gösteren 'TifEagle' mutant çeşidi geliştirilmiştir. Yine bermuda çiminde 80 Gy dozunda gama ışınlanmasıyla 'Tift 94' çeşidi elde edilmiştir. Bu çeşit daha kaliteli çim örtüsüne sahip, bazı nematodlara dirençli ve düşük sıcaklıklara direnç geliştiren bir çeşit olması nedeniyle 1995 yılında piyasaya sürülmüştür (FAO/IAEA 2015).

Mutasyon çalışmalarında yalnız fiziksel mutajenler kullanılmamış olup, birçok çalışmada da kimyasal mutajenler kullanılmıştır. 1991 yılında, *Trifolium repens* (Üçgül) türüne kimyasal bir mutajen olan kolhisin uygulaması ile daha geniş yapraklara sahip 'Taisetsu' çeşidi geliştirilmiştir. 1993 yılında, *Panicum maximum* (Güyana otu) türüne kimyasal bir mutajen olan kolhisin uygulaması ile daha bodur gelişim gösteren 'Noh PL 1' (Nekken No. 1) çeşidi geliştirilmiştir. Benzer şekilde örneğin 1967 yılında, *Trifolium pratense* (Çayır üçgülü) türüne kolhisin uygulaması ile daha yüksek verimli, düşük sıcaklıklara ve bazı hastalıklara karşı toleranslı bir çeşit olan 'Rotra R.v.P.' geliştirilmiştir. 1976 yılında, *Avena sativa* L. (Yulaf) bitkisinin tohumlarının %0,025'lik NEU (nitro ethyl urea) solüsyonu uygulaması ile daha geniş yapraklı, bahar donlarına karşı dirençli ve yüksek verimli 'Zelenii' çeşidi geliştirilmiştir. 1984 yılında, *Lolium* sp. (İngiliz çimi) türüne kolhisin uygulaması ile daha geniş yapraklara sahip 'Miyuki-aoba' çeşidi geliştirilmiştir. 1988 yılında, *Psathyrostachys juncea* (F.) Nevski (Narin arpa) türünün tohumlarına kolhisin uygulanarak daha güçlü ve tohum verimi fazla olan 'Tetracan' çeşidi geliştirilmiştir. 1989 yılında, *Bromus inermis* Leyss. (Kılçıksız brom) türüne %0,006'lık DMS (dimethyl sulfide) solüsyonu uygulaması ile düşük sıcaklıklara ve bazı fungusitlere karşı dirençli 'Fakel 89' çeşidi geliştirilmiştir (FAO/IAEA 2015).

Radyasyon uygulaması yöntemiyle yeni hat ve çeşitlerin geliştirilmesi yengeç çiminde de kullanılmaktadır. Powell ve Toler (1980) radyasyon uygulamasının bu türde daha ince tekstürlü hatların/çeşitlerin geliştirilmesinde kullanılabileceğine işaret etmiş ve mutasyon ıslahı yönteminin yengeç çimi türünde istenilen varyasyonu oluşturmak için klasik ıslah yöntemlerinden daha basit ve uygun olduğunu belirtmiştir.

Reynolds vd (2009), yengeç çiminde ⁶⁰Co kaynağından sağlanan 50 ve 70 Gy dozlarında gama ışını uygulamasıyla elde edilen mutant hatların stolonlarının, ışın uygulanmayan bitkilerin stolonlarına göre daha bodur ve daha çabuk tesis olma yeteneğine sahip olduğunu ifade etmiştir. Genel olarak daha bodur yapıda gelişim

gösteren ve kısa boğum arasına sahip olan genotip ve çeşitlerin basmaya karşı toleranslarının daha yüksek olduğu ve tercih edildikleri belirtilmektedir (Busey vd 2003).

Powell ve Toler (1980), yengeç çiminde 'Floratom' çeşidinin dormant haldeki stolon parçalarını ^{60}Co kaynağından sağlanan 45 Gy, 58 Gy ve 70 Gy dozlarında gama ışınına maruz bırakmış ve en uygun dozun 58 Gy olduğunu ve bu dozun bitkinin gelişimini engellemediğini belirtmişlerdir. Bu çalışma internodları kısalan 14 adet mutant hat eldesiyle sonuçlanmış olup bu sayı toplam ışınlanan stolon parçası sayısının (2693 adet) % 0.52'sine tekabül etmektedir. Elde edilen Mutant-1 hattında pembe renkli yapraklar gözlemlenmiştir. 'Floratom' genotipinin pembe yapraklı bir hatla pembe olmayan yapraklı bir hat arasındaki hibrit olduğu bilindiğinden bu değişikliğin spontane bir varyasyon olabileceği bildirilmiştir. Bu çalışmanın ardından 58 Gy dozunda ışınlama sonucu geliştirilen ve *Pyricularia*, *Ceratosphaeria*, *Scherophthora* ve *Tanatephorus* gibi hastalıklara karşı dirençli olduğu tespit edilen iki adet mutant hatta (TXSA 8202 ve TXSA 8212) patent alınmıştır. Bu hatlar yengeç çiminde günümüze kadar tescil edilen tek mutant hatlar olma özelliğini taşımaktadır. Bu çalışmaların sonuçları mutant yengeç çimi hatları geliştirmek için gama ışınının kullanılmasına işaret etmektedir.

Li vd (2009) gama ışını uygulamasının yengeç çimi üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmada 'Raleigh' çeşidinin tek nod içeren stolon parçalarına ışınlama gücü 80 Gy/h olan ^{60}Co kaynağından sağlanan 15, 45, 100, 200, 400, 800 ve 1600 Gy dozlarında radyasyon uygulanmıştır. Li vd (2009), 100 Gy'den büyük dozlarda bitkilerin tamamının öldüğünü, 15 ve 45 Gy dozlarının bitki büyümesinde önemli bir etkiye sebep olmadığını tespit etmişlerdir. Bu çalışmayı takiben araştırmacılar LD₅₀ ve LD₈₀ değerlerini belirlemek amacıyla uyguladıkları doz aralığını azaltarak aynı çeşide 50, 60, 70, 80, 90 ve 100 Gy dozlarında gama ışını uygulamış ve dozun 80 Gy'nin üzerine çıkmasıyla birlikte bitki yaşama oranının 0'a yaklaştığını belirtmişlerdir. Li vd (2009) yaptıkları bu çalışmada kullandıkları 'Raleigh' çeşidinde LD₅₀ dozunun (% 50 yaşama oranı) 48,54 Gy ve % 20 yaşama oranını veren dozun 72,59 Gy olduğunu belirtmişlerdir.

Li vd (2009) ayrıca, 'Raleigh' çeşidinde doku kültüründe elde edilen kallus üzerine 25, 50, 100 ve 200 Gy dozlarında ışınlanma uygulamışlardır. Yüksek dozların kallusun büyümesini engellediği ve doz miktarı arttıkça yaşama oranının azaldığı belirtilmiştir. Çalışma sonunda Li vd (2009) kallusun 100 Gy ile ışınlanması sonucu önemli morfolojik değişiklikler gösteren 3 adet mutant hat ('904G4', 'G1' ve 'GB1') tespit etmişlerdir. Bunlardan 'GB1' mutant hattının diğerlerinin aksine yatay olarak yayılmayıp küme-tipi büyüme gösterdiği, ortalama % 80 daha az ve % 90 daha kısa stolonlara sahip olduğu ve sürgün ve çiçek yoğunluğunun kontrol bitkisine göre çok daha fazla olduğu belirtilmiştir. aynı çalışmada elde edilen mutant 'G1' hattının ölçülen hemen hemen bütün parametrelerde 'Raleigh' kontrol bitkisine göre daha iyi sonuçlar verdiği bildirilmiştir. Araştırmacılar mutant 'G1' hattı yaprak ayası genişliğinin 'Raleigh' çeşidine göre daha dar ve yaprak ayası uzunluğunun % 30 daha kısa olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca bu bitkide yapılan ölçümlerde internod uzunluklarının, stolon çapının ve stolon uzunluklarının 'Raleigh' çeşidine göre sırasıyla % 25, % 20 ve % 20 oranında azaldığı tespit edilmiştir. 'Raleigh' çeşidi ile kıyaslandığında belirtilen mutant

hatta çiçek sapı uzunluğunun % 40 ve kanopi yüksekliğinin % 25 oranında kısaldığı ve yaklaşık sekiz kat daha fazla çiçek oluşturduğu bildirilmiştir (Li vd 2009).

Li vd (2009) 'Raleigh' çeşidinde toplam 500 adet tek nod içeren dormant stolon parçasına 50 ve 70 Gy dozlarında gama ışını uygulamışlardır. Buna ek olarak, 2800 adet tek nod içeren dormant 'Raleigh' stolon parçası 70 Gy dozunda ışınlanmıştır. İlk grupta ışınlamalardan elde edilen bitkilerden 105 hattın düşük sıcaklık toleranslarının daha iyi olduğu belirtilmiştir. Yapılan bu çalışma sonucu dormant haldeki stolon parçalarının, aktif büyüme dönemindeki stolon parçalarına göre gama ışınlamasına daha duyarlı olabileceği belirtilmiştir. 50 ve 70 Gy dozlarında ışınlama yapılan 500 adet stolon parçasından 386 adet bitki (% 77.2 yaşama oranı) elde edilmiş ve bu bitkiler içerisinde yarı-bodur büyüme alışkanlığı gösteren 6 hat ('106G1', '106G2', '106G3', '106G4', '904G1' ve 'GF') seçilmiştir. Bunlardan mutant 'GF' hattında kontrol bitkisine göre yaprak uzunluğunun % 34, internod uzunluğunun % 35 ve stolon uzunluğunun % 30 kısaldığı ve toplam stolon sayısının %30 oranında azaldığı tespit edilmiştir. 70 Gy dozunda ışınlanan 2800 adet stolon parçasından 939 adet bitki (% 33.5 yaşama oranı) elde edilmiş ve bu bitkiler içerisinde 3 mutant hat ('904AG1', '904G2' ve '904G3') seçilmiştir. Seçilen bu mutant hatların fark edilebilir oranda yarı-bodur tipte büyüme gösterdiği ve yaprak ayası uzunluklarının 'Raleigh' çeşidine göre sırasıyla % 48, % 36 ve % 22, internod uzunluklarının % 62, % 54, % 60 ve stolon uzunluklarının % 49, % 55 ve % 60 oranında kısaldığı belirtilmiştir. Bu çalışma sonucu toplam 3300 adet stolon parçasından 9 adet mutant hat (% 0.27) elde edilmiştir.

Li vd (2009) yengeç çiminde 'Raleigh' çeşidi özelinde LD₅₀ değerini 48.54 olarak bulmuş ve sonuçların Busey (1980)'in çoğu yengeç çimi genotipi için tespit ettiği LD₅₀ değeri (45 Gy) ile hemen hemen aynı olduğunu belirtmişlerdir. Li vd (2009) 50 ve 70 Gy dozlarının dormant yengeç çimi stolonlarının ışınlaması için uygun dozlar olduğunu belirtmişlerdir. Li vd (2009) kallusun tek nod içeren stolon parçalarına göre gama ışınına daha toleranslı olduğunu belirtmişlerdir. Nitekim 100 Gy dozunda ışınlanan kallustan 39 bitki elde etmişken, aynı dozda ışınlanan tek nod içeren stolon parçalarının tümünün öldüğünü bildirmişlerdir. Bu çalışmalar sonucunda Li ve ark (2009) tek nod içeren stolon parçaları ve doku kültüründen elde edilen kallus üzerine gama ışını uygulamasının yengeç çiminde mutasyona sebebiyet vermek için uygun bir yaklaşım olduğuna işaret etmişlerdir.

Busey (1980), yengeç çimine ait yedi farklı genotip/çeşit üzerinde gama ışını dozlarının etkilerini araştırmıştır. Araştırma kapsamında '1806', 'Floritam', 'Floratine', 'Bitterblue', 'FA243', '2002-a' ve '2002-b' çeşit ve genotiplerinin dörder nod içeren stolon parçalarına ışınlama gücü 3000 rads/sn olan ¹³⁷Ce kaynağından sağlanan 5 farklı dozda (30, 40, 45, 50, 60) gama ışını uygulanmıştır. Araştırma sonucunda 'FA-243', 'Floritam' ve '2002-a' genotiplerinde 45 Gy dozunda % 50'den az ölüm oranı gözlemlenirken, '1806', 'Bitterblue' ve '2002-b' genotiplerinde ise 30 Gy dozunda % 50'den fazla ölüm oranı saptanmıştır. Kromozom sayısı 2n=18 olan 'FA-243', '2002-a' ve '2002-b' genotiplerinin, kromozom sayısı 2n=30 olan 'Bitterblue', 'Floratine' ve '1806' genotiplerine göre gama ışınına daha toleranslı olduğu belirlenmiştir. Kromozom sayısı 2n=32 olan 'Floritam' genotipinin gama ışınına oldukça toleranslı olduğu bildirilmiştir. Bu araştırma kapsamında kullanılan yengeç çimi genotiplerin çoğu için optimum dozun (SD) 45 Gy olmasına rağmen 'Bitterblue' genotipinin 40 Gy'de

tamamen öldüğü ve bu genotip için kullanılabilir maksimum dozun 30 Gy olduğu belirtilmiştir. Ayrıca '2002-a' genotipinin 45 Gy dozunda %94'lük yaşama oranına sahip olduğu gözlemlenmiştir. Genotiplerin gama ışınına karşı gösterdikleri tolerans farklılıklarının bitki boyutu, renk, yaşama oranı ile doğrudan ilişkili olmadığı, fakat genotiplerin kromozom sayıları ile yakından ilgili olabileceği görüşü bildirilmiştir. Bu çalışma sonrası Busey (1980) bodurluk, klorofil noksanlığı, dar yapraklılık, erken çiçeklenme, buruşuk yapraklılık, uzun çiçeklilik gibi özelliklerin görüldüğü toplam 22 adet mutant hat elde etmiştir.

Çim bitkileri üzerinde yapılan mutasyon çalışmalarından da anlaşılabileceği gibi türlerin ve aynı türe ait çeşitlerin/genotiplerin gama ışınına karşı olan hassasiyeti farklılık göstermektedir. Bu nedenle yengeç çimi türünde anaç olarak kullanılacak klonlara uygulanacak optimum gama ışını dozunun belirlenmesi önemlidir. Mutasyon ıslahında öncelikli hedef elimizde mevcut, adaptasyonu iyi, çeşit ve genotiplerde farklı karakterler açısından varyasyon oluşturmaktır. Oluşturulacak olan bu genetik varyasyondan daha sonraki aşamada seleksiyon veya melezleme yöntemi ile üstün kaliteli çeşitlerin elde edilmesi olanaklıdır.

Gölge koşullara toleransı diğer çim türlerinden çok daha yüksek olan yengeç çimi farklı toprak koşullarında sorunsuzca yetişebilmesi, hızlı bir şekilde tesis olması, düşük bakım isteği ile Akdeniz ve Ege sahil kuşağına uygun bir tür olmasına rağmen ülkemizde yeterince tanınan ve kullanılan bir tür değildir. Türkiye'de kullanım alanının kısıtlı olmasının nedenlerinden biri bu türde tohumlu ticari çeşidinin olmamasıdır. Üstelik büyük bir kısmı ABD'de ve mutasyon ıslahı teknikleri kullanılarak geliştirilen kaliteli çeşitlerin tamamı patentlidir ve ülkemizde ticarete konu olmamaktadır. Öte yandan orijini (çeşidi) bilinmeyen ve muhtemelen 1950'li yıllarda ülkemize bir şekilde getirilmiş olan oldukça kaba yapılı klonal yengeç çimi bitkisinin, Akdeniz ve Ege sahil bölgelerinde sorunsuzca yetiştiği ve çok sınırlı da olsa bir kullanıma sahip olduğu saha araştırmalarımızda tespit edilmiştir. Ancak belirtilen bu klonal genotiplerin ticari varyetelere göre oldukça kaba (geniş ve uzun yaprak ayası, kalın ve boğum araları oldukça uzun stolonlar) yapıda, seyrek ve fazla boylanmış bir çim örtüsü oluşturmaması hiç şüphesiz türün ülkemizde geniş alanlarda kullanımının ve ticarete konu olmasının önündeki engellerden bir diğeri olduğu söylenebilir. Ülkemizin iklim şartlarına adapte olmuş hat/çeşitleri kullanarak ince tekstürlü, yavaş büyüyen, bodur tipte, dayanıklı hatların geliştirilmesi durumunda yengeç çimi türünün hedef bölge ve alanlarda kullanımı yaygınlaştırılabilir.

Lokal klonal genotiplere radyasyon uygulaması ile daha ince tekstüre sahip, kaliteli, bodur tipte büyüme gösteren hatların/çeşitlerin geliştirilmesi mümkün görünmektedir. Yabancı ticari çeşitlerin çim kalitesine eş değer bodur mutant yengeç çimi hatları başta gölge/yarı gölge peyzaj alanları olmak üzere bu türün hedef bölgelerdeki kullanım alanını önemli ölçüde artırılabilir. Özellikle sıcak iklim bölgelerinde, mevcut bina ve/veya ağaçlar etkisiyle yeterince güneş alamayan peyzaj alanlarında başarı sağlamayan çim türlerine karşı yeşil alan bitkisi arayışında olan peyzaj mimarlarına önemli bir alternatif oluşturabilir.

Bu çalışmanın amacı, ülkemize çok uzun yıllar önce getirilmiş ancak kaba yapısı ve kötü çim kalitesi ile tercih edilmeyen ve sınırlı bir alanda kullanım bulmuş, biri

diğerine nazaran çok daha kaba yapıda olan iki farklı klonal yengeç çimi genotipine farklı dozlarda gama ışını uygulanarak;

1. Işınlama yapılacak olan stolon parçalarının % 50 ve % 20'sinin köklenme ve yaşamını devam ettirebilmesine olanak verecek uygun ışın dozunu (LD_{50} ve LD_{80}) belirlemek,
2. Morfolojik çim karakteristiklerinde varyasyon oluşturmak ve bu varyasyonu sağlayacak optimum gama ışını dozunu belirlemek,
3. Elde edilen mutant hatlar içinden yeşil alanlarda kullanıma uygun (anaç bitkiye göre daha bodur yapıda, daha ince tekstüre sahip, daha koyu renkli) potansiyel hatları belirlemektir.

3. MATERYAL VE METOT

Yengeç çiminde gama ışınlanması yöntemiyle çim kalitesinin iyileştirilebilmesine arttırmaya yönelik yapılan bu araştırma Şubat 2014 ile Kasım 2015 tarihleri arasında Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Seralarında gerçekleştirilmiştir. Araziden toplanan stolon parçalarına gama ışını uygulaması Akdeniz Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Gama ışınlanması yapılan stolonların viyollerde köklendirilmesi, ümit vaat eden genotiplerin saksılara alınması, bu genotiplerin büyütülmesi ve bitkiler üzerinde gerçekleştirilen morfolojik ölçüm işlemleri sera ortamında gerçekleştirilmiştir.

Deneme süresi boyunca çalışmaların yapıldığı il olan Antalya'da gerçekleşen en düşük hava sıcaklığı 2015 yılı Ocak ayında -0.4°C , en yüksek hava sıcaklığı ise 2014 yılı Ağustos ayında 42.6°C olarak ölçülmüştür. Oransal nem değerlerine bakıldığında; denemenin yürütüldüğü dönemde en düşük oransal nem % 51.6 ile 2015 yılı Kasım ayında, en yüksek oransal nem % 71.9 ile 2014 Mayıs ayında kaydedilmiştir. Belirtilen tüm veriler Antalya Meteoroloji İstasyonu'ndan alınmıştır.

3.1. Araştırmada Kullanılan Bitkisel Materyal

Araştırmada bitki materyali olarak bir sıcak iklim çim türü olan yengeç çiminin Türkiye'ye uzun yıllar önce getirilmiş, ancak orijini bilinmeyen kaba ('G') ve oldukça kaba ('M') yapıda gelişim gösteren farklı iki klonal genotip kullanılmıştır.

3.2. Denemede Kullanılan Uygun Gama Işını Doz ve Aralıklarının Belirlenmesi

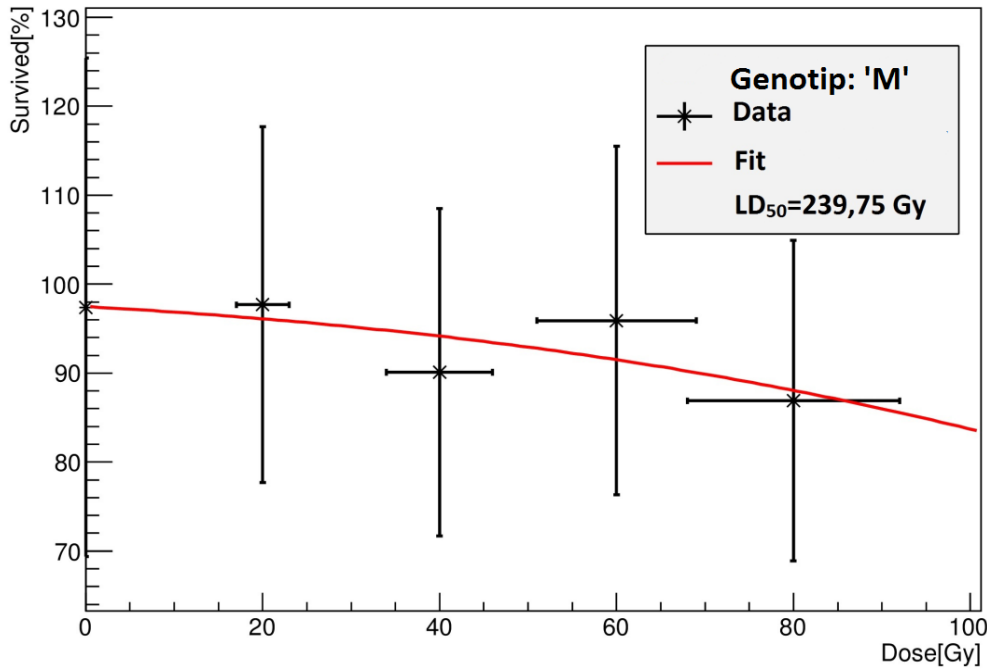
Araştırmada stolon parçalarına uygulanacak gama ışını dozlarını belirlemek amacıyla bir ön deneme yapılmıştır. 13.02.2014-13.09.2014 tarihleri arasında yürütülen bu ön deneme çerçevesinde 'M' genotipi kullanılmıştır. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Arazisinde yetişen dormant haldeki 'M' genotipinden, her birinde ortalama 10-15 nod içeren stolon parçaları rastgele toplanmıştır. Kesilen stolonlar parçaları nem kaybına uğramaması maksadıyla soğutmalı kaplar içerisinde Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Laboratuvarı'na getirilmiştir. Stolonlar su ile yıkanmak suretiyle topraktan arındırılıp, kurutma işlemi yapıldıktan sonra her bir parçada tek nod bulunacak şekilde kesilmiş ve her doz için yaklaşık 315 adet stolon parçası buzdolabı poşetleri içerisine yerleştirilmiştir. Ardından, yengeç çiminde önceden yapılan araştırma sonuçları dikkate alınarak, stolon parçalarına 0, 20, 40 60 ve 80 Gy olmak üzere 5 farklı dozda gama ışını Akdeniz Üniversitesi Fen Fakültesi Laboratuvarı'nda ^{60}Co kaynağı kullanılarak uygulanmıştır. Kontrol (0 Gy) amaçlı kullanılan stolon parçalarına herhangi bir gama ışını uygulaması yapılmamış ve nem kaybetmemesi için $+4^{\circ}\text{C}$ 'de bekletilmiştir. Işınlama işlemi sonrasında tüm stolonlar ivedilikle torf+perlit+vermikülit içeren (3:2:1, v:v:v) viyollere dikilmiştir. Çalışma tesadüf blokları deneme deseninde 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Bu amaçla toplam 1570 adet stolon parçası kullanılmıştır. Periyodik olarak sulamaları yapılan stolon parçaları serada doğal ışık şartları altında viyollerde köklendirilmiştir. Dikimden sonraki 2. haftadan itibaren tüm bitkilere haftada bir 20N-20P-20K+ % 7 TE kullanılarak m^2 'ye 5 gram N düşecek şekilde gübreleme yapılmıştır. Dikimden sonraki 6 ve 8. haftalarda stolonların yaşama oranı (%)

belirlenmiştir (Çizelge 3.1). Bu ön deneme sonucunda 'M' genotipinde 8. hafta sonunda 80 Gy'lık gama ışınım dozunun uygulandığı bitkilerde yaşama oranının %87.1 oranında olduğu tespit edilmiş ve LD₅₀ 239.75 (Şekil 3.1) olarak saptanmıştır.

Çizelge 3.1. Farklı gama ışını dozlarının oldukça kaba yapıdaki yengeç çimi genotipinde ('M') 6 ve 8. hafta sonundaki yaşama oranlarına etkisi

Dozlar	6. Hafta	8. Hafta
Kontrol	% 100.0	% 100
20 Gy	% 93.4	% 97.9
40 Gy	% 85.0	% 90.4
60 Gy	% 90.4	% 96.1
80 Gy	% 84.6	% 87.1

Yapılan bu ön deneme sonuçları değerlendirildiğinde, 'M' genotipinin tek nod içeren stolon parçalarına uygulanan en yüksek doz olan 80 Gy dozunun bile bitkilerin canlılık oranını çok fazla etkilemediği, bu dozda canlılık oranının % 87 olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3.1).



Şekil 3.1. Ön deneme kapsamında yengeç çimi 'M' genotipinde farklı dozlarda gama ışınının stolon parçalarının yaşama oranlarına etkisi

Işınlama işleminden 9 hafta sonra viyollerde köklenen çim fideleri içinden yapılan ön seleksiyonla nispeten daha ince tekstüre sahip olduğu düşünülen toplam 270 adet mutant bitki fenotipik olarak seçilmiş ve kontrol grubuyla birlikte ileriki gözlemleri yapılmak üzere hacimsel olarak 2:2:1:1 oranında (bahçe toprağı + torf + vermikülit + perlit) karışımı içeren 8 cm çapındaki saksılara aktarılmıştır (Şekil 3.2). Işınlamadan sonraki 17. haftada yapılan ikinci bir fenotipik seleksiyonla gözlemlenen 74 adet hat 20 cm çapındaki saksılara alınmıştır.



Şekil 3.2. Ön seleksiyon sonucu kontrol grubuna göre morfolojik değişiklik gösteren hatlar

Gama ışınlamasından 21 hafta sonra ise saksılarda yeterli büyüme ve gelişme gösteren bitkiler üzerinde yapılan fenotipik incelemeler ile uygulanan gama dozlarında bitkilerin kontrole göre morfolojik açıdan fark edilebilir ölçüde/arzu edilebilir nitelikte varyasyon oluşturma durumu belirlenmeye çalışılmıştır. Ancak bu türde daha önce yapılan araştırmaların aksine 80 Gy dozunun bile oldukça kaba yapıdaki ‘M’ klonunda varyasyon oluşturmak için etkisiz kaldığı anlaşılmıştır. Bu sebeplerle araştırmada ‘M’ genotipi stolonlarına uygulanacak doz miktar ve aralıklarının arttırılarak 50, 100, 150 ve 300 Gy olmasına karar verilmiştir. Daha ince yapıda olan ‘G’ genotipinde ise daha düşük ve literatürde belirtilen dozları içine alacak şekilde 0, 20, 40, 80, 120 Gy dozları uygulanmıştır.

3.3. ‘M’ Genotipinde Gama Işını Uygulamaları

13.02.2015 tarihinde ön deneme kapsamında belirtilen yöntem ile stolonlar toplanmış, birer nod içerecek şekilde kesilmiş (toplam 1286 adet) ve ışınlanmaya hazır hale getirilmiştir (Şekil 3.3). Hazırlanan stolonlara Akdeniz Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü Laboratuvarı’nda ışınlama gücü 112 Gy/h olan ⁶⁰Co kaynağından (Şekil 3.4) sağlanan 50, 100, 150 ve 300 Gy dozlarında gama ışını uygulanmıştır. Her bir

dozda ortalama 260 adet tek nod içeren stolon parçası kullanılmıştır. Kontrol grubu stolon parçalarına ise herhangi bir gama ışını uygulaması yapılmamış ve nem kaybetmemesi için +4 °C’de buzdolabında bekletilmiştir. Işınlama işlemini müteakip, ön deneme kapsamında anlatıldığı yöntemler kullanılarak stolonlar sera ortamında viyollere dikilmiş, düzenli sulama ve gübreleme ile köklenmeleri sağlanmıştır.

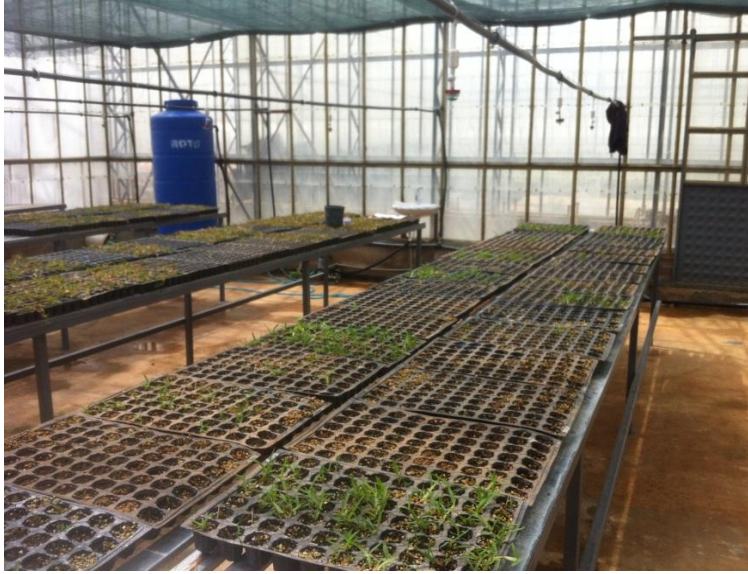


Şekil 3.3. ^{60}Co gama ışını uygulanmak üzere hazırlanmış stolon parçaları



Şekil 3.4. ^{60}Co kaynağı

Dikim yapılan viyoller tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yerleştirilmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Sera şartlarında viyollerde köklendirilen stolon parçaları

Gama radyasyonu uygulamalarını takiben 6, 8 ve 12. haftalarda radyasyon etkisinin oluşturduğu fizyolojik zararlanma nedeniyle ortaya çıkan kayıplar sonucu bitkilerin yaşama oranlarını hesaplamak için sayımlar yapılmıştır.

Işınlama işleminden sonraki 18. haftada viyollerde köklenerek gelişen fideler fenotipik seleksiyona tabi tutularak kontrol bitkilerine göre çim karakteristikleri açısından olumlu varyasyon (daha bodur, ince yaprak tekstürü vb.) gösterdiği gözlemlenen toplam 48 adet mutant hat kontrol fideleri ile birlikte hacimsel olarak 3:2:1 oranında (torf+perlit+vermikülit) karışım içeren 20 cm çapındaki saksılara aktarılmıştır. Saksılara aktarıldıktan 4 hafta sonra seçilen bu mutant hatlar arasında yapılan ikinci seleksiyon sonucu toplam 10 adet mutant hat seçilmiştir. Üçüncü bir seleksiyon ile seçilen bu hatlar arasından morfolojik olarak kontrol bitkilerine göre daha ince yapıda, daha bodur gelişim gösteren, daha dar-kısa yapraklı toplam 4 adet mutant hat seçilmiştir. 01.09.2015 tarihinde seçilen mutant hatlar ve kontrol bitkisi klonal olarak çoğaltılmıştır. Bu amaçla seçilen bitkilerden toplanan stolonlar, üzerinde birer nod içerecek şekilde kesilmiş ve 20x16 cm boyutlarındaki saksıya her bir saksıda 15 adet olmak üzere dikilmiştir. Çalışma tesadüf blokları deneme deseninde 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Stolonların su stresine girmesini engellemek için düzenli olarak sulaması yapılmıştır. Dikimden sonraki 2. haftadan itibaren bitkilere haftada bir olmak üzere periyodik olarak 18-18-18 (N-P-K)'lik kompoze gübre ile m^2 'ye 2.5 gram N düşecek şekilde, gübreleme yapılmıştır.

3.4. 'G' Genotipinde Gama Işını Uygulamaları

'M' genotipine göre nispeten daha ince tekstüre sahip 'G' genotipin sera koşullarında yetişen fidelerinden 22.10.2014 tarihinde toplanan stolonları bir önceki 'M' genotipinde uygulanan yöntemleri takip ederek toplam 3900 adet stolon parçası ışınlanmaya hazır hale getirilmiştir. Kontrol grubu (0 Gy) hariç stolon parçalarına Akdeniz Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü Laboratuvarı'nda ışınlama gücü 140

Gy/h olan ^{60}Co kaynağından sağlanan 20, 40, 80 ve 120 Gy dozlarında gama ışını uygulanmıştır. Her bir dozda ortalama 780 adet stolon parçası ışınlanmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Çeşitli dozlarda gama ışını uygulamasına hazırlanan stolon parçaları

‘M’ genotipinde uygulanan aynı yöntemlerle stolon parçaları ivedilikle sera ortamında viyollere dikilmiştir. Dikim yapılan viyoller tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yerleştirilmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Sera şartlarında köklendirilmiş stolon parçaları

Gama ışını uygulamalarını takiben 6, 8 ve 12. haftalarda bitkilerin yaşama oranlarını hesaplamak için sayımlar yapılmıştır. ‘M’ genotipinde olduğu gibi viyollere dikimden 18 hafta sonra köklü çim fideleri morfolojik seleksiyondan geçirilmiş ve seçilen 132 adet mutant bitki ve kontrol bitkisi saksılara aktarılmıştır. Seçilen bu mutant hatlar 34, 72, 3 ve 23 adet olmak üzere sırasıyla 20, 40, 80 ve 120 Gy dozlarından oluşmuştur. Saksılara aktarıldıktan 4 hafta sonra seçilen bu 132 adet mutant birey içerisinde ikinci bir seleksiyonla toplam 31 adet birey seçilmiştir.

İkinci seleksiyondan 4 hafta sonra daha iyi gelişim gösteren mutant hatlar tekrar morfolojik seleksiyondan geçirilmiş olup kontrol bitkilerine göre daha ince yapılı ve/veya daha bodur gelişim gösteren ve/veya daha dar-kısa yapraklı toplam 11 adet mutant hat seçilmiştir. ‘M’ genotipinde uygulanan aynı yöntemlerle klonal olarak her saksıda 20 adet stolon olacak şekilde çoğaltılmıştır. Saksılara dikilen mutant hatlara yaklaşık 3 ay boyunca (12 hafta) ‘M’ genotipinde belirtildiği üzere düzenli sulama ve gübreleme yapılarak aşağıda belirtilen gözlem ve ölçümleri almadan önce yeterli büyüme ve gelişimleri sağlanmıştır.

3.5. Yapılan Gözlem, Ölçüm ve İstatistiksel Analizler

Her iki genotipte (‘G’ ve ‘M’) seçilen toplam 15 adet mutant hat üzerinden, saksıya alındıktan 12 hafta sonra bitkilerde morfolojik çim karakteristiklerinde oluşan varyasyonu tespit etmek amacıyla kanopi yüksekliği, yaprak, stolon ve çiçeklenme özelliklerine ait aşağıdaki gözlem ve ölçümler yapılmıştır. Mutasyon uygulandıktan sonra bu ölçümlerin yapılması uygulanan dozların morfolojik karakterlerde etkisinin anlaşılması için en önemli nicel ölçütlerdendir (Busey 1980, Li vd 2009).

3.5.1 Mutant bitki hatlarının morfolojik karakterizasyonu

3.5.1.1. Kanopi yüksekliği

Kanopi yüksekliği (KY); dikey yönde büyüme yüksekliğinin ölçümü, her saksıdan tesadüfi seçilen beş bitki/sürgün üzerinden yapılmıştır. Seçilen her 5 adet sürgünün toprak seviyesinden en yüksekte bulunan yaprak seviyesine kadar olan mesafe ölçülerek (cm) kanopi yüksekliği belirlenmiştir.

3.5.1.2. Yaprak ayası uzunluğu ve genişliği

Yaprak ayası uzunluğu (YU) (cm) ve genişliği (YG) (mm) sürgün üzerindeki tam olarak açılmış en uzun yaprak (genel olarak apikal meristemin altındaki üçüncü boğumda yer alan yaprak=) üzerinden yapılmıştır. Yaprak ölçümleri her saksıdan tesadüfi seçilen beş adet sürgün üzerinden yapılmıştır.

3.5.1.3. Çiçek yoğunluğu

Çiçek yoğunluğu (ÇY) her bir saksıdaki mevcut tüm çiçeklerin nicel olarak sayılmasıyla belirlenmiştir.

3.5.1.4. Başak uzunluğu, başak genişliği ve çiçek sapı uzunluğu

Her bir saksıdan seçilen 5 adet olgun çiçek üzerinde başak uzunluğu (BU), genişliği (BU) (mm) ve çiçek sapı uzunluğu (ÇSU) (cm) ölçümleri yapılmıştır.

3.5.1.5. Çiçekçik sayısı

Her bir saksıdan toplanan 5 adet olgun çiçek üzerinde (her başaktaki) çiçekçik sayısının (ÇS) nicel olarak sayılmasıyla belirlenmiştir.

3.5.1.6. Stolon boğum arası (internod) uzunluğu ve stolon çapı

Stolon boğum arası (internod) uzunluğu (SBU) (cm) ve stolon çapı (SÇ) (mm) ölçümleri, stolon ana eksen üzerinde apikal meristemden geriye doğru üçüncü ve dördüncü boğumların arasından yapılmıştır. Stolon çapı ölçümünde dijital kumpas kullanılmıştır. Bu ölçümler her saksıda tesadüfi seçilen 5 adet stolon üzerinden yapılmıştır.

3.5.1.7. Stolon uzunluğu

Her bir stolonda, apikal meristemden geriye doğru dördüncü boğuma kadar (SU-I) (cm) ve apikal meristemden geriye doğru stolonun bitkiye bağlandığı yere kadar olan uzunluk (SU-II) (cm) olmak üzere iki adet stolon uzunluğu ölçümü yapılmıştır. Bu ölçümler her saksıda tesadüfi seçilen 5 adet stolon üzerinden yapılmıştır.

3.5.1.8. Stolon sayısı

Stolon sayısı (SS) her saksıda mevcut tüm stolonların nicel olarak sayılmasıyla belirlenmiştir.

3.5.1.9. Stolon yaprak ayası uzunluğu ve genişliği

Stolon yaprak ayası uzunluğu (StYU) (cm) ve genişliği (StYG) (mm) stolon ana eksenindeki apikal meristemden geriye doğru dördüncü boğumda yer alan en uzun yaprak üzerinden yapılmıştır. Bu ölçümler her saksıda tesadüfi seçilen 5 adet stolon üzerinden yapılmıştır.

3.5.1.10. Stolonda 4. nod üzerinde büyüme noktası/sürgün sayısı

Her saksıda tesadüfi seçilen 5 adet stolon üzerinde stolon ana ekseninde apikal meristemden geriye doğru dördüncü boğum üzerindeki toplam sürgün sayısı/büyüme noktasının nicel olarak sayılmasıyla belirlenmiştir.

3.5.1.11. Renk

Kontrol bitkilerine göre genel çim renginde oluşabilecek varyasyonu ortaya koymak için renk ölçüm cihazı (Minolta ChromaMeter CR 400, Osaka, Japan) ile her saksıda tesadüfi seçilen 5 noktada yapraklar üzerinden yapılan okuma ile belirlenmiştir.

3.5.1.12. Klorofil içeriği

Klorofil ölçüm cihazı (FieldScout CM 1000 Chlorophyll Meter, Aurora IL, USA) ile her bir saksı üzerinde 15 farklı noktadan okuma yapmak suretiyle klorofil içeriği belirlenmiştir.

3.5.1.13. İstatistik analizleri

Alınan veriler PROC GLM (SAS Institute, 1999) programı ile varyans analiz yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Ortalamalar SAS istatistik programında Fisher metoduna göre korunmuş en az önemli fark (LSD-Least Significant Difference) testi ile karşılaştırılmış ve $LSD_{(0,05)}$ değerleri hesaplanmıştır.

3.5.2. Bitki Yaşama Oranlarının Bulunması ve LD_{50} - LD_{80} Değerlerinin Hesaplanması

Işınlama uygulamasından sonraki 6, 8 ve 12. haftalarda bitkilerin yaşama oranları belirlenmiş ve bu veriler üzerinden LD_{50} ve LD_{80} değerleri hesaplanmıştır. Yaşama oranları (%); yaşayan stolon parçası sayısının, toplam dikilen stolon parçası sayısına bölünüp 100 ile çarpılmasıyla hesaplanmıştır.

Denemede bitkilerin yaşama oranları (% YO) aşağıda verilen 3.1 eşitliği yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\%YO = \frac{YS}{TDS} * 100 \quad (3.1)$$

Eşitlikte; YS ve TDS sırasıyla yaşayan stolon sayısı ve toplam dikilen stolon sayısını ifade etmektedir. Elde edilen yaşama oranları üzerinden LD_{50} ve LD_{80} değerlerini hesaplamak için probit analiz yöntemi kullanılmıştır. Bu amaçla aşağıdaki probit fonksiyonu (3.2) kullanılmıştır.

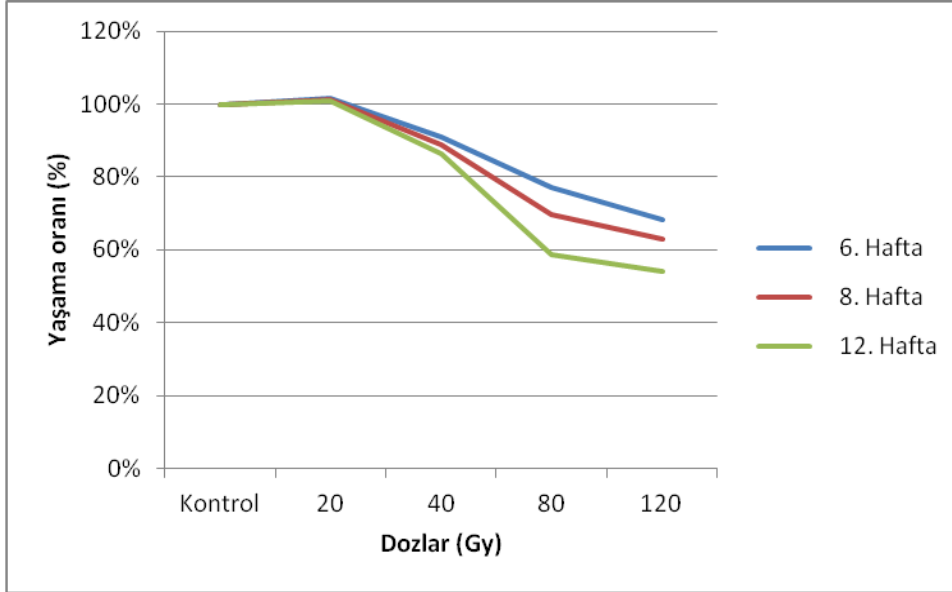
$$probit(p) = a + b\sqrt{2}erf^{-1}(2p - 1) \quad (3.2)$$

Bu eşitlikte a; kesme noktası, b; eğim, p; normalize edilmiş yaşama değerlerini ifade etmektedir. İlişkiyi en iyi açıklayan eğriyi (fit) oluşturmak için ROOT package (Brun 1997) kullanılmıştır. Belirtilen probit fonksiyonu öldürücü dozun kolayca belirlenmesinde etkin bir şekilde kullanılmaktadır.

4. BULGULAR

4.1. Farklı Gama Işını Dozlarının Bitki Yaşama Oranlarına Etkisi ve LD₅₀ ve LD₈₀ Dozlarının Belirlenmesi

‘G’ genotipinde farklı dozlardaki gama ışını uygulamalarının, dikimden sonraki 6, 8 ve 12. haftalarda bitki yaşama oranları (%) üzerine etkisi Şekil 4.1 ve Çizelge 4.1’de sunulmuştur.



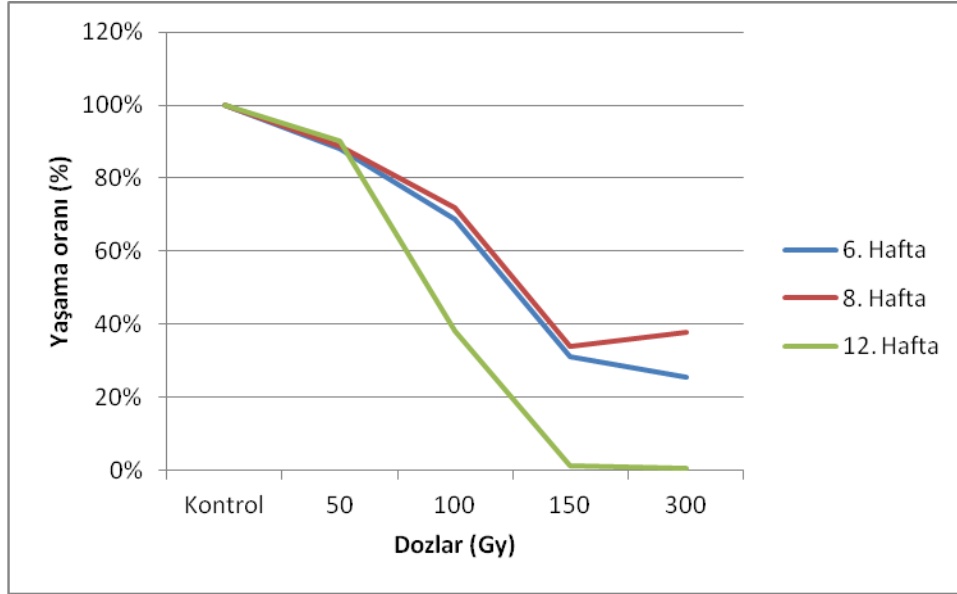
Şekil 4.1. Farklı dozlardaki ⁶⁰Co uygulamasının yengeç çiminin ‘G’ genotipinde yaşama oranı üzerine etkisi

Işınlama işleminden 12 hafta sonra, 20 Gy dozunun yaşama oranını etkilemediği, 40 Gy ve üzeri dozlarda ise yaşama oranlarının azaldığı bulunmuştur. Nitekim 12. hafta sonunda 40 Gy dozunda yaşama oranı % 87 iken bu oran 120 Gy dozunda % 54’e gerilemiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. ‘G’ genotipinin kontrol ve farklı gama ışını dozlarında yaşama oranları

Dozlar	6. Hafta	8. Hafta	12. Hafta
Kontrol	% 100.0	% 100.0	% 100.0
20 Gy	% 101.6	% 101.4	% 101.0
40 Gy	% 90.8	% 88.9	% 86.5
80 Gy	% 77.3	% 69.6	% 58.8
120 Gy	% 68.4	% 62.9	% 54.1

‘M’ genotipinde farklı dozlardaki gama ışını uygulamalarının yaşama oranları (%) üzerine etkisi Şekil 4.2 ve Çizelge 4.2’de verilmiştir 12. hafta sonunda ‘M’ genotipinde bütün dozlarda yaşama oranları kontrol bitkisinin yaşama oranından az olmuş ve 50-300 Gy doz aralığında bu değerler % 90.3 - % 0.6 arasında değişiklik göstermiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Farklı dozlardaki ^{60}Co uygulamasının yengeç çiminin ‘M’ genotipinde yaşama oranı üzerine etkisi

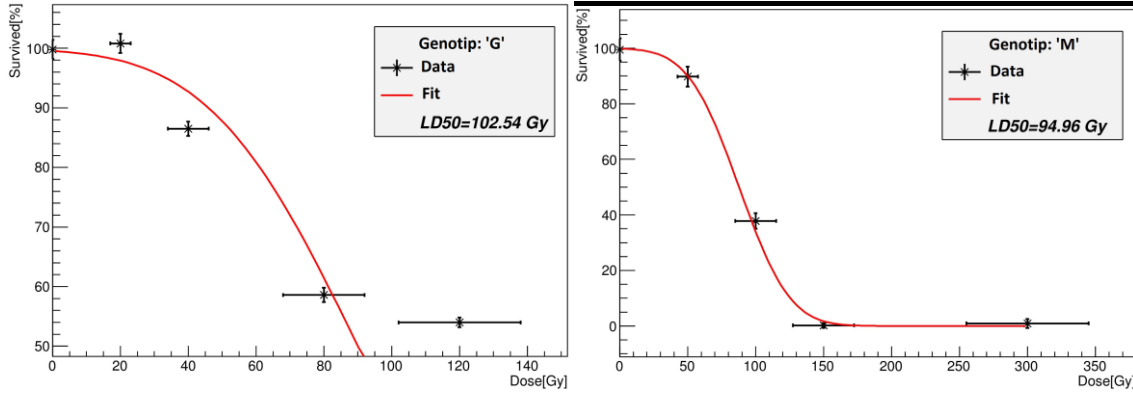
‘M’ genotipinde 12. haftadaki yaşama oranları (%) incelendiğinde; 50 Gy dozunun bitkilerin canlılık oranı üzerine önemli bir etkiye sahip olmadığı (% 90.3), 100 Gy’lik dozun yaşama oranında önemli düzeyde azalmalara neden olduğu (% 38.2), 150 Gy’lik dozda ise bu azalmanın oldukça yüksek düzeye çıktığı (% 1.2), 300 Gy’lik dozda ise sadece 1 bitkinin (% 0.6) canlılığını sürdürdüğü belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. ‘M’ genotipinin kontrol ve farklı gama ışını dozlarında yaşama oranları

Dozlar	6. Hafta	8. Hafta	12. Hafta
Kontrol	% 100.0	% 100.0	% 100.0
50 Gy	% 88.0	% 88.6	% 90.3
100 Gy	% 68.9	% 71.8	% 38.2
150 Gy	% 31.0	% 34.1	% 1.2
300 Gy	% 25.4	% 37.8	% 0.6

Artan gama ışını dozuna bağlı olarak, yaşama oranlarında görülen doğrusal azalma oldukça ilişkili bulunmuş ve bu oran ‘G’ ve ‘M’ genotipinde sırasıyla $r^2=0.96$ ve $r^2=0.78$ olarak tespit edilmiştir.

Probit analizi sonuçlarına göre ‘G’ genotipinde, ışınlanan stolonların % 50 ve % 20’sinin yaşamasına olanak sağlayan doz olarak tanımlanan LD_{50} ve LD_{80} değerleri sırasıyla 102.54 ve 149.91 olarak hesaplanmıştır. ‘M’ genotipinde ise LD_{50} ve LD_{80} değerleri sırasıyla 94.96 ve 125.77 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinin tek nod içeren stolon parçalarının yaşama oranlarına gama ışını dozlarının etkisi

4.2. Mutant Hatların Belirlenmesi

‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde sırasıyla 1035 ve 3266 olmak üzere ışınlanan toplam 4301 adet stolon parçası içerisinde 15 adet mutant hat (% 0.35) seçilmiştir. Bu hatlardan 11 tanesi ‘G’ genotipinden, 4 tanesi ‘M’ genotipinden elde edilmiştir. ‘G’ genotipinden seçilen hatlardan 2 tanesi (G20-1, G20-2) 20 Gy dozundan, 6 tanesi (G40-1, G40-2, G40-3, G40-4, G40-5, G40-6) 40 Gy dozundan, 2 tanesi (G80-1, G80-2) 80 Gy dozundan ve 1 tanesi (G120-1) 120 Gy dozundan elde edilmiştir. ‘M’ genotipinden seçilen hatlardan bir tanesi (M50-1) stolon parçalarının 50 Gy dozunda ışınlanmasıyla, üç tanesi (M100-1, M100-2 ve M100-3) stolon parçalarının 100 Gy dozunda ışınlanmasıyla elde edilmiştir. Farklı gama ışını dozlarının ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde mutasyon frekansına ait veriler Çizelge 4.3’te sunulmuştur. Çizelgeden de anlaşıldığı üzere ‘G’ genotipinde en yüksek mutasyon frekansı 40 Gy ile elde edilmiştir (0.65).

Çizelge 4.3. Yengeç çiminin ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulaması sonrası tespit edilen mutasyon frekansı

Genotip	Dozlar	Dikilen Stolon sayısı	1. Seleksiyon	2. Seleksiyon	Seçilen Mutant Hat	% Mutant hat
‘M’	Kontrol	251	10	10	-	-
‘M’	50 Gy	268	28	5	1	%0.37
‘M’	100 Gy	262	20	5	3	%1.15
‘M’	150 Gy	244	0	0	0	%0.0
‘M’	300 Gy	261	0	0	0	%0.0
TOPLAM		1286	58	20	4	%0.39
‘G’	Kontrol	634	10	10	-	-
‘G’	20 Gy	677	34	8	2	%0.30
‘G’	40 Gy	924	72	14	6	%0.65
‘G’	80 Gy	755	23	8	2	%0.26
‘G’	120 Gy	910	3	1	1	%0.11
TOPLAM		3900	142	41	11	%0.34
GENEL TOPLAM		4301			15	% 0.35

Seçilen mutant hatlarda kontrol bitkilerine göre yaprak ayası uzunluğu ve genişliği, stolon uzunluğu, internod uzunluğu ve çapı, stolon sayısı, kanopi yüksekliği gibi bazı morfolojik karakterler açısından olumlu değişiklikler gözlenmiştir.

4.3. Mutant Bitki Hatlarının Morfolojik Özelliklerine Ait Bulgular

4.3.1. Kanopi yüksekliği

Mutant hatların ve kontrol bitkilerin kanopi yüksekliklerine (KY) ait bulgular Çizelge 4.4 ve Şekil 4.4’de sunulmuştur. Her iki genotip düzeyinde kontrol ile mutant hatlar arasında kanopi yüksekliği bakımından önemli farklar bulunmuş ve kanopi yüksekliğinin mutant hatlarda kontrole göre % 25 ile % 8 arasında kısaldığı saptanmıştır. Kontrol bitkisi kanopi yüksekliğinin 19.11 cm olarak ölçüldüğü ‘M’ genotipinde M50-1 ve M100-1 mutant hatlarında kanopi yüksekliklerinin kontrol bitkisine göre sırasıyla % 21 ve % 15 oranında kısaldığı saptanmıştır. ‘G’ genotipinden elde edilen G40-6, G40-1 ve G120-1 mutant hatlarının kanopi yüksekliklerinde ise kontrole göre sırasıyla % 25, % 24 ve % 23 oranında azalma saptanmıştır (Çizelge 4.4).

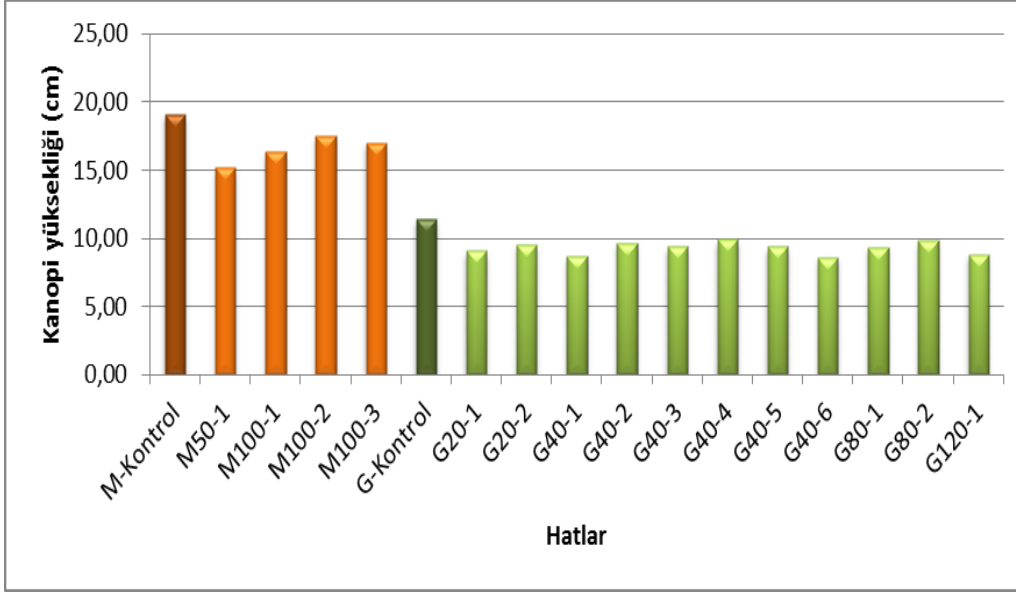
Çizelge 4.4. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda kanopi yüksekliği üzerine etkileri

Genotipler	Hatlar	Kanopi yüksekliği (cm)	Kontrole göre Fark (cm)	Kontrole göre fark (%)
‘M’	M-Kontrol	19.11 ^{A1}	-	-
	M50-1	15.19 ^C	-3.92	-21
	M100-1	16.34 ^{BC}	-2.78	-15
	M100-2	17.56 ^B	-1.56	-8
	M100-3	17.00 ^B	-2.11	-11
‘G’	G-Kontrol	11.44 ^{a2}	-	-
	G20-1	9.09 ^{bcd}	-2.36	-21
	G20-2	9.55 ^{bc}	-1.89	-17
	G40-1	8.67 ^d	-2.78	-24
	G40-2	9.64 ^{bc}	-1.80	-16
	G40-3	9.39 ^{bcd}	-2.06	-18
	G40-4	9.92 ^b	-1.52	-13
	G40-5	9.39 ^{bcd}	-2.06	-18
	G40-6	8.61 ^d	-2.83	-25
	G80-1	9.34 ^{bcd}	-2.11	-18
	G80-2	9.83 ^b	-1.61	-14
	G120-1	8.84 ^{cd}	-2.61	-23

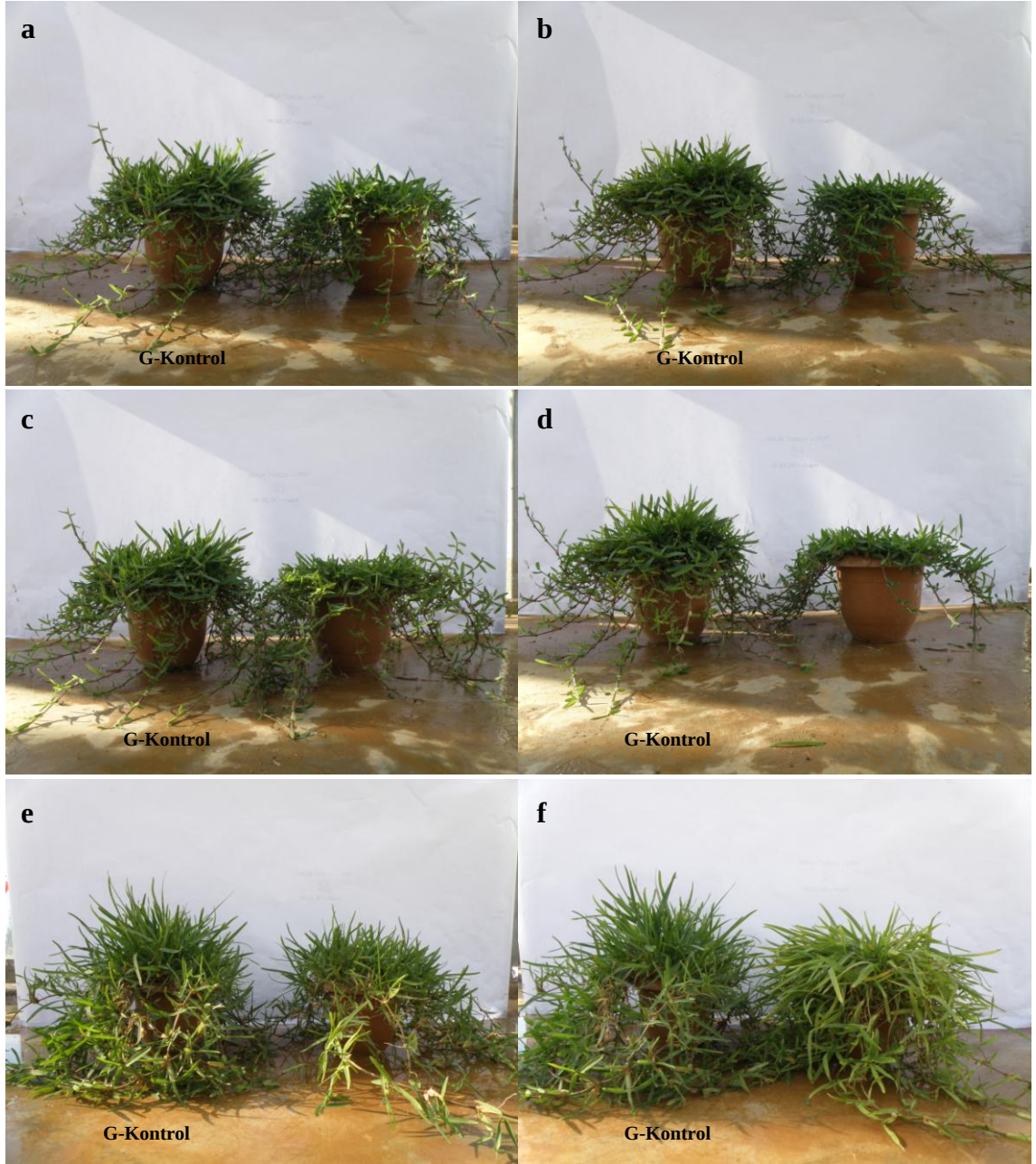
¹LSD testine göre % 5 önem düzeyinde farklı ortalamalar aynı harflerle gösterilmiştir. Büyük harfler ‘M’ genotipine ait verilen ortalamaların, küçük harfler ise ‘G’ genotipine ait verilerin karşılaştırmasını göstermektedir.

²Harflendirmeler her bir genotip düzeyinde ayrı hesaplanan LSD_(0,05) değerlerine göre yapılmıştır.

Kontrole ait bitkilerle yapılan karşılaştırmalar gama ışını dozlarının her iki genotipte de kanopi yüksekliklerinde önemli derecede azalmaya neden olduğunu ortaya koymuştur. ‘G’ genotipinde 40 Gy dozunda yapılan ışınlamadan elde edilen G40-6 hattında kanopi yüksekliği kontrole göre önemli derecede azalma (% 25) göstermiştir. ‘M’ genotipinde kanopi yüksekliği bakımından en fazla azalma % 21 ile 50 Gy dozunda ışınlamayla elde edilen M50-1 hattında gözlenmiştir. Seçilen diğer hatlarda da kanopi yüksekliklerinin kontrol bitkilerine göre daha kısa olduğu saptanmıştır. Bu sonuçlar, gama ışını dozlarının yengeç çiminde yarı-bodur mutant hatlar oluşturduğunu göstermektedir (Çizelge 4.4).



Şekil 4.4. Yengeç çiminde ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda kanopi yüksekliği üzerine etkileri



Şekil 4.5. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamaları sonucu elde edilen mutant hatlara ait kanopi yüksekliklerinde gözlenen değişim: a-) G40-1, b-) G40-6, c-) G80-1, d-) G120-1, e-) M100-1, f-) M50-1

4.3.2. Yaprak ayası uzunluğu ve genişliği

Gama ışını uygulamasının seçilen mutant yengeç çimi bitkilerinde yaprak ayası uzunluğu (YU) ve yaprak ayası genişliği (YG) üzerine etkileri Çizelge 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9’da verilmiştir.

Sonuçlar her iki genotip düzeyinde sürgünlere ait yaprak ayası uzunluğu ve genişliği bakımından mutant hatlar ve kontrol bitkileri arasında varyasyon olduğu ve bulunan bu farkların istatistiki olarak önemli olduğunu ortaya koymuştur.

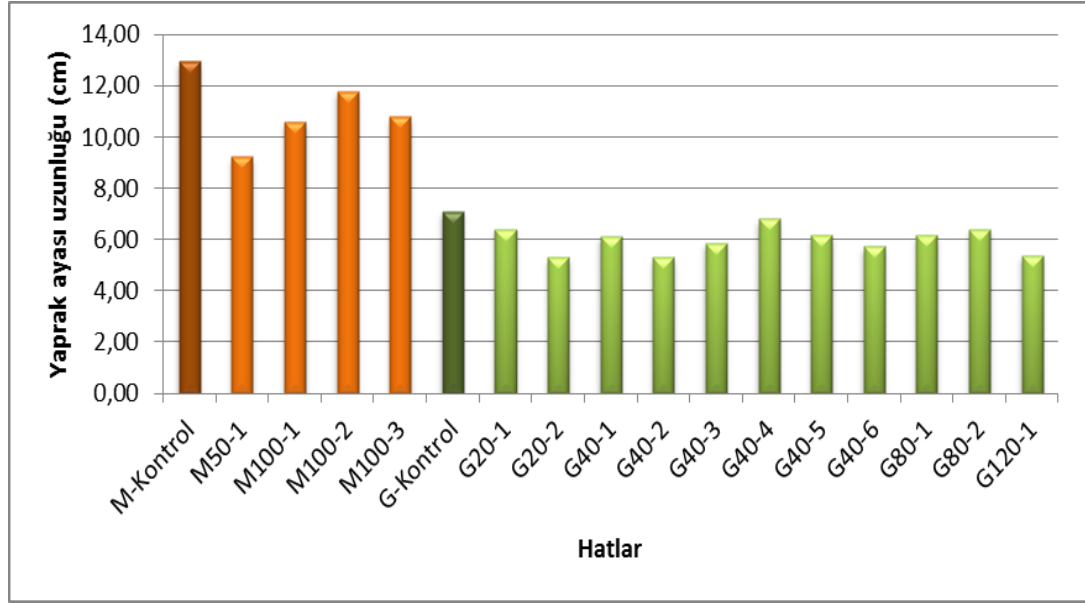
Çizelge 4.5. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının yaprak ayası uzunluğu genişliği üzerine etkileri

Genotip ler	Hatlar	Yaprak ayası uzunluğu (cm)	Kontrol göre fark (cm)	Kontrol göre fark (%)	Yaprak ayası genişliği (mm)	Kontrol göre fark (mm)	Kontrol göre fark (%)
‘M’	M-Kntrl	12.95 ^{A1}	-	-	8.25 ^A	-	-
	M50-1	9.24 ^D	-3.71	-29	6.93 ^C	-1.32	-16
	M100-1	10.61 ^C	-2.34	-18	7.83 ^{AB}	-0.42	-5
	M100-2	11.79 ^B	-1.16	-9	7.60 ^B	-0.65	-8
	M100-3	10.79 ^{BC}	-2.16	-17	7.43 ^{BC}	-0.81	-10
‘G’	G-Kntrl	7.09 ^{a2}	-	-	6.63 ^a	-	-
	G20-1	6.39 ^{bc}	-0.70	-9,9	5.78 ^e	-0.85	-13
	G20-2	5.29 ^e	-1.80	-25,4	6.44 ^{abc}	-0.19	-3
	G40-1	6.12 ^{cd}	-0.97	-13,7	6.49 ^{abc}	-0.14	-2
	G40-2	5.30 ^e	-1.79	-25,2	6.62 ^a	-0.01	0
	G40-3	5.87 ^{cde}	-1.22	-17,2	5.95 ^{de}	-0.67	-10
	G40-4	6.82 ^{ab}	-0.27	-3,9	6.80 ^a	+0.17	+3
	G40-5	6.15 ^{cd}	-0.94	-13,3	5.97 ^{de}	-0.65	-10
	G40-6	5.73 ^{de}	-1.36	-19,2	6.15 ^{cd}	-0.47	-7
	G80-1	6.15 ^{cd}	-0.94	-13,3	6.23 ^{bcd}	-0.40	-6
	G80-2	6.39 ^{bc}	-0.70	-9,8	6.54 ^{ab}	-0.09	-1
	G120-1	5.39 ^e	-1.70	-24,0	6.22 ^{bcd}	-0.41	-6

¹Harflendirmeler her bir genotip ayrı ayrı test edilerek yapılmıştır. Büyük harfler ‘M’ genotipine ait verilen ortalamaların, küçük harfler ise ‘G’ genotipine ait verilerin karşılaştırmasını göstermektedir.

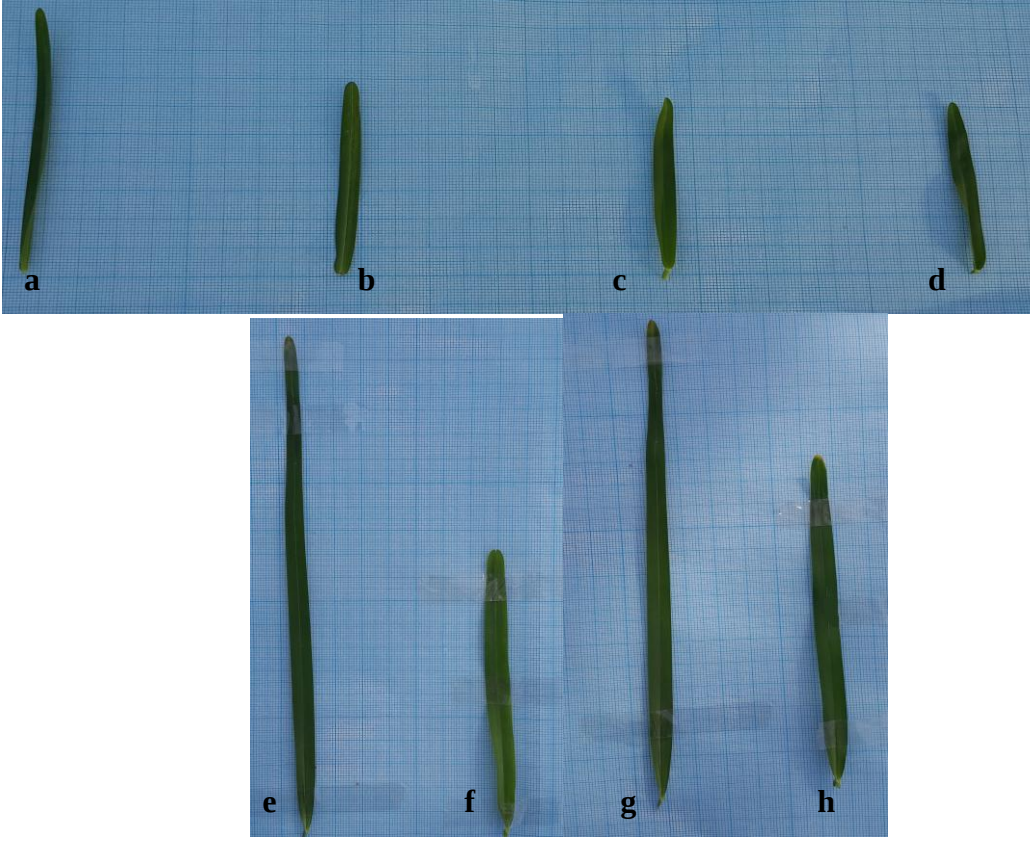
²LSD testine göre % 5 önem düzeyinde farklı ortalamalar aynı harflerle gösterilmiştir.

Her iki genotip düzeyinde sürgünlere ait yaprak ayası uzunluğu ve genişliği bakımından seçilen mutant hatlar ve kontrol bitkileri arasındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur.

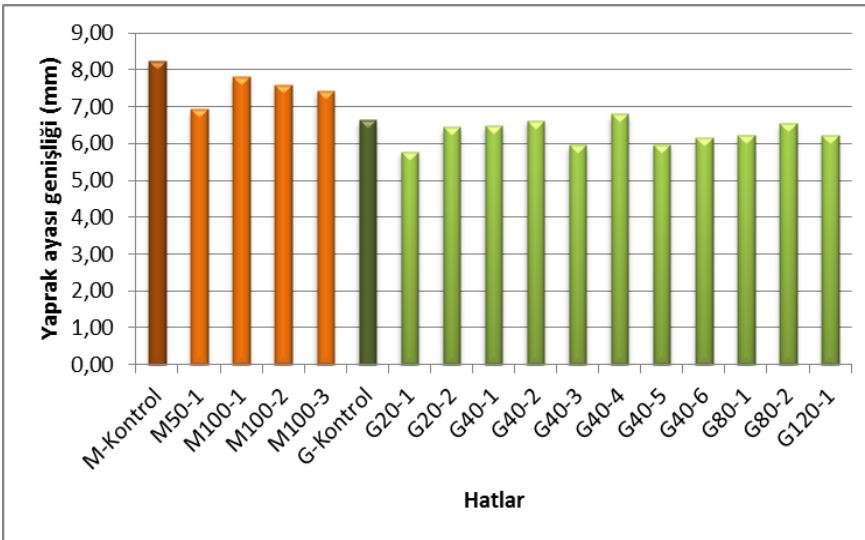


Şekil 4.6. Yengeç çiminde ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda yaprak ayası uzunluğu üzerine etkileri

‘M’ genotipinde, tüm mutant hatlarda kontrol bitkilerine göre yaprak ayası uzunluklarında önemli derecede azalmalar (% 29 - % 9) görülmüştür. M50-1 mutant hattında yaprak ayası uzunluğu kontrol bitkisine göre % 29 oranında (3.71cm) kısalmıştır. Kontrol bitkilerinde 12.95 cm olan yaprak ayası uzunluğu, 50 Gy dozundan elde edilen M50-1 mutant hattında 9.24’e düşmüştür. ‘G’ genotipinden seçilen mutant hatlarda yaprak ayası uzunluklarının kontrole göre % 4 ile % 25 arasında kısaldığı saptanmıştır. Bu kapsamda kontrole göre % 25 azalma ile en kısa yaprak ayası uzunluğu G20-2 ve G40-2 mutant hatlarında tespit edilmiştir (Çizelge 4.5).

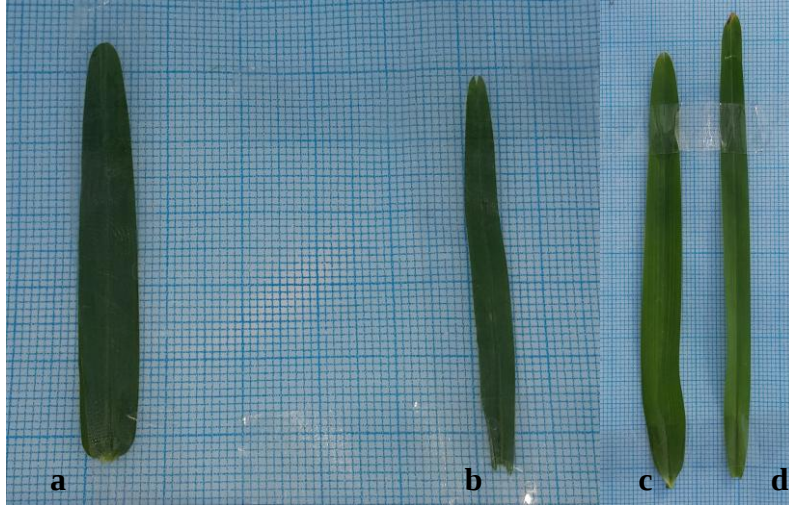


Şekil 4.7. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamaları sonucu mutant hatlarda yaprak ayası uzunluklarında görülen varyasyon: a-) G-Kontrol, b-) G20-2, c-) G40-2, d-) G80-1, e-)M-Kontrol, f-) M50-1, g-) M-Kontrol, h-) M100-1



Şekil 4.8. Yengeç çiminde ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda yaprak ayası genişliği üzerine etkileri

‘M’ genotipinden elde edilen mutant hatlarda yaprak ayası genişliklerinin kontrole göre % 5-16 arasında azaldığı saptanmıştır. Belirtilen bu mutant hatlar arasında en dar yaprak ayası genişliği 6.93 mm ile (kontrol 8.25 mm) M50-1 hattında bulunmuştur. ‘G’ genotipinde kontrol bitkisiyle mutant hatların yaprak ayası genişlikleri arasında varyasyon bulunmuştur. Benzer şekilde ‘G’ genotipinde yaprak ayası genişliği kontrolde 6.63 mm iken, mutant hatların yaprak ayası genişlikleri 5.78-6.80 mm arasında değişim göstermiştir. G20-1 ve G40-3 hatlarının yaprak ayası genişliklerinde sırasıyla % 12.8 ve % 10.2 oranında azalma gözlenmiştir (Çizelge 4.5).



Şekil 4.9. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamaları sonucu elde edilen mutant hatlara ait yaprak ayası genişlikleri: a-) G-Kontrol, b-) G20-1, c-) M-Kontrol, d-) M50-1

4.3.3. Çiçek yoğunluğu

Mutant hatlar ve kontrol bitkilerin çiçek yoğunluklarına (ÇY) ilişkin bulgular Çizelge 4.6 ve Şekil 4.10’de verilmiştir. Her iki genotip düzeyinde de kontrol ve mutant hatları arasında çiçek yoğunluğu açısından önemli farklar bulunmuştur. Mutant hatlardan bazıları çok fazla sayıda çiçek oluştururken bazılarında hiç çiçek oluşumu gözlenmemiştir.

Çizelge 4.6. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda çiçek yoğunluğu üzerine etkileri

Genotipler	Hatlar	Çiçek yoğunluğu (adet/bitki)	Kontrole göre fark (adet)	Kontrole göre fark (%)
‘M’	M-Kontrol	1 ^{CI}	-	-
	M50-1	12 ^B	+11	+1100
	M100-1	0 ^C	-1	-100
	M100-2	5 ^{BC}	+4	+400
	M100-3	61 ^A	+60	+6000

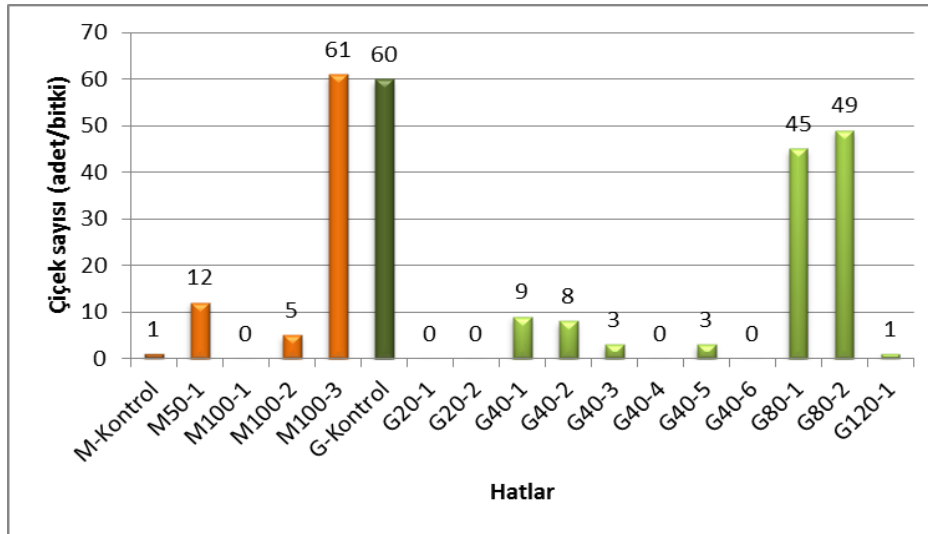
Çizelge 4.6. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda çiçek yoğunluğu üzerine etkileri (Devamı)

	G-Kontrol	60 ^{a2}	-	-
	G20-1	0 ^e	-60	-100
	G20-2	0 ^e	-60	-100
	G40-1	9 ^c	-51	-85
	G40-2	8 ^{cd}	-52	-87
‘G’	G40-3	3 ^{de}	-57	-95
	G40-4	0 ^e	-60	-100
	G40-5	3 ^{de}	-57	-95
	G40-6	0 ^e	-60	-100
	G80-1	45 ^b	-15	-25
	G80-2	49 ^b	-11	-18
	G120-1	1 ^e	-59	-98

¹Harflendirmeler her bir genotip ayrı ayrı test edilerek yapılmıştır. Büyük harfler ‘M’ genotipine ait verilen ortalamaların, küçük harfler ise ‘G’ genotipine ait verilerin karşılaştırmasını göstermektedir.

²LSD testine göre % 5 önem düzeyinde farklı ortalamalar aynı harflerle gösterilmiştir.

‘M’ genotipinde gama ışını uygulamalarının bazı mutant hatlarda çiçek sayısını önemli ölçüde arttırdığı saptanmıştır. ‘M’ genotipinde kontrol bitkilerinin ortalama 1 adet çiçek oluşturduğu gözlemlenirken, bu genotipte 100 Gy gama ışını uygulamasıyla elde edilen M100-3 hattında 61 adet çiçek gözlenmiştir. Öte yandan M100-1 mutant hattında ise hiç çiçek gözlenmemiştir. ‘G’ genotipinde ise gama ışını uygulamasının mutant hatlarda çiçek yoğunluğunu % 100 ile % 18 oranında azalttığı saptanmıştır. ‘G’ genotipinin kontrol bitkisinde ise 60 adet çiçek gözlenirken mutant hatlar 20-1, 20-2, 40-4 ve 40-6 hatlarında hiç çiçek gözlenmemiştir. 40-3 ve 40-5 hatlarında 3, 120-1 ve 120-2 hatlarında ise sırasıyla 45 ve 49 adet çiçek gözlenmiştir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda çiçek yoğunluğu üzerine etkileri

4.3.4. Başak uzunluğu, başak genişliği ve çiçek sapı uzunluğu

Başak uzunluğu (BU), başak genişliği (BG) ve çiçek sapı uzunluğu (ÇSP) ölçümlerine ilişkin verilerin ortalamaları ve Çizelge 4.7, Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9’da verilmiştir. Hatlar arasında başak uzunluğu ve başak genişliği açısından önemli farklar gözlenmiştir.

Başak uzunluğu verileri incelendiğinde bazı mutant hatlar ile kontrol bitkileri arasında bu özellik bakımından farklılıklar bulunmuştur (Çizelge 4.7). Örneğin ‘M’ genotipinde gama ışını uygulaması M100-2 ve M100-3 mutant hatlarında başak uzunluğunu % 12 oranında kısaltmıştır. Diğer mutant hatlar ile kontrol bitkileri arasında fark bulunmamıştır. ‘G’ genotipinde ise, başak uzunluğu bazı mutant hatlarda (G40-5, G120-1) yaklaşık %23 oranında kısılırken, G40-2 mutant hattında % 12 oranında artış göstermiştir.

Çizelge 4.7. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda başak uzunluğu üzerine etkileri

Genotipler	Hatlar	Başak uzunluğu (cm)	Kontrole göre fark (cm)	Kontrole göre fark (%)
‘M’	M-Kontrol	6.0 ^{AI}	-	-
	M50-1	6.1 ^A	+0.1	+2
	M100-1	0 ^C	-	-
	M100-2	5.3 ^B	-0.7	-12
	M100-3	5.3 ^B	-0.7	-12
‘G’	G-Kontrol	6.0 ^{bc2}	-	-
	G20-1	0 ^e	-	-
	G20-2	0 ^e	-	-
	G40-1	5.1 ^d	-0.9	-15
	G40-2	6.7 ^a	+0.7	+12
	G40-3	5.7 ^c	-0.3	-5
	G40-4	0 ^e	-	-
	G40-5	4.6 ^d	-1.4	-23
	G40-6	0 ^e	-	-
	G80-1	6.3 ^{ab}	+0.3	+5
	G80-2	5.9 ^{bc}	-0.1	-2
	G120-1	4.7 ^d	-1.3	-22

¹Harflendirmeler her bir genotip ayrı ayrı test edilerek yapılmıştır. Büyük harfler ‘M’ genotipine ait verilen ortalamaların, küçük harfler ise ‘G’ genotipine ait verilerin karşılaştırmasını göstermektedir.

²LSD testine göre % 5 önem düzeyinde farklı ortalamalar aynı harflerle gösterilmiştir.

Gama ışını uygulaması sonucu ‘M’ genotipinden elde edilen mutant hatlarda başak genişliğinin 2 adet mutant hatta (M50-1, M100-2) % 15’e kadar arttığı, öte yandan M100-3 hattında % 8 oranında azaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.8). ‘G’ genotipinde ise gama ışını uygulamasına bağlı olarak tüm mutant hatlarda başak

genişliğinde azalma olduğu saptanmıştır. En fazla azalma % 30 ile G120-1 mutant hattında tespit edilmiştir.

Çizelge 4.8. Yengeç çiminde ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının çiçek başak genişliği üzerine etkileri

Genotipler	Hatlar	Başak genişliği (mm)	Kontrole göre fark (mm)	Kontrole göre fark (%)
‘M’	M-Kontrol	4.0 ^{A1}	-	-
	M50-1	4.5 ^A	+0.5	+13
	M100-1	0 ^B	-	-
	M100-2	4.6 ^A	+0.6	+15
	M100-3	3.7 ^A	-0.3	-8
‘G’	G-Kontrol	4.0 ^{a2}	-	-
	G20-1	0 ^d	-	-
	G20-2	0 ^d	-	-
	G40-1	3.3 ^{bc}	-0.7	-18
	G40-2	3.5 ^{ab}	-0.5	-13
	G40-3	3.5 ^{ab}	-0.5	-13
	G40-4	0 ^d	-	-
	G40-5	3.3 ^{bc}	-0.7	-18
	G40-6	0 ^d	-	-
	G80-1	3.7 ^{ab}	-0.3	-8
	G80-2	3.8 ^{ab}	-0.2	-5
	G120-1	2.8 ^c	-1.2	-30

¹Harflendirmeler her bir genotip ayrı ayrı test edilerek yapılmıştır. Büyük harfler ‘M’ genotipine ait verilen ortalamaların, küçük harfler ise ‘G’ genotipine ait verilerin karşılaştırmasını göstermektedir.

²LSD testine göre % 5 önem düzeyinde farklı ortalamalar aynı harflerle gösterilmiştir.

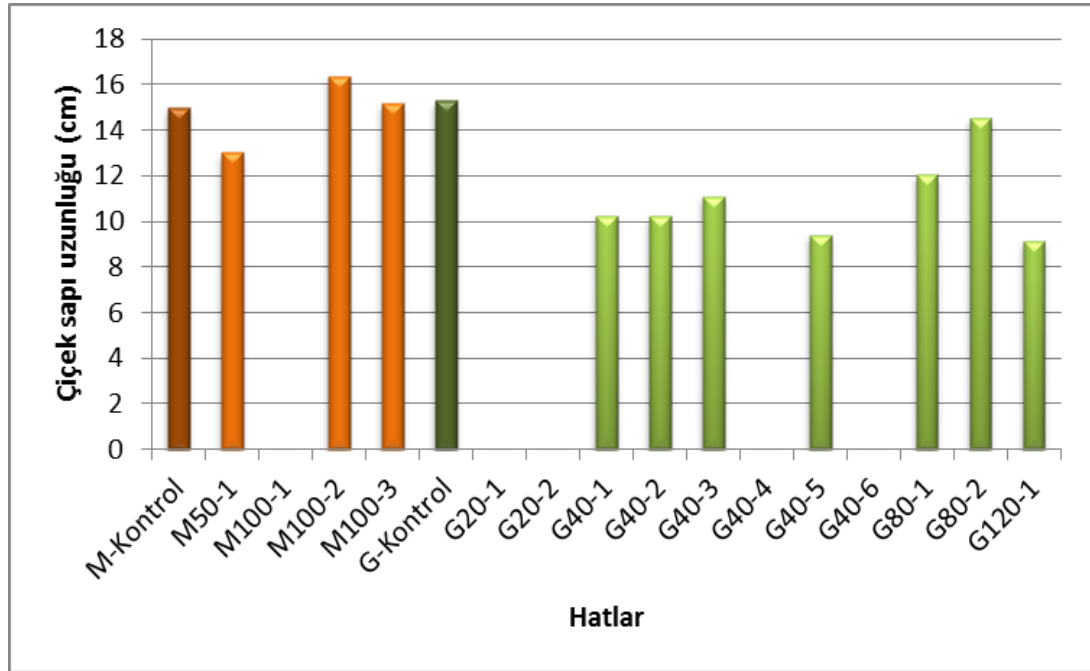
Sonuçlar çiçek sapı uzunluğu açısından mutant hatlar ile kontrol bitkileri arasında önemli farklar olduğunu ortaya koymuştur. Örneğin gama ışını uygulamasına bağlı olarak çiçek sapı uzunluğunun ‘M’ genotipinden elde edilen M50-1 mutant hattında % 13 azaldığı, öte yandan M100-2 mutant hattında ise % 9 oranında arttığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.9). ‘G’ genotipinde ise gama ışını uygulamasına bağlı olarak çiçek sapı uzunluklarının kontrole göre % 40 ile % 5 arasında azaldığı bulunmuştur. En kısa çiçek sapı kontrole göre % 40 azalma ile G120-1 hattında tespit edilmiştir (Şekil 4.11).

Çizelge 4.9. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda çiçek sapı uzunluğuna etkileri

Genotipler	Hatlar	Çiçek sapı uzunluğu (cm)	Kontrole göre fark (cm)	Kontrole göre fark (%)
‘M’	M-Kontrol	15,00 ^{AB1}	-	-
	M50-1	13,02 ^B	-1.98	-13
	M100-1	0 ^C	-	-
	M100-2	16,38 ^A	+1.38	+9
	M100-3	15,16 ^{AB}	-0.16	-1
‘G’	G-Kontrol	15,30 ^{a2}	-	-
	G20-1	0 ^e	-	-
	G20-2	0 ^e	-	-
	G40-1	10,26 ^{cd}	-5.04	-33
	G40-2	10,20 ^{cd}	-5.10	-33
	G40-3	11,10 ^{bc}	-4.20	-27
	G40-4	0 ^e	-	-
	G40-5	9,40 ^d	-5.90	-39
	G40-6	0 ^e	-	-
	G80-1	12,04 ^b	-3.26	-21
	G80-2	14,54 ^a	-0.76	-5
	G120-1	9,15 ^d	-6.15	-40

¹Harflendirmeler her bir genotip ayrı ayrı test edilerek yapılmıştır. Büyük harfler ‘M’ genotipine ait verilen ortalamaların, küçük harfler ise ‘G’ genotipine ait verilerin karşılaştırmasını göstermektedir.

²LSD testine göre % 5 önem düzeyinde farklı ortalamalar aynı harflerle gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda çiçek sapı uzunluğuna etkileri

4.3.5. Çiçekçik sayısı

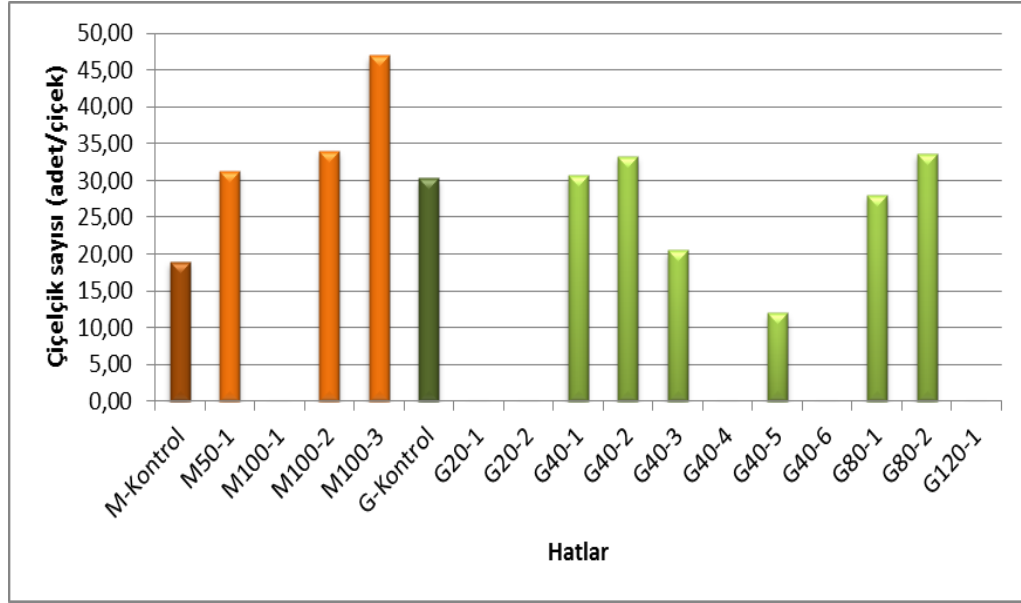
Elde edilen mutant hatlardan çiçek oluşumu gözlemlenen bitkilerden elde edilen çiçekçik sayımı (ÇS) sonuçlarına ait bulgular Çizelge 4.10 ve Şekil 4.12’de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde mutant hatlar ile kontrol bitkilerin çiçekçik sayıları bakımından önemli farklılıklar olduğunu ortaya koymaktadır. ‘M’ genotipinde ışınlama sonucu elde edilen çiçekli 3 mutant hattın tamamında çiçekçik sayısı önemli oranda artmıştır. En büyük artış % 147 ile M100-3 mutant hattında elde edilmiştir. ‘G’ genotipinde ise gama ışınlaması sonucu elde edilen mutant hatlarda her başak üzerinde ortalama çiçekçik sayılarında kontrole göre hem artış hem de azalma tespit edilmiştir. Örneğin; G40-5 mutant hattında çiçekçik sayısı kontrole göre % 60 azalırken G80-2 mutant hattında çiçekçik sayısı % 13 artış göstermiştir.

Çizelge 4.10. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının çiçekçik sayısı üzerine etkileri

Genotipler	Hatlar	Çiçekçik sayısı (adet/çiçek)	Kontrole göre fark (adet)	Kontrole göre fark (%)
‘M’	M-Kontrol	19 ^{C1}	-	-
	M50-1	31 ^B	+12	+63
	M100-1	0 ^D	-	-
	M100-2	34 ^B	+15	+79
	M100-3	47 ^A	+28	+147
‘G’	G-Kontrol	30 ^{a2}	-	-
	G20-1	0 ^e	-	-
	G20-2	0 ^e	-	-
	G40-1	31 ^a	+1	+3
	G40-2	33 ^a	+3	10
	G40-3	21 ^c	-9	-30
	G40-4	0 ^e	-	-
	G40-5	12 ^d	-18	-60
	G40-6	0 ^e	-	-
	G80-1	28 ^{ab}	-2	-7
	G80-2	34 ^a	+4	+13
	G120-1	24 ^{bc}	-	-

¹Harflendirmeler her bir genotip ayrı ayrı test edilerek yapılmıştır. Büyük harfler ‘M’ genotipine ait verilen ortalamaların, küçük harfler ise ‘G’ genotipine ait verilerin karşılaştırmasını göstermektedir.

²LSD testine göre % 5 önem düzeyinde farklı ortalamalar aynı harflerle gösterilmiştir.



Şekil 4.12. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda çiçeklik sayısı üzerine etkileri

4.3.6. Stolon boğum arası (internod) uzunluğu ve stolon çapı

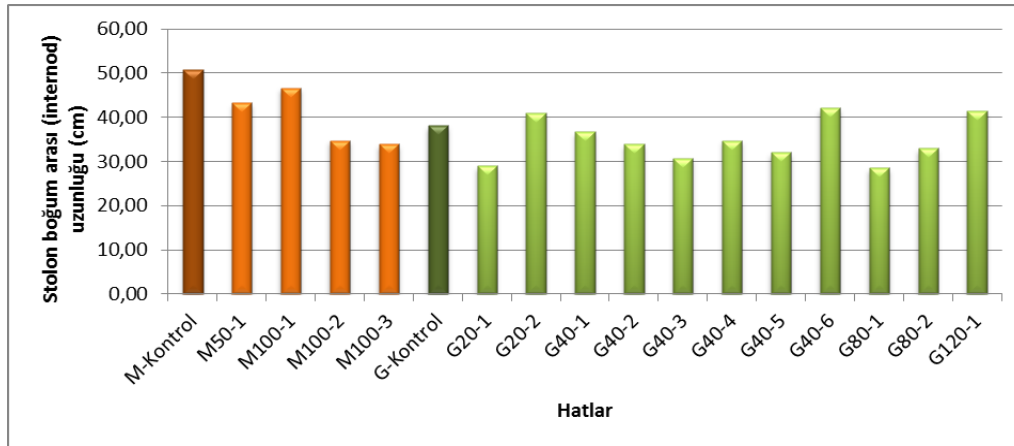
Stolonlara ait boğumlar arası uzunluk (SBU) ve stolon çapı (SÇ) verilerine ait bulgular Çizelge 4.11, Şekil 4.13, Şekil 4.14, Şekil 4.15 ve Şekil 4.16’da verilmiştir. Her iki genotip düzeyinde de gerek stolon boğum arası uzunluğu gerekse stolon çapı açısından kontrol bitkileri ile mutant hatlar arasında istatistikî olarak önemli farklar bulunmuştur. ‘M’ genotipinde mutant hatlarda stolon boğum arası uzunluğunun kontrol bitkilerine göre % 33 ile % 8 arasında kısaldığı ve en kısa stolon boğum arası uzunluğunun 3.39 cm ile (kontrol 5.08 cm) M100-3 mutant hattında olduğu tespit edilmiştir. ‘G’ genotipinde de ışınlama sonucu bazı mutant hatların stolon boğum arası uzunluklarının kontrole göre önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir. Bu kapsamda en kısa boğum arası uzunluğu kontrole göre % 25 azalma ilse G80-1 mutant hattında bulunmuştur. Öte yandan, bazı hatlarda kontrole göre boğum arası uzunluğunun % 10’a varan oranlarda arttığı (örneğin G40-6) ancak bu artışın istatistikî olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda stolon boğum arası (internod) uzunluğu ve stolon çapı üzerine etkileri

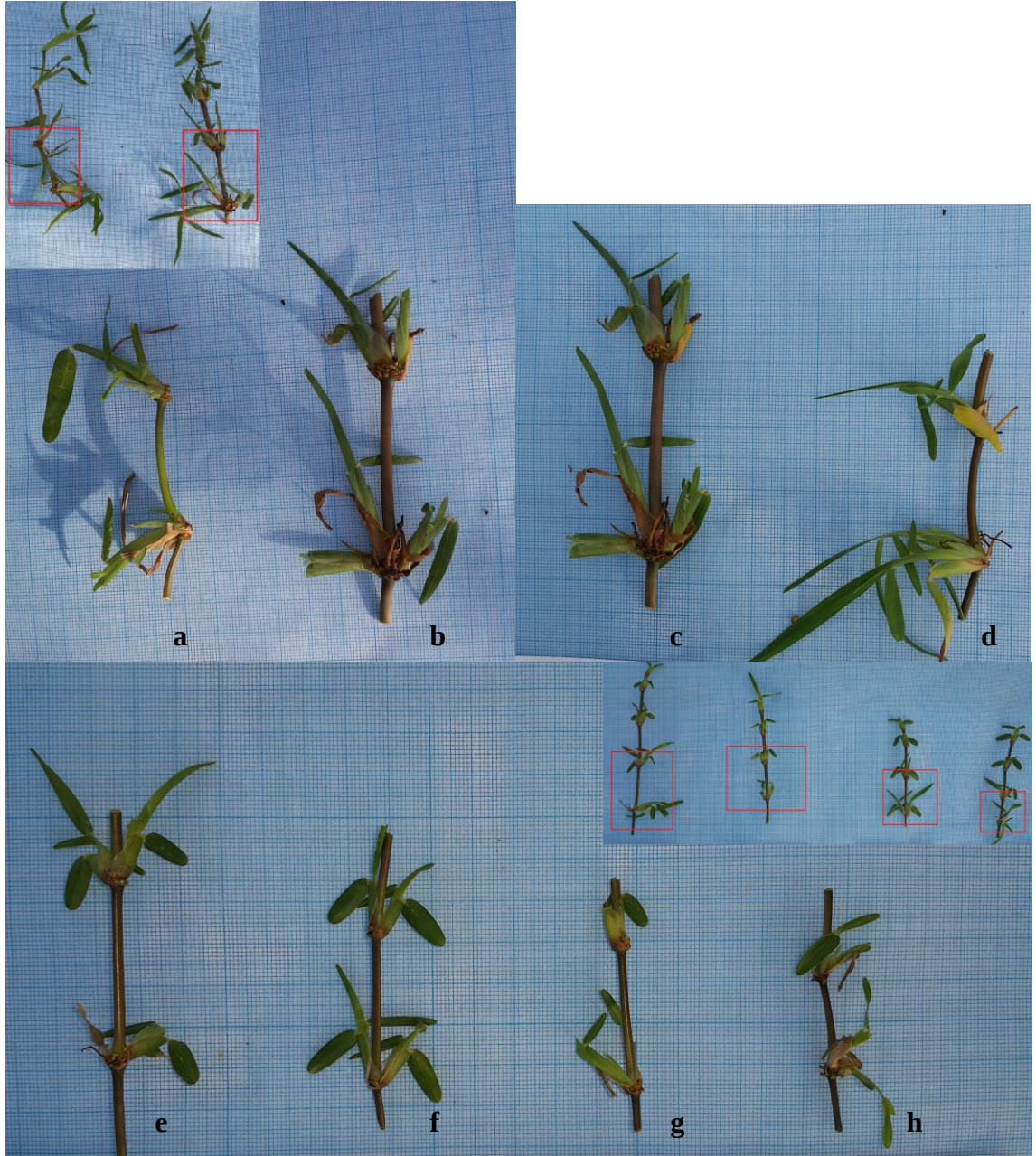
Genotip ler	Hatlar	Stolon boğum arası uzunluğu (cm)	Kontrolle göre fark (cm)	Kontrolle göre fark (%)	Stolon çapı (mm)	Kontrolle göre fark (mm)	Kontrolle göre fark (%)
‘M’	M-Kontrol	5.08 ^{A1}	-	-	2.52 ^A	-	-
	M50-1	4.33 ^{AB}	-0.75	-15	2.39 ^B	-0.13	-5
	M100-1	4.67 ^A	-0.41	-8	2.07 ^C	-0.46	-18
	M100-2	3.47 ^{BC}	-1.61	-32	2.03 ^C	-0.49	-19
	M100-3	3.39 ^C	-1.68	-33	2.41 ^{AB}	-0.11	-4
‘G’	G-Kontrol	3.82 ^{abc2}	-	-	1.90 ^{ab}	-	-
	G20-1	2.89 ^{fg}	-0.92	-24	1.79 ^d	-0.11	-6
	G20-2	4.09 ^{ab}	+0.27	+7	1.68 ^e	-0.22	-12
	G40-1	3.67 ^{bcd}	-0.15	-4	1.79 ^d	-0.11	-6
	G40-2	3.39 ^{cde}	-0.43	-11	1.84 ^{bcd}	-0.06	-3
	G40-3	3.08 ^{efg}	-0.74	-19	1.89 ^{abc}	-0.01	-1
	G40-4	3.48 ^{cde}	-0.34	-9	1.76 ^{de}	-0.14	-7
	G40-5	3.21 ^{efg}	-0.61	-16	1.83 ^{bcd}	-0.07	-4
	G40-6	4.21 ^a	+0.40	+10	1.56 ^f	-0.34	-18
	G80-1	2.85 ^g	-0.97	-25	1.81 ^{cd}	-0.09	-5
	G80-2	3.30 ^{def}	-0.52	-14	1.96 ^a	+0.06	3
	G120-1	4.13 ^a	+0.32	+8	1.68 ^e	-0.22	-12

¹Harflendirmeler her bir genotip ayrı ayrı test edilerek yapılmıştır. Büyük harfler ‘M’ genotipine ait verilen ortalamaların, küçük harfler ise ‘G’ genotipine ait verilerin karşılaştırmasını göstermektedir.

²LSD testine göre % 5 önem düzeyinde farklı ortalamalar aynı harflerle gösterilmiştir.



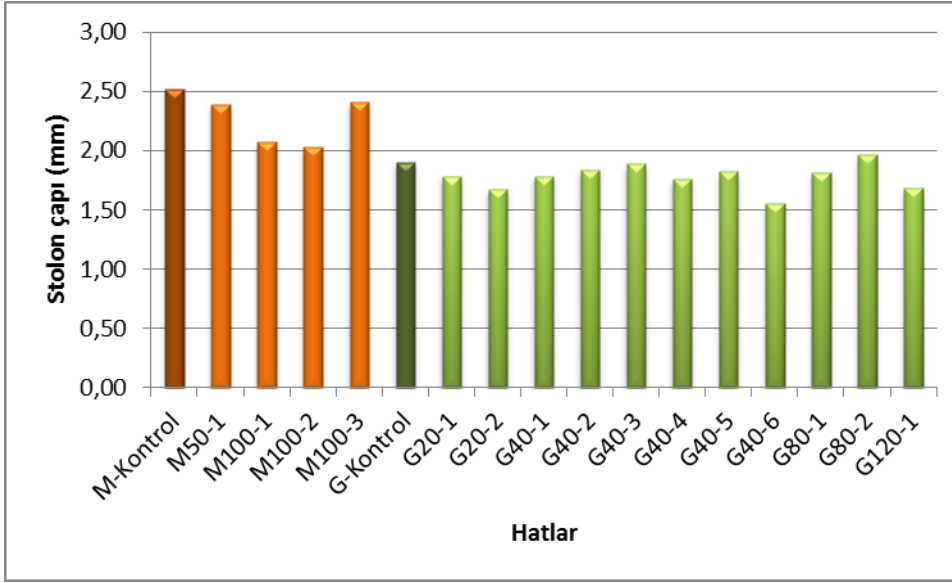
Şekil 4.13. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda stolon boğum arası (internod) uzunluğu üzerine etkileri



Şekil 4.14. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamaları sonucu elde edilen mutant hatlara ait stolon boğum arası uzunlukları: a-) M100-2, b,c-) M-Kontrol, d-) M100-3, e-) G-Kontrol, e-) G40-3, f-) G40-5, h-) G80-1

Stolon çapı değerleri incelendiğinde her iki genotip düzeyinde de mutant hatların tamamında stolon çapı değerlerinin kontrole göre azaldığı ve mutant hatlar arasındaki farkın istatistikî olarak önemli olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.11 ve Şekil 4.15). Stolon çapı değerinin 2.52 mm olduğu ‘M’ genotipinden elde edilen mutant hatlardan en ince stolon çapı 2.03 ve 2.07 mm ile (kontrole göre % 18- % 19 azalma) M100-1 ve M100-2 mutant hatlarında tespit edilmiştir. ‘G’ genotipinden 1.90 mm olan stolon çapı, bu

genotipten elde edilen G40-6 hattında % 18, G20-2 ve G120-1 hatlarında % 12 azalma göstermiştir.



Şekil 4.15. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda stolon çapı üzerine etkileri



Şekil 4.16. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamaları sonucu elde edilen mutant hatlara ait stolon çapları: a-) G-Kontrol, b-) G40-6, c-) G-Kontrol, d-) G20-2, e-) M-Kontrol, f-) M-100-2

4.3.7. Stolon uzunluğu

Her saksıda tesadüfî seçilen 5 stolon üzerinde, apikal meristemden dördüncü boğuma (SU-I) ve apikal meristemden başlayarak bitki kök tacına bağlandığı noktaya

kadar olan uzunluk (SU-II) olmak üzere alınan stolon uzunluğu ölçümü verilerine ait sonuçlar Çizelge 4.12, Şekil 4.17, Şekil 4.18, Şekil 4.19 ve Şekil 4.20’de verilmiştir.

4.3.7.1. Stolon I uzunluğu

Stolon I uzunlukları açısından her iki genotip düzeyinde kontrol ve mutant hatlar arasında tespit edilen farklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur. ‘M’ genotipinde 100 Gy ⁶⁰Co uygulamasıyla elde edilen mutantlarda stolon uzunluklarında kontrole göre belirgin bir azalmanın olduğu görülmüştür (Şekil 4.17). Örneğin; M100-2 hattında stolon I uzunluğu kontrole göre % 26 oranında (4.38 cm) azalmıştır. ‘M’ genotipinde kontrol bitkilerinin ortalama stolon I uzunluğu 16.92 cm olurken, 100 Gy uygulamasından elde edilen M100-1, M100-2 ve M100-3 hatlarında stolon I uzunlukları sırasıyla 15.30, 12.53 ve 13.41 cm olarak tespit edilmiştir.

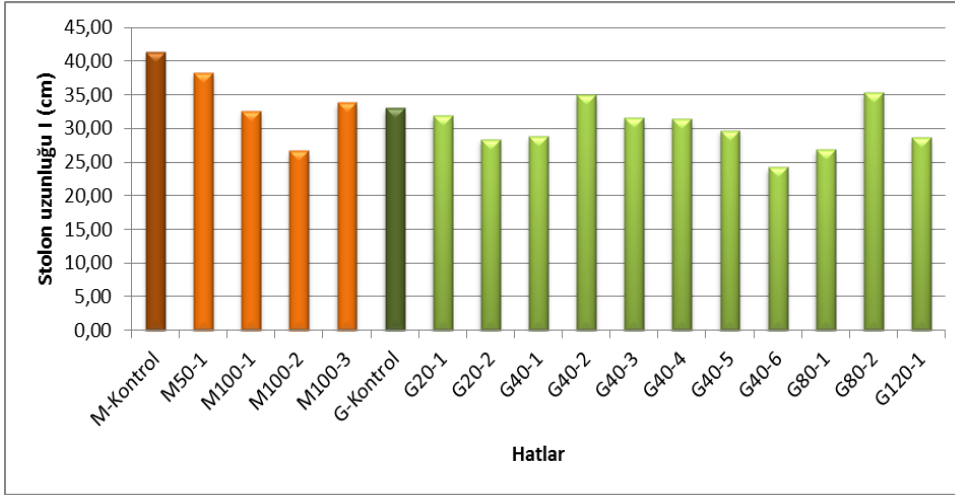
Çizelge 4.12. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışıını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda stolon I,II uzunluğu üzerine etkileri

Genotip ler	Hatlar	Stolon uzunluğu I (cm)	Kontrole göre fark (cm)	Kontrole göre fark (%)	Stolon uzunluğu II (cm)	Kontrole göre fark (cm)	Kontrole göre fark (%)
‘M’	M-Kontrol	16.92 ^{A1}	-	-	41.35 ^A	-	-
	M50-1	17.02 ^A	+0.10	+1	38.33 ^{AB}	-3.02	-7
	M100-1	15.30 ^{AB}	-1.62	-10	32.65 ^{BC}	-8.70	-21
	M100-2	12.53 ^C	-4.38	-26	26.67 ^C	-14.68	-36
	M100-3	13.41 ^{BC}	-3.50	-21	33.85 ^B	-7.50	-18
‘G’	G-Kontrol	11.92 ^{b2}	-	-	33.01 ^{ab}	-	-
	G20-1	9.80 ^{ef}	-2.12	-18	31.85 ^{ab}	-1.16	-4
	G20-2	11.63 ^{bc}	-0.28	-2	28.40 ^{bcd}	-4.61	-14
	G40-1	10.75 ^{cde}	-1.17	-10	28.80 ^{bcd}	-4.21	-13
	G40-2	11.05 ^{bcd}	-0.87	-7	34.96 ^a	+1.95	+6
	G40-3	10.37 ^{de}	-1.55	-13	31.53 ^{ab}	-1.48	-5
	G40-4	11.00 ^{bcd}	-0.92	-8	31.35 ^{abc}	-1.66	-5
	G40-5	10.13 ^{def}	-1.78	-15	29.67 ^{bc}	-3.34	-10
	G40-6	13.13 ^a	+1.22	+10	24.23 ^d	-8.78	-27
	G80-1	9.17 ^f	-2.75	-23	26.80 ^{cd}	-6.21	-19
	G80-2	10.57 ^{cde}	-1.35	-11	35.40 ^a	2.39	+7
	G120-1	11.90 ^b	-0.02	0	28.66 ^{bcd}	-4.35	-13

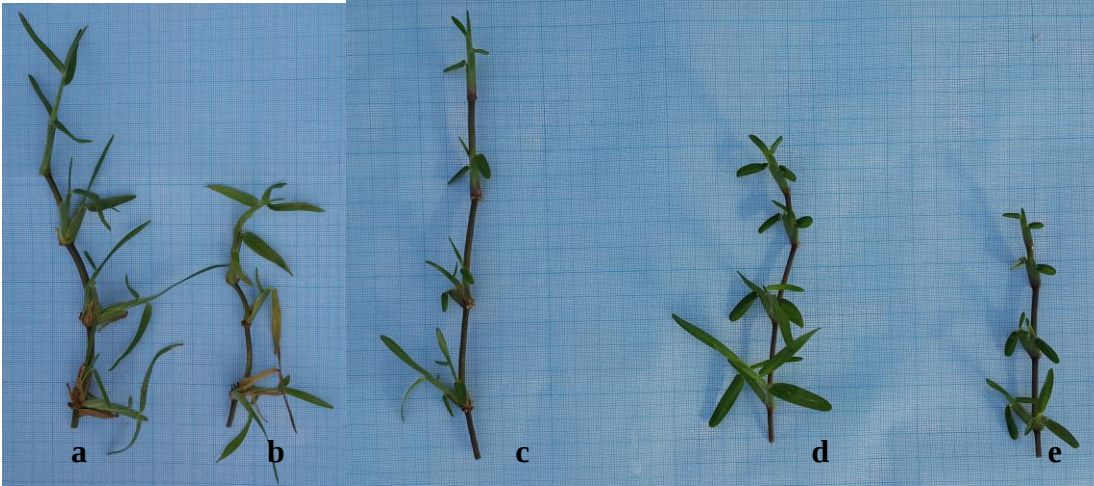
¹Harflendirmeler her bir genotip ayrı ayrı test edilerek yapılmıştır. Büyük harfler ‘M’ genotipine ait verilen ortalamaların, küçük harfler ise ‘G’ genotipine ait verilerin karşılaştırmasını göstermektedir.

²LSD testine göre % 5 önem düzeyinde farklı ortalamalar aynı harflerle gösterilmiştir.

‘G’ genotipinde de benzer şekilde belirtilen stolon uzunluğu açısından kontrol ve mutant hatlar arasında önemli farklar bulunmuştur. Örneğin; G80-1 hattında stolon I uzunluğunun kontrol bitkisine göre % 23 oranında (2.75 cm) azaldığı belirlenmiştir. Yine belirtilen stolon I uzunlukları açısından G20-1, G40-5, G40-3 ve G80-2 mutant hatlarında kontrol bitkisine göre sırasıyla % 18, % 15, % 13 ve % 11 oranında azalma gözlenmiştir. G40-6 mutant hattında ise stolon uzunluğu I değerinin kontrole göre % 10 oranında artış gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.12).



Şekil 4.17. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda stolon I uzunluğu üzerine etkileri

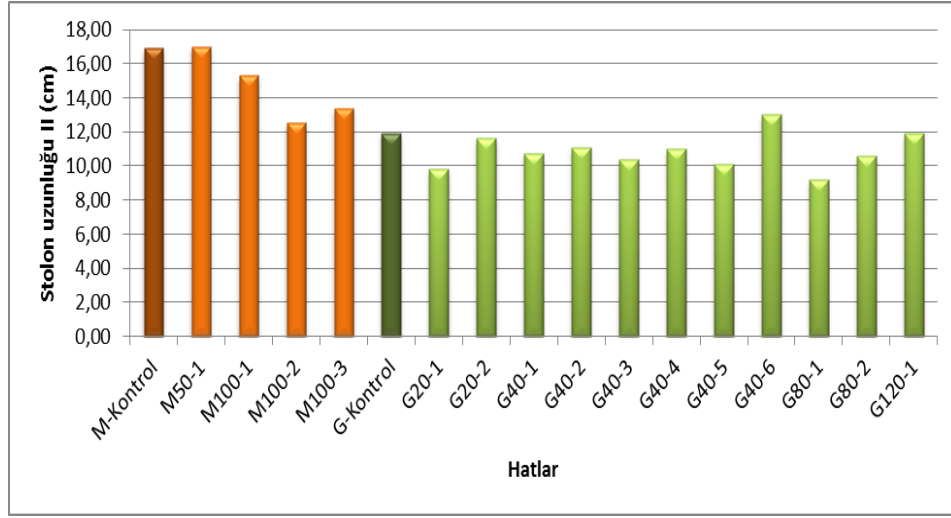


Şekil 4.18. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamaları sonucu elde edilen mutant hatlarda stolon I uzunlukları açısından görülen değişim: a-) M-Kontrol, b-) M100-2, c-) G-Kontrol, d-) G20-1, e-) G-80-1

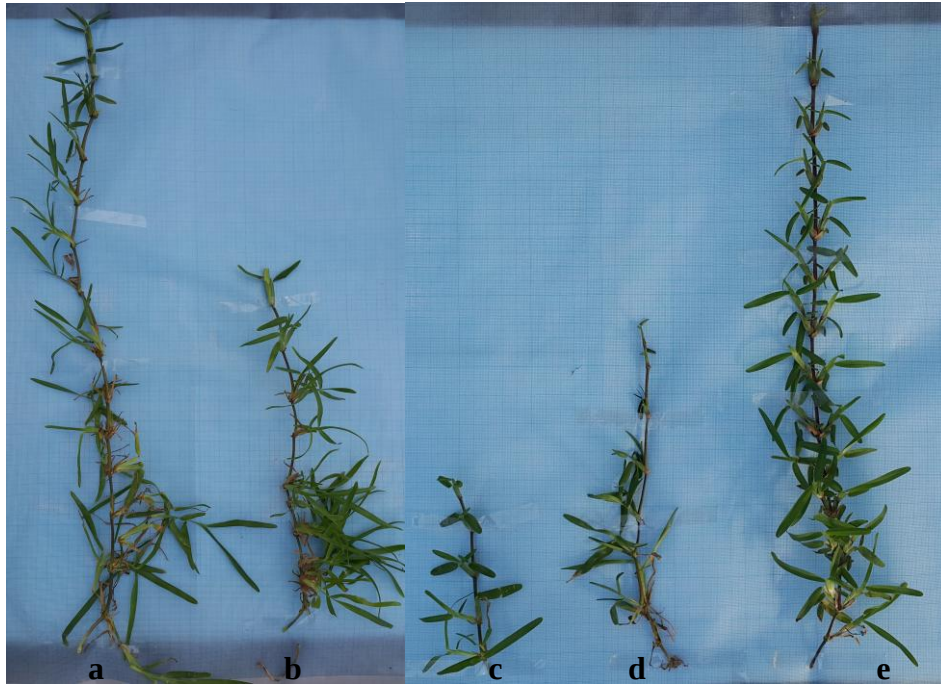
4.3.7.2 Stolon II uzunluğu

Apikal meristemden stolonun kök tacından çıkış noktasına kadar olan uzunluk açısından gama ışınım dozlarının etkisi incelendiğinde ‘M’ genotipinde 100 Gy ^{60}Co uygulamasında kontrole göre belirgin bir azalmanın olduğu görülmüştür (Çizelge 4.12 ve Şekil 4.19). Kontrol bitkilerinin ortalama stolon II uzunluğu 41.35 cm olurken, 100 Gy uygulamasından elde edilen M100-2, M100-1 ve M100-3 hatlarında stolon II uzunlukları sırasıyla ortalama 26.67 ve 32.65 ve 33.85 cm olarak tespit edilmiştir. Stolon II uzunluğu belirtilen M100-2, M100-1 ve M100-3 hatlarında kontrol bitkisine göre sırasıyla % 36, % 21 ve % 18 oranında kısalmıştır. ‘G’ genotipinden elde edilen mutant hatlar stolon II uzunluğu açısından incelendiğinde bu değerlerin G40-6 ve G80-1

mutant hatlarında kontrol bitkisine göre sırasıyla % 27 ve % 19 oranında azaldığı bulunmuştur (Çizelge 4.12).



Şekil 4.19. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda stolon II uzunluğu üzerine etkileri



Şekil 4.20. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamaları sonucu elde edilen mutant hatlara ait stolon II uzunlukları: a-) M-Kontrol, b-) M100-2, c-) G40-6, d-) G80-1, e-) G-Kontrol

4.3.8. Stolon sayısı

Stolon sayısı (SS) her bir saksıdaki stolonların nicel olarak sayılmasıyla belirlenmiştir. Kontrol ve mutant hatlara ait stolon sayısı verilerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.13, Şekil 4.21, Şekil 4.22 ve Şekil 4.22’de verilmiştir. Çizelge 4.13’te görüleceği üzere her iki genotipte de stolon sayısı bakımından kontrol ve mutant hatlar arasında önemli farklar bulunmuştur. Gama ışını uygulamaların her iki genotipte de stolon sayısında farklı oranlarda azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. ‘M’ genotipinde kontrol bitkilerinde ortalama 34 adet/bitki stolon belirlenirken, 100 Gy gama ışını uygulamasıyla elde edilen M100-2 mutant hattında bu değer kontrole göre % 65 azalma göstererek 12 adet/bitki’ye kadar düşmüştür. ‘G’ genotipinde ise stolon sayısı G40-6 hattında % 57, G20-2 ve G120-1 mutant hatlarında ise % 54 oranında azalmıştır. ‘G’ genotipinde kontrol bitkileri ve G40-6 mutant hattında stolon sayıları sırasıyla 49.33 adet/bitki ve 21.00 adet/bitki olarak saptanmıştır. ‘G’ ve ‘M’ hatlarından elde edilen bütün mutant hatlar kontrol bitkilerinden daha az sayıda stolon oluşturmuşlardır (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda stolon sayısı değerlerine etkisi

Genotipler	Hatlar	Stolon sayısı (adet/bitki)	Kontrole göre fark (adet)	Kontrole göre fark (%)
‘M’	M-Kontrol	34 ^{A1}	-	-
	M50-1	28 ^{AB}	-6	-18
	M100-1	30 ^{AB}	-4	-12
	M100-2	12 ^C	-22	-65
	M100-3	24.3 ^B	-9.7	-21
‘G’	G-Kontrol	49.33 ^{a2}	-	-
	G20-1	49 ^a	-0.33	-1
	G20-2	22.67 ^e	-26.67	-54
	G40-1	36 ^{bc}	-13.33	-27
	G40-2	25.67 ^{de}	-23.67	-48
	G40-3	34.67 ^{cd}	-14.67	-30
	G40-4	43 ^{abc}	-6.33	-13
	G40-5	42 ^{abc}	-7.33	-15
	G40-6	21 ^e	-28.33	-57
	G80-1	41 ^{abc}	-8.33	-17
	G80-2	44 ^{ab}	-5.33	-11
	G120-1	22.67 ^e	-26.67	-54

¹Harflendirmeler her bir genotip ayrı ayrı test edilerek yapılmıştır. Büyük harfler ‘M’ genotipine ait verilen ortalamaların, küçük harfler ise ‘G’ genotipine ait verilerin karşılaştırmasını göstermektedir.

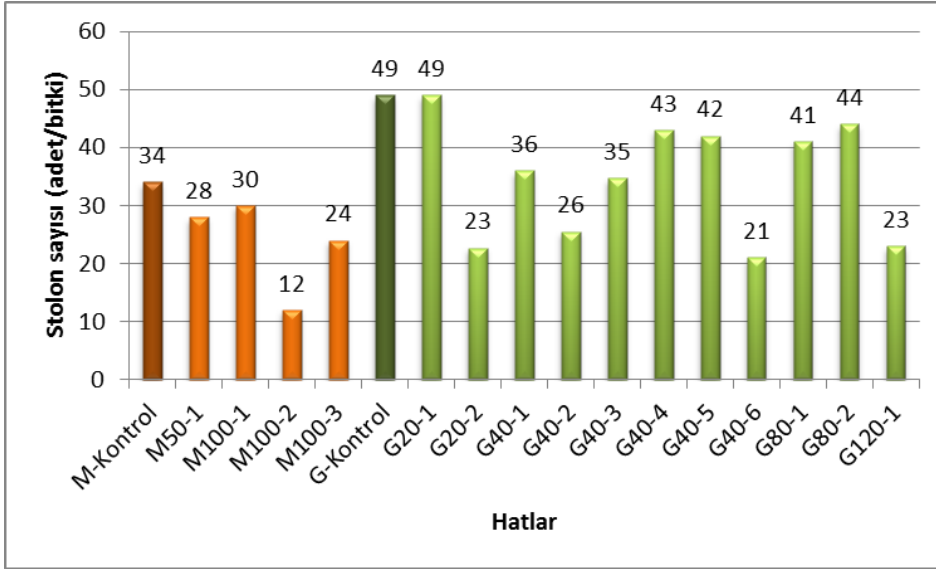
²LSD testine göre % 5 önem düzeyinde farklı ortalamalar aynı harflerle gösterilmiştir.



Şekil 4.21. Yengeç çimi ‘G’ genotipinde farklı dozlarda gama ışını uygulamaları sonucu elde edilen mutant hatlara ait stolon sayılarında gözlemlenen varyasyon:
a-) G20-2, b-) G40-2, c-) G40-6, d-) G80-1



Şekil 4.22. Yengeç çimi ‘M’ genotiplerinde 100 Gy dozunda gama ışını uygulaması sonucu elde edilen M100-2 mutant hattına ait stolon sayıları



Şekil 4.23. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda stolon sayısı üzerine etkileri

4.3.9. Stolon yaprak ayası uzunluğu ve genişliği

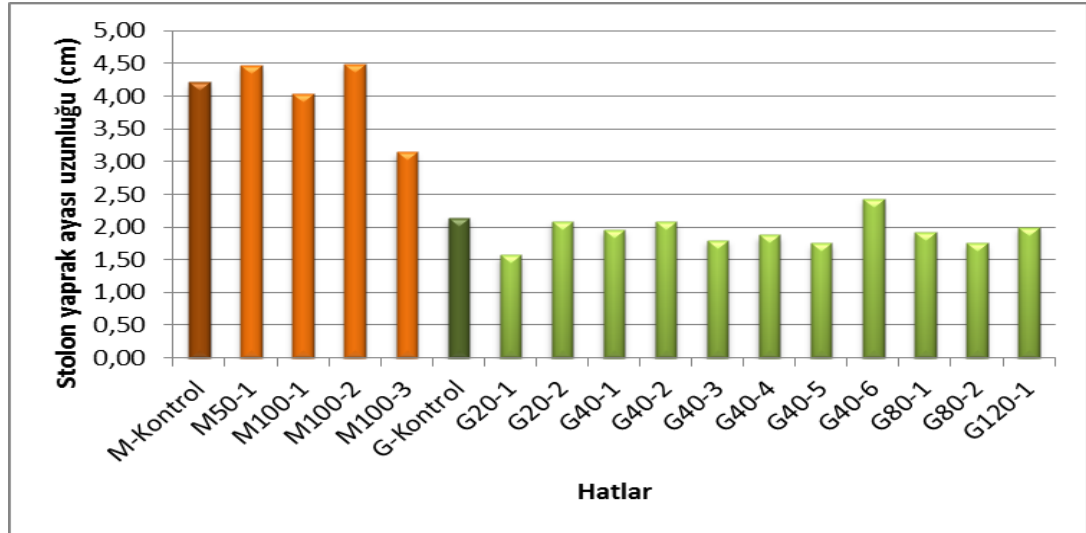
Stolon yaprak ayası uzunluğu (StYU) ve stolon yaprak ayası genişliği (StYG) verilerine ait bulgular Çizelge 4.14, Şekil 4.24, Şekil 4.25 ve Şekil 4.26’da sunulmuştur. Sonuçlar incelendiğinde ‘M’ genotipinde M100-3 hattının stolon yaprak ayası uzunluğunun kontrole göre belirgin farklılık gösterdiği ve % 25 oranında kısaldığı tespit edilmiştir. Öte yandan, 50 ve 100 Gy uygulamalarından elde edilen diğer mutant hatların stolon yaprak ayası uzunluk verilerinin birbirine yakın değerler gösterdiği ve kontrol bitkileri ile aynı istatistiksel grup içerisinde yer aldığı anlaşılmıştır. Benzer şekilde ‘G’ genotipinden elde edilen mutantların stolon yaprak ayası uzunluk değerlerinin kontrole göre önemli farklılıklar gösterdiği saptanmıştır. Örneğin stolon yaprak ayası uzunluk değerlerinin G20-1 ve G40-5 mutant hatlarında sırasıyla % 27 ve % 18 oranında azalırken, G40-6 hattında ise % 13.7 oranında arttığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.14 ve Şekil 4.23).

Çizelge 4.14. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda stolon yaprak ayası uzunluğu ve genişliği üzerine etkileri

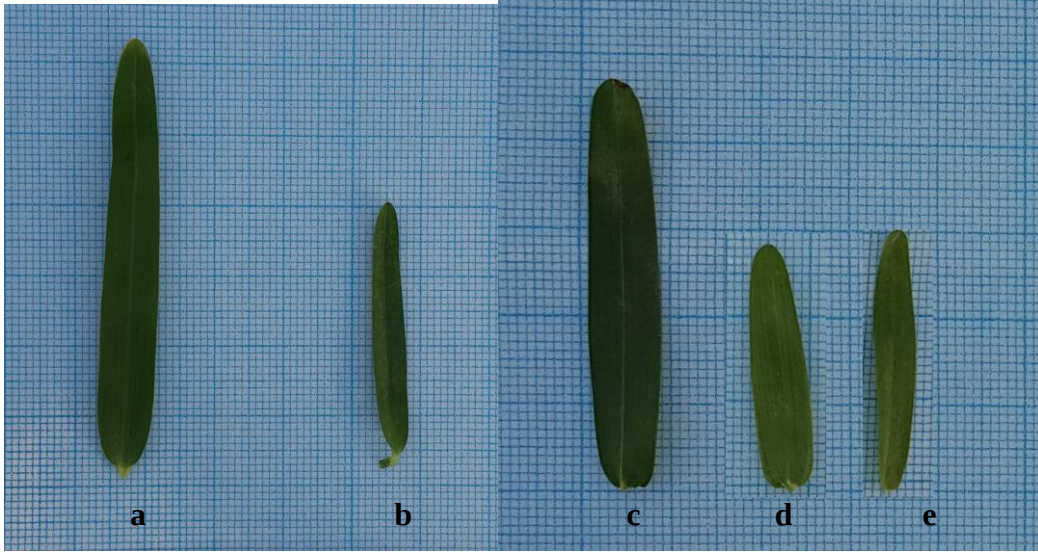
Genotip ler	Hatlar	Stolon yaprak ayası uzunluğu (cm)	Kontrolle göre fark (cm)	Kontrolle göre fark (%)	Stolon yaprak ayası genişliği (mm)	Kontrolle göre fark (mm)	Kontrolle göre fark (%)
‘M’	M-Kontrol	4.21 ^{A1}	-	-	5.58 ^{AB}	-	-
	M50-1	4.46 ^A	+0.25	+6	5.17 ^{BC}	-0.41	-7
	M100-1	4.04 ^A	-0.17	-4	5.67 ^{AB}	+0.09	+2
	M100-2	4.48 ^A	+0.27	+6	6.17 ^A	+0.59	+11
	M100-3	3.14 ^B	-1.07	-25	4.66 ^C	-0.92	-16
	G-Kontrol	2.14 ^{b2}	-	-	4.20 ^{bc}	-	-
‘G’	G20-1	1.57 ^g	-0.57	-27	3.63 ^e	-0.57	-14
	G20-2	2.09 ^{bc}	-0.05	-3	4.17 ^{bc}	-0.02	-1
	G40-1	1.96 ^{cd}	-0.18	-9	3.94 ^{cd}	-0.26	-6
	G40-2	2.08 ^{bc}	-0.06	-3	4.21 ^{bc}	0.01	0
	G40-3	1.80 ^{ed}	-0.34	-16	3.81 ^{de}	-0.39	-9
	G40-4	1.88 ^{def}	-0.26	-12	3.84 ^{de}	-0.36	-9
	G40-5	1.75 ^f	-0.39	-18	3.57 ^e	-0.62	-15
	G40-6	2.43 ^a	+0.29	+14	4.83 ^a	+0.63	+15
	G80-1	1.92 ^{de}	-0.22	-10	4.23 ^b	+0.03	1
	G80-2	1.75 ^f	-0.39	-18	3.95 ^{bcd}	-0.24	-6
	G120-1	2.00 ^{cd}	-0.14	-7	4.17 ^{bc}	-0.03	-1

¹Harflendirmeler her bir genotip ayrı ayrı test edilerek yapılmıştır. Büyük harfler ‘M’ genotipine ait verilen ortalamaların, küçük harfler ise ‘G’ genotipine ait verilerin karşılaştırmasını göstermektedir.

²LSD testine göre % 5 önem düzeyinde farklı ortalamalar aynı harflerle gösterilmiştir.

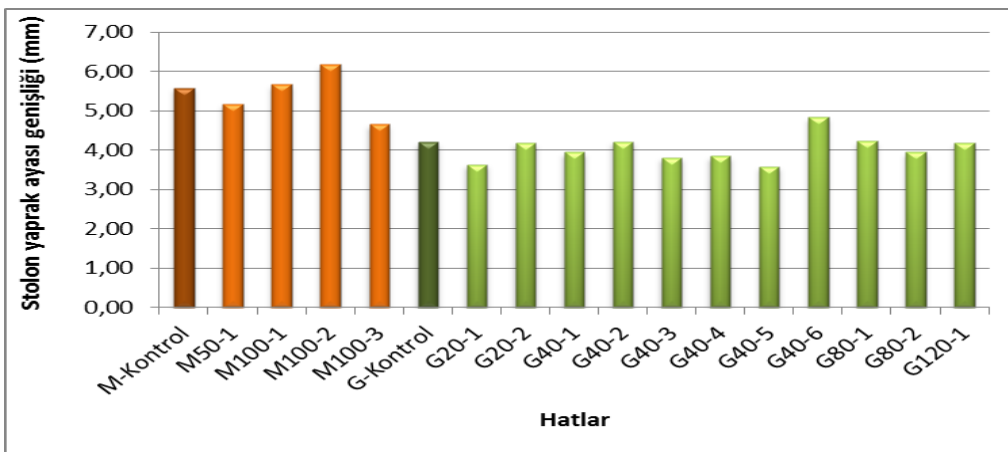


Şekil 4.24. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda stolon yaprak ayası uzunluğu üzerine etkileri



Şekil 4.25. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamaları sonucu elde edilen mutant hatlara ait stolon yaprak ayası uzunlukları ve genişliklerinde gözlemlenen varyasyon: a-) M-Kontrol, b-) M100-3, c-) G-Kontrol, d-) G20-1, e-) G40-5

Her iki genotip düzeyinde de uygulanan farklı gama ışını dozlarının yaprak ayası genişliği üzerine etkileri incelendiğinde, mutant hatlar ve kontrol bitkileri arasındaki farkların istatistiki olarak önemli olduğu saptanmıştır. Yaprak ayası genişliğinin ‘M’ genotipinden elde edilen M100-3 hattında % 16 oranında azalırken, M100-2 hattında % 11 oranında arttığı tespit edilmiştir. ‘G’ genotipinde yaprak ayası genişliklerinin de yaprak ayası uzunluğu sonuçları ile aynı trendi gösterdiği ve G40-5 ve G20-1 mutant hatlarında sırasıyla % 15 ve % 14 oranında azaldığı, G40-6 mutant hattında ise % 15 oranında arttığı tespit edilmiştir. ‘G’ genotipinde en dar yaprak genişliği 3.57 cm ile G40-5 hattında ve en geniş yaprak genişliği 4.83 cm ile G40-6 hattında (kontrol uygulamasında 4.20 cm) ölçülmüştür (Çizelge 4.14).



Şekil 4.26. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda stolon yaprak ayası genişliği üzerine etkileri

4.3.10. Stolon boğumunda sürgün sayısı/büyüme noktası

Stolonlar üzerindeki 4. boğumda gelişen sürgün/büyüme noktası sayısı verileri incelendiğinde gama ışını uygulamalarının bu karakter üzerinde bir değişime sebep olmadığı anlaşılmıştır. Stolon üzerindeki sürgün sayısının ‘G’ genotipi kontrol ve mutant hatlarında 2 adet, ‘M’ genotipinde ise 3 adet olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.27. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde apikal meristemden geriye doğru dördüncü nod üzerinde sürgün sayısı/büyüme noktası: a-) Yengeç çimi ‘G’ genotipi, b-) Yengeç çimi ‘M’ genotipi

4.3.11. Renk

Renk ölçümleri her saksıda tesadüfî seçilen 5 nokta üzerinde yapılmış, ortalamaları alınmış ve analiz sonuçları Çizelge 4.15’te verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde her iki genotip düzeyinde de kontrol ve mutant hatlar arasında chroma değerleri açısından istatistikî olarak önemli fark bulunmamıştır.

Çizelge 4.15. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda renk değerleri üzerine etkileri

Genotipler	Hatlar	L*	a*	b*	Chroma
‘M’	M-Kontrol	40.82 ^{A1}	-14.50 ^A	19.89 ^A	24.42 ^A
	M50-1	41.77 ^A	-14.81 ^A	21.20 ^A	25.86 ^A
	M100-1	44.06 ^A	-15.54 ^A	21.86 ^A	26.83 ^A
	M100-2	42.02 ^A	-15.30 ^A	22.50 ^A	27.22 ^A
	M100-3	43.15 ^A	-14.98 ^A	21.37 ^A	26.10 ^A
	G-Kontrol	40.42 ^{abc2}	-15.23 ^a	22.00 ^a	26.76 ^a
‘G’	G20-1	36.76 ^d	-14.56 ^a	21.22 ^a	25.74 ^a
	G20-2	38.50 ^{bcd}	-16.32 ^a	25.67 ^a	30.42 ^a
	G40-1	38.10 ^{cd}	-14.87 ^a	22.42 ^{aa}	26.91 ^a
	G40-2	41.99 ^{ab}	-15.10 ^a	23.42 ^{aa}	27.87 ^a
	G40-3	39.88 ^{abcd}	-14.42 ^a	20.84 ^a	25.34 ^a

Çizelge 4.15. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda renk değerleri üzerine etkileri etkileri (Devamı)

G40-4	39.64 ^{abcd}	-14.98 ^a	22.60 ^a	27.45 ^a
G40-5	39.52 ^{abcd}	-14.77 ^a	21.12 ^a	25.78 ^a
G40-6	38.12 ^{cd}	-15.84 ^a	24.54 ^a	29.22 ^a
G80-1	42.19 ^a	-16.08 ^a	24.24 ^a	29.46 ^a
G80-2	39.07 ^{abcd}	-15.57 ^a	23.15 ^a	27.91 ^a
G120-1	38.68 ^{abcd}	-14.70 ^a	21.60 ^a	26.14 ^a

¹Harflendirmeler her bir genotip ayrı ayrı test edilerek yapılmıştır. Büyük harfler ‘M’ genotipine ait verilen ortalamaların, küçük harfler ise ‘G’ genotipine ait verilerin karşılaştırmasını göstermektedir.

²LSD testine göre % 5 önem düzeyinde farklı ortalamalar aynı harflerle gösterilmiştir.

4.3.12. Klorofil içeriği

Klorofil içeriği ölçümleri her saksıda rastgele seçilen 15 nokta üzerinde yapılmış, ortalamaları alınmış ve Çizelge 4.16’da verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde ‘M’ genotipinde kontrol bitkileri ile mutant hatların klorofil içerikleri arasında istatistikî olarak önemli bir fark bulunmamıştır. ‘G’ genotipinde ise G20-2, G40-6 ve G120-1 mutant hatlarında klorofil içeriklerinin kontrol bitkilerine göre % 17-20 arasında azaldığı, diğer mutant hatların ise kontrolden istatistikî olarak farklı olmadığı bulunmuştur (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.16. Yengeç çimi ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde farklı dozlarda gama ışını uygulamalarının seçilen mutant hatlarda klorofil içeriği üzerine etkileri

Genotipler	Hatlar	Klorofil içeriği	Kontrole göre fark	Kontrole göre fark (%)
‘M’	M-Kontrol	264.37 ^{A1}	-	-
	M50-1	250.20 ^A	-14.17	-5
	M100-1	240.50 ^A	-23.87	-9
	M100-2	259.50 ^A	-4.87	-2
	M100-3	248.57 ^A	-15.80	-6
‘G’	G-Kontrol	281.57 ^{a2}	-	-
	G20-1	251.70 ^{ab}	-29.87	-11
	G20-2	233.50 ^b	-48.07	-17
	G40-1	264.80 ^{ab}	-16.77	-6
	G40-2	265.50 ^{ab}	-16.07	-6
	G40-3	252.60 ^{ab}	-28.97	-10
	G40-4	277.30 ^a	-4.27	-2
	G40-5	277.03 ^a	-4.54	-2
	G40-6	226.07 ^b	-55.50	-20
	G80-1	239.50 ^{ab}	-42.07	-15
	G80-2	249.17 ^{ab}	-32.40	-12
	G120-1	226.37 ^b	-55.20	-20

¹Harflendirmeler her bir genotip ayrı ayrı test edilerek yapılmıştır. Büyük harfler ‘M’ genotipine ait verilen ortalamaların, küçük harfler ise ‘G’ genotipine ait verilerin karşılaştırmasını göstermektedir.

²LSD testine göre % 5 önem düzeyinde farklı ortalamalar aynı harflerle gösterilmiştir.

4.4. Ölçülen Karakterler Arasındaki İlişkilerin (Korelasyon) Belirlenmesi

Araştırma kapsamında ölçümü yapılan morfolojik özellikler arasındaki korelasyon analiz sonuçları Çizelge 4.17’de sunulmuştur. Korelasyon analizi sonuçları incelendiğinde yaprak uzunluğu ile; kanopi yüksekliği ($r^2= 0.95$), stolon yaprak uzunluğu ($r^2= 0.86$), yaprak genişliği ($r^2= 0.86$), stolon çapı ($r^2= 0.82$), stolon yaprak genişliği ($r^2= 0.79$) ve stolon II uzunluğu ($r^2= 0.71$) arasında pozitif yönde yüksek bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca kanopi yüksekliğinin; stolon yaprak uzunluğu ($r^2= 0.88$), stolon çapı ($r^2= 0.86$), yaprak genişliği ($r^2= 0.85$), stolon yaprak genişliği ($r^2= 0.78$) ve stolon II uzunluğu ($r^2= 0.73$) ile yüksek oranda ilişkili olduğu bulunmuştur. Sonuçlar daha kısa boğum arası uzunluğu ve yaprak uzunluğu ve daha dar yaprak genişliği ve daha ince stolon çapına sahip bitkilerin daha kısa kanopi yüksekliği ile daha bodur büyüme gösterdiğine işaret etmektedir.

Çizelge 4.17. Yengeç çimi ‘M’ ve ‘G’ genotiplerinin morfolojik özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları

Özellik ¹	YU	StYU	YG	StYG	SBU	SÇ	SL ₁	SL 2	SS	KY	ÇY	ÇS	BU	BG	ÇSU
YU	1	0.86 ** ²	0.86 **	0.79 **	0.44 *	0.82 *	öd ³	0.71 **	öd	0.95 **	öd	öd	öd	öd	öd
StYU		1	0.79 **	0.91 **	0.52 **	0.72 **	öd	0.82 **	0.48 *	0.88 **	öd	öd	öd	öd	öd
YG			1	0.79 **	0.55 **	0.72 **	0.4 *	0.72 **	öd	0.85 **	öd	öd	öd	öd	öd
StYG				1	0.49 *	0.54 **	öd	0.71 **	0.55 **	0.78 **	öd	öd	öd	öd	öd
SBU					1	öd	öd	0.81 **	öd	öd	öd	öd	öd	öd	öd
SÇ						1	0.7 **	0.68 **	öd	0.86 **	öd	öd	öd	0.48 *	0.55 **
SL 1							1	0.51 **	öd	öd	öd	öd	öd	öd	öd
SL 2								1	öd	0.73 **	öd	öd	öd	öd	öd
SS									1	öd	öd	öd	öd	öd	öd
KY										1	öd	öd	öd	öd	öd
ÇY											1	0.6 **	0.48 *	0.47 *	0.56 **
ÇS												1	0.86 **	0.82 **	0.87 **
BU													1	0.94 **	0.93 **
BG														1	0.95 **
ÇSU															1

¹YU- yaprak uzunluğu; StYU- stolon yaprak uzunluğu; YG- yaprak genişliği; StYG- stolon yaprak genişliği; SBU- stolon boğum arası (internod) uzunluğu; SÇ- stolon çapı; SL 1- stolon I uzunluğu; SL 2- stolon II uzunluğu; SS- stolon sayısı; KY- kanopi yüksekliği; ÇY- çiçek yoğunluğu; ÇS- çiçekçik sayısı; BU- başak uzunluğu; BG- başak genişliği; ÇSU- çiçek sapı uzunluğu.

²*, **: sırasıyla 0.05 ve 0.001 düzeyinde önemli.

³öd: 0,05 düzeyinde önemli değil.

5. TARTIŞMA

Bu araştırma kapsamında 2 adet klonal yengeç çimi genotipi kullanılarak farklı dozlarda gama ışını uygulamasının bitki yaşama oranlarına ve morfolojik karakter üzerindeki varyasyona etkileri araştırılmıştır.

Ele alınan her iki yengeç çimi genotipinde de yaşama oranları ve LD₅₀ değerleri incelendiğinde genotiplerin gama ışınına olan toleranslarının farklı olduğu ve ‘G’ genotipinin gama ışınına toleransının daha yüksek olduğu bulunmuştur. Sonuçlar, gama ışını dozu arttıkça her iki genotipte de bitki yaşama oranlarının doğrusal olarak azaldığını ($r^2=0.96$ ve $r^2=0.78$) ortaya koymuştur. Benzer sonuçlar Poaceae familyasında yer alan diğer türler için de bildirilmiştir (Powell 1974, , Busey 1980, Powell ve Toler 1980, Krishna vd 1984, Hase vd 1999, Zaka vd 2002, Li 2009, Sever Mutlu vd 2015).

Bu çalışmada yengeç çiminde gama ışını uygulamasına bağlı olarak bitkilerin % 50 oranında ölümüne neden olan LD₅₀ değerinin ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinde sırasıyla 103 ve 95 Gy olduğu saptanmıştır. Sonuçların Li vd (2009) ve Busey (1980)’in yengeç çiminde buldukları LD₅₀ sonuçlarından farklı ve daha yüksek olduğu görülmektedir. Busey (1980) farklı yengeç çimi genotiplerini kullanarak yürüttüğü çalışmada LD₅₀ dozunu ‘Bitterblue’ çeşidinde 30 Gy, diğer çeşitlerde 45 Gy olarak bulmuştur. Li vd (2009) ise ‘Raleigh’ çeşidinde LD₅₀ dozunu 48.54 Gy olduğunu tespit etmiştir. Sonuçlar oldukça kaba yapıda olan ‘G’ ve ‘M’ genotiplerinin gama ışınına daha toleranslı olduğuna işaret etmektedir. Fehr (1987) farklı bitki türlerinin ve aynı tür içerisindeki farklı genotiplerin herhangi bir mutajene karşı hassasiyetlerinin farklılık gösterebileceğini bildirmiştir. Ayrıca, gama ışınlaması sonrası yetiştirme ortamlarının pH ve sıcaklık değerleriyle farklı bakım ve gübreleme programlarının uygulamasının da bitkilerin gama ışınına toleransını etkileyebileceği belirtilmiştir (Da Silva 2012).

Sonuçlar gama ışını uygulamasının yengeç çiminde renk ve klorofil içeriği hariç incelenen morfolojik karakteristikler açısından kullanışlı ve etkili varyasyon oluşturduğunu ve bu yolla bodur/yarı-bodur yengeç çimi hatları geliştirmenin mümkün olabileceğine işaret etmektedir. Bu çalışmada elde edilen mutant yengeç çimi hatları, daha kısa boğum arası mesafesi ve stolonlar, daha ince yaprak tekstürü ile yarı-bodur tipte büyüme karakteri göstermiştir. Gama ışınlaması sonucu daha küçük/narin yapraklar ve kısalmış stolon ve boğum arası uzunluğu ile daha ince bitki tekstürü, benzer şekilde yengeç çiminde (Powell ve Toller 1980, Reynolds vd 2009, Li vd 2010) bermuda çiminde (Hanna 1990, Chen vd 2009, Tiwari vd 2014, Sever Mutlu vd 2015) ve kırkayak çiminde (Pedersen ve Dickens 1995) bildirilmiştir.

Busey (1980) ve Li vd (2009) yürüttükleri çalışmalarda yengeç çiminde çeşit ve genotiplere göre değişmekle birlikte istenilen çim karakterleri açısından morfolojik varyasyonu sağlayan en uygun doz aralığını 45-70 Gy olarak bildirmişlerdir. Benzer şekilde bu çalışmada kullanılan ‘G’ genotipinde en yüksek mutasyon frekansı 40 Gy ile elde etmişlerdir. Öte yandan ‘M’ genotipinde ise en yüksek mutasyon frekansı 100 Gy dozu ile sağlanmıştır.

Çiçeklenme karakteristikleri açısından da kontrol bitkileri ve mutant hatlar arasında geniş varyasyon bulunmuştur. Mutant hatlar arasında 100 Gy gama ışınlaması ile elde edilen M100-3 hattı kontrolden çok daha fazla çiçek başağı ve her başakta daha fazla çiçekçik sayısı ile dikkat çekicidir. Benzer şekilde sekiz kat daha fazla çiçek yengeç çiminde (Li vd 2010), ve yine kontrole göre çok daha fazla sayıda çiçek oluşumu pirinçte (*Oryza sativa*) (Maity vd 2005) ve bermuda çiminde (Sever Mutlu vd 2015) bildirilmiştir.

Sonuçlar gama ışını uygulamasının, yengeç çiminde bazı istenilen çim karakteristiklerinde pozitif yönde varyasyona (daha ince çim tekstürü, daha bodur tipte büyüme karakteri vb) sahip mutant hatlar elde etmede başarılı olduğunu göstermiştir. Bu çalışma ile ışınlanan toplam 4301 adet tek nod içeren stolon parçasından 15 adet mutant (% 0.35) yengeç çimi elde edilmiştir. Bu sonuçlar yengeç çiminde rapor edilen % 0.4 (Li vd 2010) ve % 0.5 (Powell ve Toler 1980) bermuda çiminde rapor edilen % 0.4 (Lu vd 2009) ve % 0.3 (Sever Mutlu vd 2015) mutasyon frekansı değerleriyle uyumlu bulunmuştur.

‘G’ ve ‘M’ genotiplerine ait mutant hatlarda en tipik mutasyon etkisi literatürde de bildirildiği gibi boğum aralarının (internod), yaprak uzunluğunun ve kanopi yüksekliğinin kısılması olarak saptanmıştır. Radyasyonun etkisi sonucu çim bitkilerinde boğum arasının kısılması, yaprak uzunluğunun azalması ve kanopi yüksekliğinin kısılması şeklindeki morfolojik değişimler Powell vd (1974), Busey (1980), Li vd (2009), Lu vd (2009), Reynolds vd (2009) ve Sever Mutlu vd (2015) tarafından da bildirilmiştir. Kanopi yüksekliği ve yaprak uzunluğu değerleri açısından incelendiğinde, nispeten en bodur mutant hattın (G40-6) kontrol bitkilerinden % 25-30 daha kısa olduğu bulunmuştur. Benzer şekilde % 30 daha kısa bitkiler yengeç çiminde (Li vd 2010), % 50 oranında bodurlaşma bermuda çiminde (Lu vd 2009, Sever Mutlu vd 2015) ve % 30-84 oranında bodurlaşma Poaceae familyasında yer alan diğer türlerde bildirilmiştir (Cheema ve Atta 2003, Al-Salhi vd 2004, Borzouei vd 2010, Nasab vd 2010, Kim vd 2015). Bitkilerde bodurluğun giberellik asit ve brassinosteroidlerin sentezi (Ross vd 1997, Noguchi vd 1999) ve hücre uzamasını kontrol eden sistemlerde oluşan hasarlarla veya anormal hücre duvarları oluşumu (Reiter vd 1993) ile ilişkili olduğu bildirilmiştir.

Daha bodur yapıda gelişim gösteren ve kısa boğum arasına sahip olan genotip ve çeşitlerin basmaya karşı toleranslarının genel olarak daha yüksek olduğu ve tercih edildikleri bildirilmektedir (Busey vd 2003). Bu araştırmada elde edilen yarı bodur tipte mutant hatlardan bazılarında stolon boğum arası uzunluğunun % 33 ile % 25 oranında kısaldığı bulunmuştur. Benzer şekilde Li vd (2009) yengeç çiminde gama ışınlaması sonucu elde ettikleri bodur tipte mutant hatlarda kontrole göre % 35 daha kısa internod uzunluğu bildirmişlerdir.

Genel olarak, tüm gama ışını dozlarının mutant hatlarda kontrol uygulamalarına göre tüm uygulamalarda istatistikî anlamda çok önemli derecede olmasa bile stolon sayısı, stolon uzunluğu yaprak ayası genişlik ve uzunluğu, kanopi yüksekliği, stolon çapı, internod uzunluğu gibi değerleri azalttığı tespit edilmiştir. Mutant hatlarda bazı özelliklerde kontrol uygulamasına göre ortaya çıkan önemli veya çok önemli derecedeki farklılıkların belirli oranlarda çevre şartlarından da kaynaklanmış olabileceği düşünülebilir. Bu nedenle, belirlenen farklılıkların kalıtsal mı yoksa çevresel

faktörlerinin etkisiyle mi oluştuğunu tam olarak ortaya koyabilmek için M1V3 jenerasyonunda çalışmaya devam edilip, gama dozlarının bu jenerasyondaki etkileri de incelenmelidir.

6. SONUÇ

Mutasyon ıslahı yöntemiyle genetik varyasyonun artırılması, özellikle hâlihazırda kabul görmüş, üstün özelliklere sahip ya da adaptasyon yeteneği çok iyi olan çeşitlerin bazı özelliklerinin daha da iyileştirilmesi/geliştirilmesi bakımından avantajlıdır (Busey 1977, Ahloowalia ve Maluszynski 2001).

Bu çalışmada kullanılan yengeç çimi genotipleri ülkemize çok uzun yıllar önce getirilmiş, orijini bilinmeyen ancak Akdeniz koşullarına oldukça adapte olduğu gözlemlenen klonal hatlardır. Ancak kaba yapıları yaygın kullanımlarını engelleyen etmenlerden biridir. Genetik problemlerden dolayı klasik melezleme çalışmalarının çok kısıtlı olduğu bu türde, mutasyon ıslahı ile istenilen bazı çim karakterlerinde pozitif yönde varyasyon sağlanabilmektedir. Sonuçlar bu araştırma kapsamında geliştirilen mutant hatların yarı-bodur tipte, daha ince ve narin stolon ve yaprak tekstürüne sahip olduğunu ortaya koymuştur. Geliştirilen bu mutant hatlardan bazıları yeşil alanlarda kullanım için önemli bir potansiyel sunabilir. Bu bakımdan seçilen elit mutant hatların arazi koşullarında tesis olma hızı ve diğer çim performanslarının incelenmesinin bir sonraki önemli adım olduğu düşünülmektedir.

Türkiye’de çim bitkilerinin ıslahında oldukça sınırlı ilerlemeler kaydedilmiştir. Bu kapsamda yeşil alanlarda kullanılan çeşitlerin çoğunun dış ülkelere ıslah edilmiş olduğu görülmektedir. Çim türlerinin ıslahı programlarında yeni çeşitlerin kaynağını somatik mutantlar ve melezleme ıslahı oluşturmaktadır. Ancak tohum veriminin olmadığı veya çok az olduğu yengeç çimi gibi çim türlerinde klasik melezleme ıslahı zor veya mümkün olamayabilmektedir. Bu nedenle yeni çeşitlerin geliştirilmesinde, somatik mutasyonlara ve somatik mutasyonları uyacak çalışmalara da ağırlık verilmesinin önemli olduğu düşünülmektedir.

7. KAYNAKLAR

- AHLOOWALIA B.S. and MALUSZYNSKI M. 2001. Induced mutations- A new paradigm in plant breeding. *Euphytica*, 118: 167-173.
- AHLOOWALIA, B.S., MALUSZYNSKI, M. and NICTERLEIN, K. 2004. Global impact of mutation derived varieties. *Euphytica*, 135: 187-204.
- AL-SALHI, M., GHANNAM, M.M., AL-AYED, M.S., EL-KAMESY, S.U. and ROSHDY, S. 2004. Effect of gamma-irradiation on the biophysical and morphological properties of corn. *Nahrung-Food*, 48 (2): 95-98.
- AMİNİ, P. 2012. *Stenotaphrum secundatum* (Walter) Kuntze ile kurulu çim alanlarda kapak malzemesi olarak içme suyu arıtma çamuru kullanımı. Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 70 s.
- ANONİM. 2002. Plant Breeding and Genetics Newsletter. No: 9, International Atomic Energy Agency, ISSN 1564-2569, Vienna.
- ANONİM. 2004. U.S.A. Environmental protection agency, radiation information, Cobalt, U.S.A.
- ANONİM 2015a. *Stenotaphrum secundatum* (buffalo grass). [Http://www.cabi.org/isc/datasheet/51763#top-page](http://www.cabi.org/isc/datasheet/51763#top-page). [Son erişim tarihi: 21.12.2015]
- ANONİM 2015b. CO-60 Uygulamaları, Temel Bilgiler. [Http://nukleer.akdeniz.edu.tr/co-60-uygulamaları](http://nukleer.akdeniz.edu.tr/co-60-uygulamaları). [Son erişim tarihi: 21.12.2015]
- ANONİM 2015c. *Stenotaphrum secundatum*. http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Stenotaphrum_secundatum.htm. [Son erişim tarihi: 21.12.2015]
- ATMACA, E., ÇİFTÇİ, C.Y., ÇAKIR, S., SAĞEL, Z. ve AKIN, R. 2012. Yaşa-05 ve Hisar nohut çeşitleri tohumlarına uygulanan farklı gama ışını dozlarının bazı özellikler üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5 (1): 104-106.
- BAŞER, İ., BİLGİN, O., KORKUT, Z.K. ve BALKAN, A. 2007. Makarnalık buğdayda mutasyon ıslahı ile bazı kantitatif karakterlerin geliştirilmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 13 (4): 346-353.
- BAŞER, İ., BİLGİN, O., SARA, E. ve YORGANCILAR, Ö. 1997. Uzun Boylu Makarnalık Buğday Çeşitlerine Uygulanan Farklı Dozdaki Gamma Işınlarnın Bitki Boyu, Tane Verimi ve Bazı Tarımsal Özellikler Üzerine Etkisi. II. Tarla Bitkileri Kongresi, ss. 26-31, 25-27 Eylül, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.

- BEARD, J.B. 1973. Turfgrass Science and Culture. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA, 658 p.
- BEŞİRLİ, G. 2005. Kastamonu sarımsağının (*Allium sativum* L.) Seleksiyon yoluyla ıslahı ve seçilen klonda ışınlama yoluyla mutasyon yaratma. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 87 s.
- BİLİR EKBİÇ, H. ve TANGOLAR, S. 2012. Trakya İlkeren ve Flame Seedless üzüm çeşitlerinde mutasyon oluşturulması amacıyla etkili ^{60}Co dozunun belirlenmesi. *Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 28: 88-98.
- BORZOU EI, A., KAFI, M., KHAZAEI, H., NASERİYAN, B. and MAJDABAD, A. 2010. Effects of gamma radiation on germination and physiological aspects of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Proceedings of Florida State Horticultural Society*, 118: 253-257.
- BROSNAN, J.T. and DEPUTY, J. 2008. St. Augustinegrass. Sustainable Agriculture Cover Crops, Cooperative Extension Service, University of Hawai'i, Manoa.
- BRUN, R. and RADEMAKERS, R. (1997). ROOT – An object oriented data analysis framework. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section. A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. 389: 81-86.
- BURTON, G.W. 1985. Registration of Tifway-II Bermudagrass. *Crop Science*, 25: 3-64.
- BUSEY, P. 1977. Turfgrasses for the 1980's. *Proceedings of Florida State Horticultural Society*, 90: 111-114.
- BUSEY, P. 1979. What is Floratam? *Proceedings of Florida State Horticulture Society*, 92: 228-232.
- BUSEY, P. 1980. Gamma ray dosage and mutation breeding in St. Augustinegrass. *Crop Science*, 20: 181-184.
- BUSEY, P., CASLER, M.D. and DUNCAN, R.R. 2003. Turfgrass Biology, Genetics and Breeding. Wiley, pp. 309-330, Hoboken, New Jersey, USA.
- CARTER, R.P. and DUBLE R.L. 1976. Variety evaluations in St. Augustinegrass for resistance to southern lawn chinch bug. Texas Agriculture, Exp. Stn. Prog. Rep., PR-3374C.
- CHEEMA, A.A. and ATTA, B.M. 2003. Radiosensitivity studies in basmati rice. *Pakistan Journal of Botany*, 40 (2): 605-613.
- CHEN, C., LU, S., CHEN, Y., WANG, Z., NIU, Y. and GUO, Z. (2009). A gamma-ray induced dwarf mutant from seeded bermudagrass and its physiological responses

- to drought stress. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 134 (1) 22-30.
- CHEN, C.P. 1992. *Stenotaphrum secundatum* (Walter) O. Kuntze. In: 't Mannetje, L. & Jones, R.M. (Editors): Plant Resources of South-East Asia No 4. Forages. Pudoc-DLO, Wageningen, pp. 208-209, the Netherlands.
- ÇİFTÇİ, C.Y., ÜNVER, S. ve TEKEOĞLU, M. 1994. Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L. var. *nanus* Dekap) tohumlarına uygulanan farklı dozlarda gama ışınlarının M1 bitkilerinin bazı özelliklerine etkileri. *Doğa Tarım ve Ormancılık Dergisi*, 18: 65-69.
- ÇOBAN, H., KARA, S. ve İLTER, E. 2002. Investigations on radiosensitivity of some grape varieties. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 5 (5): 601-603.
- DA SILVA, A.K.A. 2012. Sterilization by gamma irradiation. In: Adrovic F (ed) Gamma radiation. InTech, Rijeka, 171–206 p.
- DEMİR, İ. ve TURGUT, İ. 1999. Genel bitki ıslahı. Ege Üniv. Ziraat Fakültesi, İzmir, 451 s.
- DONİNİ, B. 1982. Mutagenesis applied to improve fruit trees. Induced mutations in vegetatively propagated plants. II. Panel Proceedings Series: 29-35.
- DUDECK, A.E., PEACOCK, C.H. and WILDMON, J.C. 1993. Physiological and growth responses of St. Augustinegrass cultivars to salinity. *HortScience*, 28 (1): 46-48.
- EMMONS, R.D. 2000. Turfgrass Science and Management. Third Edition. Delmar Publishers. Albany New York, 512 p.
- FAO/IAEA. 2015. Mutant Varieties Database. <http://www-mvd.iaea.org/MVD>. [Son erişim tarihi: 21.12.2015]
- FEHR, W.R. 1987. Principles of Cultivar Development Theory and Technique. *Macmillan Pub. Co.*, New York, USA, 525 p.
- FISHER, D. 1997. History of the international atomic energy agency- The first forty years, ISBN 92-0-102397-9.:550. *Division of Publications IAEA*, Viena, Austria.
- GENOVESI, A.D., JESSUP, R.W., ENGELKE, M.C. and BURSON, B.L. 2009. Interploid St. Augustinegrass [*Stenotaphrum secundatum* (Walt.) Kuntze] hybrids recovered by embryo rescue. *Plant*, 45:659-666.
- GILL, K.S. and CAHND, K. 1974. Differential response of mutagens in inducing genetic variation in metrical traits in barley. *Z. Pflanzenzüchtung*, 71: 117-123.
- GIRJIA, M., DHANAVEL, D. and GNANAMURTHY, S. 2013. Gamma rays and EMS

- induced flower color and seed mutants in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). *Advances in Applied Science Research*, 4 (2): 134-13.
- GULSEN O. and ROOSE M.L. 2001. Lemons: Diversity And Relationships With Selected Citrus Genotypes As Measured With Nuclear Genome Markers. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, vol.126, 309-317.
- GULSEN, O., UZUN, A., PALA, H., CANOHOS, E. and KAFA, G. 2007. Development of seedless and *Mal Secco* tolerant mutants lemons through budwood irradiation. *Scientia Horticulturae*, 112: 184-190.
- HALİTLİGİL, M.B. 1996. Bitkisel üretimde nükleer tekniklerin kullanımı ve Türkiye'deki gelişimi. IV. Ulusal Nükleer Tarım ve Hayvancılık Kongresi, ss 137, 25-27 Eylül, Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- HANNA, W. (1990). Induced mutations in Midiron and Tifway bermudagrasses. Agronomy abstracts. American Society of Agronomy, San Antonia, Texas, 175 p.
- HANNA, W., DOBSON, W.W., DUNCAN, J. and THOMPSON, D. 1997. Registration of 'TifBlair' centipedegrass. *Crop Science*, 37: 10-17.
- HANNA, W. and ELSNER, E. 1999. Registration of 'TifEagle' bermudagrass. *Crop Science*, 39: 12-58.
- HASE, Y., SHIMONO, K., INOUE, M., TANAKA, A. and WATABANE, H. 1999. Biological effects of ion beams in *Nicotiana tabacum* L. *Radiation and Environmental Biophysics*, 38: 111-115.
- IBRAHİM, F. and HAİDAR, H.O. 1989. Mutaion in an Irak wheat cultivar, Saber Beg. *Mutation Breeding Newsletter*, 34: 1-14.
- KARAGÜZEL, O. 2010. Çimler ve yer örtücüler dersi ders notları. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü (yayınlanmamış), Antalya.
- KARATAŞ, D.D. 2010. Kalecik Karası Üzüm Çeşidinde (*Vitis vinifera* L.) Ürün Dalı İstikametlerinin Üzüm Verim ve Kalite Üzerine Etkileri. Yüksek lisans tezi. Ankara Üniversitesi, 85s.
- KARATAŞ, D.D. and KUNTER, B. 2012. Sultani Çekirdeksiz ve Kalecik Karası üzüm çeşitlerinde uyarılmış mutasyon etkilerinin sitolojik incelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26 (2): 59-64.
- KAYA, A., 2002. İyonize radyasyonun biyolojik etkileri. *Dicle Tıp Dergisi*, 29 (3): 65-75.
- KHAN, S. and GOYAL S. 2009. Mutation genetic studies in Mungbean IV. selection of

- early maturing mutants. *Thai Journal of Agricultural Science*, 42 (2): 109-113.
- KIM, J.Y., NA, C.S., KIM, D.S., KIM, J. and SEO, Y.W. 2015. The effect of chronic gamma ray irradiation on lignocellulose of *Brachypodium distachyon*. *Cellulose*, 22: 2419-2430.
- KIM, K.S., SIFERS, S.I. AND BEARD, J.B. 1987. Comparative drought resistances among major warm-season turfgrass species and cultivars. *Texas Turfgrass Research Consolidated Progress Report*, PR-4521: 28-30.
- KRISHNA, G., SAHIVASHANKAR, G. and NARTH, J. 1984. Mutagenic response of rhodes grass (*Chloris gayana* Kunth.) to gamma rays. *Environmental and Experimental Botany*, 24 (2): 197-205.
- KURT, O. 2001. Bitki Islahı. Ondokuz Mayıs Üniv. Ziraat Fakültesi Yayınları. Ders Kitabı, No: 43, Samsun, 309 s.
- LI, R. 2007. St. Augustinegrass improvement for freezing tolerance and semi-dwarf growth habit. Ph.D. Thesis, North Carolina State University, 96 p.
- LI, R., BRUNEAU, A.H. and QU, R. 2009. Morphological mutants of St. Augustinegrass induced by gamma ray irradiation. *Plant Breeding*, 129: 412-416.
- LI, R., QU, R., BRUNEAU A.H. and LIVINGSTON, D.P. 2010. Selection for freezing tolerance in St. Augustinegrass through somoclonal variation and germplasm evaluation. *Plant Breeding*, 129: 417-421.
- LU, S., WANG, Z., NIU, Y., CHEN, Y., CHEN, H., FAN, Z., LIN, J., YAN, K., GUO, Z. and LI, H. 2009. Gamma-ray radiation induced dwarf mutants of turf-type bermudagrass. *Plant Breeding*, 128: 205-209.
- MAITY, J. P., MISHRA, D., CHAKRABORTY, A., SAHA, A., SANTRA, S.C. and CHANDA, S. 2005. Modulation of some quantitative and qualitative characteristics in rice (*Oryza sativa* L.) and mug (*Phaseolus mungo* L.) by ionizing radiation. *Radiation Physics and Chemistry*, 74: 391-394.
- MICKE A., DONINI B. and MALUSZYNSKI M. 1987. Induced mutations for crop improvement -a review. *Trop. Agric.*, 4: 259-275.
- MILLA-LEWIS, S.R., ZULETA, M.C., ESBROECK, G.A.V., QUESENBERRY, K.H. and KENWORTHY, K.E. 2013. Cytological and Molecular Characterization of Genetic Diversity in *Stenotaphrum*. *Crop Science*, 53: 296-308.
- MOSELEY, D., PATTON, A. and TRAPPE, T. 2012. Winter Hardiness of Thirty St. Augustinegrass Genotypes. Arkansas Turfgrass Report 2010, Arkansas Agriculture, Exp. Stn. Res. Ser., 593: 79-84.

- MULLEN, B.F. and SHELTON, H.M. 1996. *Stenotaphrum secundatum*: a valuable forage speices for shaded environments. *Tropical Grasslands*, 30,289-297.
- MUTLU, H. 2011. Yaygın fiğ (*Vicia sativa* L.) çeşitlerinde gama ışınlamasının M1 ve M2 dölünde bazı bitkisel özelliklere etkisi üzerine bir araştırma. Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 65 s.
- NASAB, S.S, SIRCHI, G.R.S. and TORABI-SIRCHI, M.H. 2010. Assessment of dissimilar g-irradiations on barley (*Hordeum vulgare* spp.). *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 2: 59-63.
- NOGUCHI, T., FUJIOKA, S., CHOE, S., TAKATSUTO, S., YOSHIDA, S., YUAN, H.,... TAX, F. E. 1999. Brassinosteroid-insensitive dwarf mutants of *Arabidopsis* accumulate brassinosteroids. *Plant Physiology*, 121 (3): 743-752.
- PATTON, A. and BOYD, J. 2010. St. Augustinegrass Cooperative Extension Service, University of Arkansas, Arkansas, USA.
- PEDERSEN, J. F. and DICKENS, R. 1985. Registration of AU Centennial centipedegrass. *Crop Science*, 25: 364.
- PEŞKİRCİOĞLU, H. 1996. Mutagenik radyasyon bitki ıslahında mutasyonların ortaya çıkarılması ve kullanılması kursu notları. ANAEM, Ankara.
- PHILLEY, H.W., WATSON, C.E., JR. KRANS, J.V., JR. GOATLEY, J.M., MADDOX and TOMASO-PETERSON, M. 1995. Differential thermal analysis of St. Augustinegras. *HortScience*, 30:1388-1389.
- PHILLEY, H.W., WATSON, C.E., JR. KRANS, J.V., JR. GOATLEY, J.M., MADDOX and TOMASO-PETERSON, M. 1998. Inheritance of cold tolerance in St. Augustinegrass. *Crop Science*, 38: 451-454.
- POTDUKHE, N.R., WANJARIAND , S.S. and RAUT, S.K. 1994. Variability by gamma rays in durum wheat. *Agricultural Science Diegest Karnal*, 14 (2): 121-125.
- POWELL, J.B., BURTON, G.W. and YOUNG. J. R. 1974. Mutations induced in vegetatively propagated turf bermudagrasses by gamma radiation. *Crop Science*, 14: 327-330.
- POWELL, J.B. and TOLER, R.W. 1980. Induced mutants in ‘Floritam’ St. Augustinegrass. *Crop Science*, 20: 644-646.
- PREDIERI, S. 2001. Mutation induction and tissue culture in improving fruits. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 64: 185-210.
- RAMACHANDRAN, M. and GOUD, J.V. 1983. Mutagenesis in safflower by using gamma rays, ethyl methane sulphonate, alone and in combination. *Mysore J.*

- Agri. Sci.*, 12 (1): 178-179.
- REITER, W.D., CHAPPLE, C.C.S. and SOMERVILLE, C.R. 1993. Altered growth and cell walls in a fructose-deficient mutant of *Arabidopsis*. *Science*, 261: 1032-1035.
- REYNOLDS, C.W., LI, R., KANISHKA DE S., BRUNEAU, H.A., AND QU, R., 2009. Field performance of mutant and somaclonal variation lines of St. Augustinegrass (*Stenotaphrum secundatum* (Walt.) Kuntze). *International Turfgrass Society Research Journal*, 11: 573-582.
- ROSENBERGER, A.M. and BUSEY, P. 1992. St. Augustinegrasses. *Proceedings of Florida State Horticulture Society*, 105: 227-230.
- ROSS, J., MURFET, I.C. and REID, J.B. 1997. Gibberellin mutants. *Physiologia Plantarum*, 100: 550-560.
- SAĞEL, Z. 1988. Soya çeşitlerine uygulanan farklı radyasyon dozlarının M1 ve M2 bitkilerinin çeşitli karakterleri üzerine etkisi. Ankara Üniv. Fen Bilimler Enstitüsü. Doktora tezi, Ankara, 82 s.
- SAĞEL, Z., PEŞKİRCİOĞLU, H., TUTLUER, İ., USLU, N., ŞENAY, A., TANER, K. Y., KUNTER, B., ŞEKERCİ, S. ve YALÇIN, S. 2002. Bitki ıslahında mutasyon ve doku kültürü teknikleri. TAEK, ANTHAM, Nükleer Tarım Bölümü, Ankara.
- SAĞEL, Z., PEŞKİRCİOĞLU, H. ve TUTLUER, M. İ. 2003. Nükleer tekniklerin bitki ıslahında kullanımı. VIII. Ulusal Nükleer Bilimler ve Teknolojileri Kongresi, ss. 14, 15-17 Ekim, Kayseri.
- SAS Institute, 1999. SAS/STAT user's guide. Release 8.0.SAS Ins. Cary, NC, USA.
- SCHUM, A. 2003. Mutation breeding in ornamentals: An efficient breeding Method. Proj. 21st IS on Classical Molecular Breeding (Ed. G. Forkmann et al.). *Acta Hort.*, 612: 47-53.
- SEVER MUTLU, S., MUTLU, N., SHEARMAN, R.C., GÜRBÜZ, E., GÜLŞEN, G.O., HOCAGİL, M., KARAGÜZEL, O., HENG-MOSS, T., RIORDAN, T.P. and GAUSSOIN, R.E. 2011. Establishment and turf qualities of warm-season turfgrasses in the Mediterranean region. *HortTechnology*, 21:67-81.
- SEVER MUTLU, S., DJAPO, H., ÖZMEN, S.F., SELİM, C. and TUNCEL, N. 2015. Gamma-ray irradiation induces useful morphological variation in bermudagrass. *Not Bot Horti Agrobi*, 43 (2): 215-220.
- SHAIKH, M.A.Q., MAJID, A.M., BEGUM, S., AHMED Z.U. and BHUIYA, A.D. 1980. Varietal improvement of pulse crops by the use of nuclear techniques. Induced mutation for improvement of grain legume production. 1. IEAE-TECDOC-234, P: 69-72.

- SIGURBJORNSSON, B. and MICKE, A. 1969. Progress in mutation breeding. Symp. On nature, induction and utilization of mutations in plants, Proc. (Pullman, Wash.) int. Atomic energy agency, Vienna, 673-697 p.
- SMITH, J. and VALENZUELA, H. 2002. St. Augustinegrass. Sustainable Agriculture Cover Crops, Cooperative Extension Service, University of Hawai'i, Manoa.
- ŞEHİRALİ, S. ve ÖZGEN, M. 1988. Bitki Islahı. Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 1059, Ankara.
- ŞENAY, A. ve ŞEKERCİ, S. 2009. Makarnalık buğdayda (*Triticum durum* Desf.) mutasyon ıslahı çalışmaları. X. Ulusal Nükleer Bilimler ve Teknolojileri Kongresi, 6-9 Ekim, 340-346.
- TAN, J., TAND, H., NIU, Y., CHEN, Y., LU, Z.G. and LI, H. 2009. Isolation and characterization of gamma radiation-induced dwarf mutants of *Stylosanthes guianensis*. *Tropical Grasslands*, 43: 53-61.
- TAŞ, B. 1999. Bitki ıslahında mutasyonların yeri ve mutasyonlar geliştirilebilecek bitki özellikleri. *Hasad Dergisi*, 165 (14): 40-41.
- TAYLOR II., G. and GRAY, J. 2010. Maintaining St. Augustinegrass lawns. Texas Agricultural Extension Service, The Texas A&M University, Texas, USA.
- TIWARI, A.K., KUMAR, R., KUMAR, G., KADAM, G.B., SAHA, T.N., GIRISH K. S. and TIWARI, B. 2014. Mutagenesis and digital image analysis of mutants for quality attributes of native *Cynodon dactylon*. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 84 (6):733-736.
- TRENHOLM, L.E., CISAR, J.L. and UNRUH, B. 1991. St. Augustinegrass for Florida Lawns. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida, Florida.
- TURGEON, A.J. 1999. Turfgrass Management, Fifth Edition. Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey, USA, 392 p.
- USLU, N. 1996. M1 generasyonunda görülen mutagenik etkiler. Bitki ıslahında mutasyonların ortaya çıkarılması ve kullanılması kursu, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Ankara Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi Tarım Bölümü, Ankara.
- VAN HARTEN, A.M. 1998. Mutation Breeding: Theory and Practical Applications. *Cambridge Univ. Press*, Cambridge, 367 p.
- WEBER, E. 2003. Invasive plant species of the world: A reference guide to environmental weeds. *CAB International*, Wallingford, UK, 548 p.
- YOUNGNER, U.B. 1959. Growth of U-3 bermudagrass under various day and night

temperatures and light intensities. *Agronomy Journal*, 51: 557-559.

ZAKA, R., VANDECASTEELE, C.M. and MISSET, M.T. 2002. Effect of low chronic doses of ionizing radiation on antioxidant enzymes and G6PDH activities in *Stipa capillata* (Poaceae). *Journal of Experimental Botany*, 53 (376): 1979-1987.

ÖZGEÇMİŞ



Mert ÇAKIR 1990 yılında Samsun’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Ankara, Rize ve Ordu’da sürdürerek Antalya’da tamamladı. 2009 yılında girdiği Atatürk Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü’nden 2013 yılında Yüksek Onur Öğrencisi olarak mezun oldu. 2011-2012 yılları arasında Estonya Yaşam Bilimleri Üniversitesi’nde ERASMUS programını tamamladı. 2013 yılında Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başladı.