

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

**FARKLI TARIM SİSTEMLERİNDE YETİŞTİRİLEN BİBER ISLAHINDA
GENETİK ARAÇ OLARAK KULLANMAYA UYGUN YAPAY
MUTANTLARIN SELEKSİYONU**

Alper ADAK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI**

2015

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

**FARKLI TARIM SİSTEMLERİNDE YETİŞTİRİLEN BİBER ISLAHINDA
GENETİK ARAÇ OLARAK KULLANMAYA UYGUN YAPAY
MUTANTLARIN SELEKSİYONU**

Alper ADAK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI**

2015

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

**FARKLI TARIM SİSTEMLERİNDE YETİŞTİRİLEN BİBER ISLAHINDA
GENETİK ARAÇ OLARAK KULLANMAYA UYGUN YAPAY
MUTANTLARIN SELEKSİYONU**

Alper ADAK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI**

Bu tez 05/01/2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. M. İlhan ÇAĞIRGAN

Prof. Dr. Faik KANTAR

Doç. Dr. Nedim MUTLU

ÖZET

FARKLI TARIM SİSTEMLERİNDE YETİŞTİRİLEN BİBER ISLAHINDA GENETİK ARAÇ OLARAK KULLANMAYA UYGUN YAPAY MUTANTLARIN SELEKSİYONU

Alper ADAK

Yüksek Lisans Tezi, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. M. İlhan ÇAĞIRGAN

Ocak 2015, 35 Sayfa

Ülkemizde melez çeşit ıslahı ve tohumculuğuna devlet eliyle büyük teşvikler yapılmaktadır. Bu kapsamda özel ve kamu girişimcileri daha çok F_1 çeşitlerini açarak geliştirdikleri ebeveynleri kullanarak başarılı olan melez çeşitler geliştirmişler ve bunları pazarlamaya başlamışlardır. Ancak yapay mutasyonlarla elit gen havuzunda kullanmaya uygun genetik araçların geliştirilmesi ve bunların melez çeşit ıslahı programlarında değerlendirilmesi ihtiyaç duyulan etkinlik artışını ve bu alanda yabancı firmaların çeşitleriyle rekabeti mümkün kılacaktır. Bu ihtiyaç ve gerekçeden yola çıkarak, dar fakat kullanışlı heterozigot genetik ortamlarda elde edilecek herhangi bir özellikteki yapay mutantları izole ederek bunları karakterize etmek, daha sonra ebeveyn geliştirmede ve o gen havuzu için transgresif açılmaların ve/veya heterotik etkilerin ‘aracı’ (tools) olarak kullanmak bu tezin temel amacını oluşturmaktadır. Kendine döllen bir tür olan biberde pratik anlamda heterozisin sınırlı olması nedeniyle, genetik ilerleme bakımından potansiyel arz eden tarla ve örtüaltı yetiştiriciliğine uygun iki adet F_1 biber çeşidi ‘Mert ve Ergenekon’ genetik materyal olarak seçilmiştir. Bu çeşitlerin F_1 tohumlarına farklı iki dozda gamma ışını uygulayarak; (a) morfo-fizyolojik ve üreme özelliklerinde ortaya çıkan mutantları F_2M_2 generasyonunda seçmek ve bunları ışınlanmamış F_2 kontrolü ile teyid etmek; (b) Elde edilen mutantları F_3M_3 generasyonunda teyid etmek, yöntemi oluşturmaktadır. Bunun için bir ışınlama dozunda 1000 adet F_1 tohumu kullanılmış, F_1M_1 bitkilerinden kimerik durum dikkate almak için en az üç farklı yerden meyve ve tohum hasadı yapılmıştır. Tohum elde edilen 1299 F_1M_1 bitkisinin döllerini olarak F_2M_2 generasyonunda aile olarak yetiştirilmiştir. Fide devresinde kotiledon ve fide morfolojisi şeklindeki mutagenik değişimler özellikle klorofil mutasyonları açısından gözlenmiştir. Bilahare, antosiyan ve diğer renk farklılıkları, çiçeklenme, meyve şekli ve yapısı, yaprak boyu ve genişliği, bitki boyu, meyve eti sertliği ve kalınlığı gibi pek çok morfofizyolojik özellik incelenmiş; meyve oluşturmayan aileler kısırılık bakımından değerlendirilmiş, küçük çiçekler veya aşırı çiçeklenen bitkiler potansiyel kısır bitki olarak dikkate alınmıştır. Keza, kısırılık bakımından açılan bir ailenin bütün fertil bitkileri heterozigot haldeki resesiflerin kısırılık kaynağı olarak ayrı ayrı hasat edilip sonraki yıl teyid ve ileri incelemeler için kullanılmıştır. Kısır ve her türlü potansiyel mutant üçüncü generasyonda F_3M_3 olarak teyid edilmiş, aile bazında kalitatif/kantitatif belirlemeler yapılmış, determinat büyüme, çiçek sapında çok çiçeklilik, dallanma şekli, meyve şekli, rengi ve uzunluğunda ve ayrıca meyve oluşturmayan (kısır) 5 mutant aile saptanmıştır. Bazı tekerrürlü deneme gerektiren kantitatif özelliklerdeki mutantların teyidi ve kısır mutantların yarar bakımından karakterize edilmesiyle bu sayının artması mümkün görünmektedir.

ANAHTAR KELİMELEER: M₁ Kimera, heterotik etki, ebeveyn geliştirme, kombinasyon uyuşması, morfolojik markerler

JÜRİ: Prof. Dr. M. İlhan ÇAĞIRGAN (Danışman)

Prof. Dr. Faik KANTAR

Doç. Dr. Nedim MUTLU

ABSTRACT

SELECTION OF INDUCED MUTANTS TO BE USED AS GENETIC TOOLS IN PEPPER BREEDING SUITABLE FOR GROWING IN DIFFERENT AGRICULTURAL SYSTEMS

Alper ADAK

Msc Thesis in Field Crops

Supervisor: Prof. Dr. M. İlhan ÇAĞIRGAN

January 2015, 35 pages

The Government of Turkey has started to promote activities in plant breeding and seed industry. At this frame, the private companies have already started to market hybrid varieties developed by using parental lines improved from other F_1 varieties in a highly successful manner. There is an ample scope in using genetic tools to increase efficiency of such programs and in order to compete better with the varieties of abroad companies. Following this gap and need, we propose to develop genetic tools by induced mutagenesis in the heterozygous backgrounds of pepper hybrid varieties of Mert and Ergenekon by gamma rays. Selection for morpho-physiologic, reproductive and marker traits was performed in F_2M_2 generation following by their confirmation of the selected potential mutants in F_3M_3 . For this objectives, 1000 F_1 pepper seeds were used for one irradiation dose. In order to consider chimera, fruits were harvested from at least three different part of the individual plants in F_1M_1 . Following generation, obtained 1299 individual plants from F_1M_1 generation were grown as families in F_2M_2 . Some of traits like fruit shape, sterility, excessive flowering, determinate growth habit, fruit size and thickness, leaf abnormalities were observed as a potential mutant candidates. In F_2M_2 generation 28 mutants were isolated and confirmed in F_3M_3 generation. Consequently; it seems that, confirmation of some mutant quantitative traits requires replicated experiments and consideration in point of benefit and characterising of sterile plants, which would increase the number of mutants confirmed.

KEYWORDS: M_1 chimera, heterotic effects, parent building, combining ability, morphological markers

COMMITTEE: Prof. Dr. M. İlhan ÇAĞIRGAN (Supervisor)

Prof. Dr. Faik KANTAR

Assoc. Prof. Dr. Nedim MUTLU

ÖNSÖZ

Ülkemizde bitki ıslahı ve tohumculuğuna devlet eliyle büyük teşvikler yapılmaktadır. Bu kapsamda özel ve kamu girişimcileri daha çok yabancı melez (F₁) sebze çeşitlerini açarak geliştirdikleri ebeveynleri kullanarak başarılı olan melez çeşitler yapmışlar ve bunları pazarlamaya başlamışlardır. Melez çeşit ıslahında kullanmaya uygun genetik araçların yapay mutagenезis ile elde edilmesi ve bu mutantların melez çeşit ıslahı programlarında kullanılması ihtiyaç duyulan etkinlik artışını ve bu alanda yabancı firmaların çeşitleriyle rekabeti mümkün kılacak bir yaklaşım olacaktır. Ayrıca F₁ çeşitlerinin mutagenle muamele edilmesi farklı iki genotip söz konusu olduğundan mutasyon frekansının artması ve böylelikle ‘dar’ ama kullanışlı bir gen havuzunun oluşmasını sağlayacaktır. Mutasyon teknikleri ile ilgili bu metodik hipotezi test etmek amacıyla materyal olarak kendine döllenmiş ve yaygın olarak F₁ çeşitlerinin ticareti yapılan biber (*Capsicum annuum* L.) bitkisi; mutagen olarak ta uygulama kolaylığı açısından gama ışınları seçilmiştir. Ayrıca proje destek kuruluşlarının görmek istediği çok disiplinli yaklaşım güdülerek, ‘Milli Tohum’ heyecanına bu tez çalışması ile katkıda bulunmak amaçlanmıştır.

Bu çalışma 2013-2014 yılları arasında F₁M₁ ve F₂M₂ generasyonu Antalya’nın Serik ilçesinde, son generasyon olan F₃M₃ generasyonu ise Akdeniz Üniversitesi kampüs yerleşkesinde bulunan Antalya Mutasyon Projesi arazisinde Prof. Dr. M. İlhan ÇAĞIRGAN danışmanlığında yürütülmüştür. Bu araştırmayı bana yapmamı sağladığı, araştırma boyunca öngörülerıyla ve özellikle seleksiyon zamanında birikimleriyle beni aydınlattığı için sayın danışman hocama sevgim bakidir.

Bahçe bitkileri alanında uzman yardımı aldığım Yrd. Doç. Dr. Nafiye ÜNAL ADAK’ a ayrıca teşekkür ederim.

Bu çalışma boyunca en fazla yer ihtiyacı olan F₁M₁ aşamasında bana yer sağlayan, bunun yanında çalışma materyallerini ve fidelik koşullarını kullanmam için fırsat veren Tera Grup A.Ş’ ye ve Genel Müdürü Zir. Müh. Sayın Mustafa ADAK’ a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Tez çalışmam boyunca bana her zaman gerek maddi gerek manevi destekçim olan aileme; annem Zeynep ADAK’ a ve kardeşim Engin ADAK’ a, bilhassa teknik desteğinden ve deneyiminden her zaman yararlandığım babam Zir. Müh. Selahattin ADAK’ a içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI.....	2
2.1. Biberin Orijini.....	2
2.2. Biberin Sağlık Açısından Önemi.....	4
2.3. Biberin Botanik ve Morfolojik Özellikleri.....	5
2.4. Biberin Tohum, Meyve Üretim Miktarı ve Ekonomik Önemi.....	5
2.5. Mutasyon İslahı Yaklaşımları.....	8
2.5.1. Mutagenler.....	9
2.5.1.1. İyonize ve iyonize olmayan radyasyonlar.....	9
2.5.1.2. X- ışını ışınlaması.....	9
2.5.1.3. Hızlı nötron ışınlamaları.....	9
2.5.1.4. Alfa partikülleri.....	9
2.5.1.5. Beta partikülleri.....	10
2.5.1.6. Gama ışınları.....	10
2.5.1.7. Kimyasal mutagenler.....	10
2.5.2. Mutasyon gözlemi ve seleksiyonu.....	11
2.5.2.1. Mutant bitkilerin doğrudan kullanımı.....	11
2.5.2.2. Mutant bitkilerin dolaylı olarak kullanımı.....	12
2.6. Kaynak Taramaları.....	12
3. MATERYAL VE METOT.....	16
3.1. Materyal.....	16
3.1.1. Araştırma yerleri.....	16
3.1.2. Araştırmada kullanılan genetik materyal.....	16
3.2. Metot.....	17
3.2.1. Materyalin yetiştirilmesi.....	17
3.2.2. Gözlenen tarımsal özellikler.....	18
3.2.2.1. Morfolojik olarak tarımsal özelliklerin belirlenmesi.....	18
3.2.3. İstatistiksel değerlendirmeler.....	19
4. BULGULAR.....	20
4.1. Teyit Edilen Morfo-fizyolojik Mutantların Spektrumu ve Frekansı.....	20
4.2. Yapılan Gözlemlerin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi.....	24
4.2.1. Teyit edilen mutantların meyve sayısına ait bulgular.....	24
4.2.2. Teyit edilen mutantların meyve uzunluğuna ait bulgular.....	25
4.2.3. Teyit edilen mutantların meyve rengine ait bulgular.....	26
5. TARTIŞMA.....	27
6. SONUÇ.....	31
7. KAYNAKLAR.....	33
ÖZGEÇMİŞ.....	

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

β	Beta
cm	Santimetre
^{60}Co	Kobalt 60
^{137}Cs	Sezyum 137
ED ₅₀	Etkili Mutasyon Dozu
g	gram
Mg	Miligram
mM	milimolar
N	Birey Sayısı
^{20}Ne	Neon
^{32}P	Fosfor
S _{\bar{x}}	Standart Sapma
μg	Mikrogram
\bar{X}	Aritmetik Ortalama

Kısaltmalar

BC	Back Cross- Geri Melez
C.V.	Varyasyon Katsayısı
EMS	Ethyl Methane Sulphonat
Gy	Gray
IAEA	International Atomic Energy Agency-Uluslar Arası Atom Enerjisi Ajansı
K cal	Kilo kalori
MeV	Milyon Elektron Volt
Çek	Çekirdek

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. F ₃ M ₃ dikiminin yapıldığı Antalya Mutasyon Araştırma Projesi arazisinden bir görünüm.....	16
Şekil 4.1. Normal açılan populasyondaki biber tipleri (solda) ve mutant üçburun Biber tipleri (sağda).	21
Şekil 4.2. Determinat büyüme şekli gösteren mutant bitki	21
Şekil 4.3. Boğum araları kısa ve çok dallanan mutant bitki	22
Şekil 4.4. Kısır mutant bitki örneği.	22
Şekil 4.5. Boğumda üç çiçek veren mutant bitkinin farklı açıdan görüntüleri	23
Şekil 4.6. Yaprak ve çiçek durumuna göre farklılık gösteren mutant bitki	23
Şekil 4.7. Kontrol, 100 Gy ve 200 Gy populasyonlarının meyve sayısı bakımından dağılımları	24
Şekil 4.8. Kontrol, 100 Gy ve 200 Gy populasyonlarının meyve uzunluğu bakımından dağılımları	25
Şekil 4.9. Kontrol, 100 Gy ve 200 Gy populasyonlarının meyve rengi bakımından dağılımları.....	26

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Yabani ve kültürü yapılan biber türleri ve dağılımları	3
Çizelge 2.2. 100 g acı biberde bulunan besin içerikleri	4
Çizelge 2.3. Dünyadaki önemli biber üreticisi ülkelerin 2012 yılı üretim miktarları	6
Çizelge 2.4. Türkiye’de kullanılan biber tohumunun miktarı, ekiliş alanı ve parasal değeri.....	7
Çizelge 3.1. Meyve tipine göre değerlendirme skalası	18
Çizelge 3.2. Meyve uzunluğuna göre değerlendirme skalası.....	18
Çizelge 3.3. Meyve rengine göre değerlendirme skalası	19
Çizelge 4.1. Mert biber çeşidinden F ₂ M ₂ ’de seçilen ve F ₃ M ₃ ’te teyit edilen mutantların fenotipik kategorisi, morfolojik tanımlaması ve sayıları.....	20
Çizelge 4.2. Kontrol, 100 Gy ve 200 Gy populasyonlarının meyve sayısı bakımından basit istatistik tanımları	24
Çizelge 4.3. Kontrol, 100 Gy ve 200 Gy populasyonlarının meyve uzunluğu bakımından basit istatistik tanımları	25
Çizelge 4.4. Kontrol, 100 Gy ve 200 Gy populasyonlarının meyve rengi bakımından basit istatistik tanımları	26

1. GİRİŞ

Bitki ıslahı, insan yararına çeşit geliştirme bilim ve sanatıdır. Genetik varyasyon oluşturma ve seleksiyon uygulama bitki ıslahının iki temel aşamasını oluşturmaktadır. Yüksek teşviklerle ülkemizin 'Milli Tohum' politikası sektör ve paydaşlar arasında heyecan yaratmış görünürken, kamuoyunda 'hibrit çeşit' diye bilinen ve daha çok sebzelerle özdeşleşen melez çeşit ıslahı ve tohumculuğu, ıslah ürününü, yani çeşitleri, gelire dönüştürmeye uygunluğu nedeniyle en çok ilgi gören uygulama alanı olmaktadır. Özel ve kamu girişimcileri daha çok F₁ çeşitlerini kendileyip, tek bitki seleksiyonları ile geliştirdikleri homozigotlaşmış ebeveynleri kullanarak başarılı olan melez çeşitler geliştirmişler ve bunları pazarlamaya başlamışlardır. Bununla birlikte, bir bitki ıslahı programında harcanan toplam çabanın küçük bir bölümü varyasyon oluşturmaya, kalan kısmı verim denemelerini de içermek üzere seleksiyona ayrılmaktadır. Bunun sonucunda elde edilebilecek genetik kazanç başlangıçta ortaya konan genetik değişkenlikle sınırlanmaktadır (Çağırğan ve Ullrich 1991).

Bitki ıslahında genetik farklılık önem taşıdığına göre, genetik benzerliği azaltacak önlemlerin alınması gerekmektedir. Ancak daha çok kamu desteği alan kuruluşlarca genetik tabanı geliştirmek için yapılan türler arası melezler elit gen havuzunda istenmeyen sonuçlar vermektedir. Bunun yerine daha etkili ve devam etmekte olan sisteme uygun F₁ çeşitlerini mutagenезis ile paralel olarak 'açılması' tercih edilebilir. Böylelikle dar ama elverişli bir gen havuzunda gerek doğrudan ve gerekse dolaylı olarak heterozis ıslahında ebeveyn olarak kullanmaya uygun saf hatlar geliştirilebilir (Çağırğan 2014). Zira yapay mutasyonlar bitki ıslahçısına seleksiyondan geçmemiş genetik materyal sunduğundan, bu yolla genetik benzerlik probleminin üstesinden gelinebilmektedir. Mutasyon yönteminin kendisine özgü olan problemleri bulunmakla birlikte, bir yöreye adapte olmuş genotiplerde oluşturulan mutasyonlar yoluyla gerek doğrudan kullanma ve gerekse melezlemelerde ebeveyn olarak değerlendirmek üzere yeni gen kaynakları ortaya konulması pratik bir uygulamadır. Seleksiyondan geçmemiş olan bu germplazmın melez kombinasyonlarda yer almasıyla, genellikle farklı kökenli çeşitlerin melezlerinde beklenen transgresif açılmalar ve heterotik etkiler başarı ile elde edilebilmektedir (Çağırğan ve Yıldırım 1988, Çağırğan 2011).

Üstelik, yapay mutagenезisin heterozigot (F₁) ortama uygulanması, iki farklı saf hat genotipinin işin içine girmesi ve mutagenlere muhtemel farklı respons nedeniyle mutasyon oranını artırabilecek, bunları taşıyan mutantların doğrudan kullanılması mümkün olabilecektir (Çağırğan, 2014).

Bu çalışmanın ana amacı, tarla ve örtü altı yetiştiriciliğine uygun F₁ biber çeşitlerinin gama ışınları uygulamasıyla dar fakat kullanışlı heterozigot genetik ortamında belirlenebilen herhangi bir özelliğinde ortaya çıkan mutantları seçmek, teyit etmek ve daha sonraki aşamalarda bunları ebeveyn olarak kullanarak; çeşit geliştirmede transgresif açılmaların ve heterozisin kaynağı olan bir araç olarak kullanmaktır.

2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI

2.1. Biberin Orijini

Capsicum annuum L. türleri tropik ve sup-tropik bölgelerde ılıman iklime sahip birçok ülkede korumalı şartlar altında kıymetli bir ürün olarak kültürü yapılmaktadır. Tatlı ve acı çeşitliliğine sahip olan biberler beslenmede ve gıda sektöründe işlenmiş olarak uygulama görmektedir. Biber taze olarak tüketilmesinin yanında işlenmiş ürün, baharat ve ekstrakte edilerek de kullanılır. Ayrıca acı biber meyveleri baharat, taze ve kurutulmuş olarak tüketilmesinin yanında oleoresin (bazı bitkilerde bulunan uçucu yağdan zengin hoş kokulu reçine) maddesi elde etmek için de kullanılmaktadır (Pickersgill 1991).

Bu tür Güney ve Kuzey Amerika'da doğal ve yaygın olarak bulunmaktadır ve 5000 yıldan daha fazla süredir insanlar tarafından tarımı yapılmaktadır. Yıllar içinde insan seleksiyonundan geçerek günümüze kadar gelen ve yaygın olarak kültürü yapılan beş adet bağımsız biber türü vardır. *C. annuum* L. hem baharat hem de sebze olarak tüketilen en yaygın tür olarak göze çarpmaktadır. Aynı zamanda ticari olarak büyük bir öneme de sahiptir. *C. frutescens*'in büyük meyvelere sahip olan formu daha çok kırmızı acı biber ve sosu olarak kullanılırken küçük meyvelere sahip olan formu ise oleoresin maddesi eldesi için kullanılmaktadır (Pickersgill 1991). *C. chinense* farklı bir tat ve acılığa sahiptir (Habanero ve Scotch Bonnet biberleri de bu gruba dâhildir). Bu biber türleri de gelişmiş ülkelerin marketlerinde ilgi çekici ürünler olarak büyümeye ve marketi yönlendirmeye devam etmektedir. Diğer iki tür ise ağırlıklı olarak Latin Amerika'da sınırlı kamıştır. *C. baccatum* en yaygın acı biber türüdür. Taze ve kurutulmuş olarak tüketilen bu tür And Dağları'nın batı yakasında bulunan, Venezuela'dan başlayıp Şili'ye kadar uzanan bölgelerde bulunur. *C. pubescens*'te bu bölgelerde yetişen diğer bir türdür. Bu tür kalın etli bir meyve yapısına sahip olup taze olarak tüketilmektedir (Pickersgill 1997).

C. annuum türlerinin ticari olarak büyük bir öneme sahip olmasından dolayı, sitolojik, genetik ve birçok bitki ıslahı çalışmaları bu tür ile ilgilidir ve özellikle acı olmayan sebze tiplerini kapsamaktadır. Baharatlık olarak kullanılan biber tiplerindeki ıslah çalışmaları kültürü yapılan ve daha sınırlı alanlarda yetiştirilen *C. annuum*'a göre daha az yapılmaktadır. Fakat türler arası melezlemelerde *C. annuum* türü artmakta olan ıslah çalışmaları ile birlikte önem kazanmış ve gün geçtikçe ilerlemiştir. Aileler donör veya tekrarlı olarak kullanılarak özellikle hastalık ve zararlılara karşı dirençli bitkilerin eldesi, transferi mümkün olan yararlı genlerle sağlanmaya çalışılmaktadır (Pickersgill 1991).

Biber geleneksel olarak iki gruba ayrılmaktadır. Çizelge 2.1 de gösterildiği gibi beyaz çiçeklere sahip biber bitkisi ve mor çiçeklere sahip biber bitkisi olarak tanımlanmaktadır.

Gerçek biberlerin hepsi diploid yapıdadır. *Solanaceae* türlerinin çoğunda olduğu gibi $2n=24$ kromozoma sahiptirler (Pickersgill 1991).

Çizelge 2.1. Yabani ve kültürü yapılan biber türleri ve dağılımları (Pickersgill 1991)

Türler	Durum	Yayılm
<u>A. Beyaz çiçekli grup</u>		
1. <i>C. annuum</i> L.	Yabani	Güney Amerika'dan Güney Kolombiya'ya kadar olan bölge.
	Kültürü yapılan	Tropik iklimlerde, ayrıca subtropik ve ılıman iklim gösteren ülkelerin çoğunda yayılım gösterir.
2. <i>C. chinense</i> Jacq.	Yabani	Güney Amerika'nın aşağı batı yakası.
	Kültürü yapılan	Güney Amerika' dan Kostarika'ya, Yukatan yarım adası, Batı Hint Adaları, Batı Afrika bölgeleri.
3. <i>C. frutescens</i> L.	Yabani ve kültürü yapılan	Güney ve Kuzey Amerika'nın tropikal bölgelerinde.
4. <i>C. baccatum</i> L.	Yabani	Peru, Bolivya, Paraguay, Brezilya, Arjantin.
	Kültürü yapılan	Brezilya, Paraguay ile And Dağları boyunca Venezuela'dan Bolivya'ya kadar uzanan bölgeler.
5. <i>C. praetermissum</i> Heiser and Smith	Yabani	Güney Brezilya
6. <i>C. chacoense</i> A. T. Hunz.	Yabani	Kuzey Arjantin, Bolivya, Paraguay
7. <i>C. galapagoense</i> A. T. Hunz.	Yabani	Galapagos Adaları
<u>B. Mor Çiçekli Grup</u>		
8. <i>C. pubescens</i>	Kültürü yapılan	Peru, Bolivya, Paraguay, Brezilya, Arjantin ile Merkez Amerika'nın kuzey üst kısımlarından Meksika'ya uzanan bölge.
9. <i>C. cardenasii</i> Heiser and Smith	Yabani	Bolivya
10. <i>C. eximium</i> A. T. Hunz.	Yabani	Bolivya, Kuzey Arjantin
11. <i>C. tovarii</i> Eshbaugh, Smith and Nickrent	Yabani	Merkez Peru

2.2. Biberin Sağlık Açısından Önemi

Biber protein, vitamin, askorbik asit, mineral, sıvı ve katı yağlar, fenolik bileşikler, aromatik maddeler ve diğer biyolojik olarak aktif bileşenler bakımından muhteşem bir kaynaktır. Çizelge 2.2’de acı biberin 100 g’ında yaş ve kuru haldeki bulunan besin değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 2.2. 100 g acı biberde bulunan besin içerikleri (Anonim 2009)

Parametre	Kurutulmuş Acı Biber	Yeşil Acı Biber
Protein	15.0 g	2.9 g
Yağ	6.2 g	0.6 g
Mineraller	6.1 g	1.0 g
Lif	30.2 g	6.8 g
Karbonhidrat	31.6 g	3.0 g
Enerji	246.0 K cal	29.0 K cal
Kalsiyum	160.0 mg	30.0 mg
Fosfor	370.0 mg	80.0 mg
Demir	2.3 mg	4.4 mg
<u>Vitaminler</u>		
Karoten	345.0 µg	175.0 µg
Tiyamin(B1 vitamin)	0.9 mg	0.2 mg
Riboflavin	0.4 mg	0.3 mg
Niacin	9.50 mg	0.9 mg
Vitamin C	50.0 mg	111.0 mg
<u>Mineraller ve İz Elementler</u>		
Sodyum	14.0 mg	-
Potasyum	530.0 mg	-
Magnezyum	--	272.0 mg
Bakır	--	1.4 mg
Manganez	--	1.4 mg
Molibden	--	0.1 mg
Çinko	--	1.8 mg
<u>Kalori Değerleri</u>		
Kurutulmuş biber	297	
Yeşil Biber	229	

Capsaicin doğal olarak özellikle acı biberlerde fazlaca oluşan bir alkaloiddir ve biberde acılığı veren maddedir. Bu alkaloid bitkinin kendisini fungal ve otçul hayvanlara karşı korumasında ürettiği doğal bir kimyasal olduğu düşünüldüğünde yanında insan sağlığında kullanım alanları da geniştir (Sharma vd 2013).

Yapılan uygulamalarda capsaicin maddesi şeker hastalığından kaynaklanan sinir rahatsızlığı ve kronik kas ve iskelet ağrılarını hafifletmek için yararlı olduğu görülmüştür. Capsaicin alkaloidi ayrıca ameliyat sonrası kusma ve bulantıyı azaltmada kullanılabilir, böbrek yetmezliğinden kaynaklanan kaşıntıda tedavi edici etkisi de bulunmaktadır. Bununla birlikte capsaicin mide için iltihap sökücü ve enfeksiyon giderici ilaç olarak kullanım alanı olduğu belirtilmiştir (Hayman 2008).

Bir başka çalışmaya göre de capsaicin alkaloidi üç farklı etkisi sayesinde kilo yönetiminde kullanılabilir potansiyeli olduğu vurgulanmıştır. Bunlar; (1) enerji tüketimini arttırdığı; (2) yağ oksidasyonunu fazlalaştırdığı ve (3) iştahı düzenleme de etkisi olduğu gözlemlenmiştir (Whiting vd 2012).

Farklı bir çalışmaya göre ise capsaicin' in ağrıları hafifletici ve kanser koruyucu etkisinden dolayı klinik olarak önemli bir kullanım potansiyeli olduğu buna ilaveten kalp, mide ve bağırsak sistemine de yararlı etkilerinin olduğu belirtilmiştir (Luo vd 2011).

2.3. Biberin Botanik ve Morfolojik Özellikleri

Biber bitkisi kök oluşumu başlangıçta kazık kök yapısına sahipken daha sonra yan köklerin çıkmasıyla bir bütünü oluşturur. Kökler zaman zaman 100 cm'ye kadar inmektedir. Köklerin yanlara dağılımı toprak özelliği ve iklim şartlarına göre 40-60 cm arasında değişmektedir. Soğuk topraklarda ise hassas olan bu yan kökler daha kısılabilmektedir (Aybak 2002).

Dik olarak büyüyen biber bitkisi başlangıçta otsu bir yapıda gövdeye sahiptir. Fakat zamanla bu otsu yapıdaki gövde toprak yüzeyinden bitkinin ilk çift ana dala sahip olduğu yere doğru odunsu bir yapı almaktadır. Gövde; dallar, boğum ve boğum aralarından oluşmaktadır. Biber bitkisi 50-200 cm arasında boy yelpazesine sahiptir. Değişik tiplerde yaprak şekilleri görülebilmektedir. Uzun, oval, yuvarlak kenarları düz veya dalgalı, parlak ve tüylü olabilirler (Aybak 2002).

Yaprak veya dal koltuklarında çeşit özelliğine bağlı olarak bir veya birden fazla çiçek bulunabilir. Biber çiçekleri erselik yapıdadır. Erkek ve dişi organ aynı çiçek içinde bulunur. 5-7 taç yaprak, 5 erkek organ ve bir dişi organdan oluşur. Dişi organlar 3 veya 5 karpellidir ve çoğunlukla beyaz olmasının yanında bazı türlerde ise mor çiçeklerde görülebilmektedir. Gövde ve meyvelerde antosiyanin maddesi etkisiyle mor renk görülebilir. Yaprak renkleri de açık yeşilden koyu yeşile kadar farklı renklerde olabilir. Genellikle yaprak koltuklarında bir çiçek bulunmasının yanında çeşide bağlı olarak iki veya üç çiçekte bulunabilmektedir. Biber bitkisinin çiçekleri erselik yapıda olmasına rağmen yabancı dölleme oranı % 3-30 aralığında meydana gelebilmektedir. Bunun nedeni ise erkek ve dişi organlarının olgunlaşma zamanlarının farklı zamanlarda kaynaklanmaktadır (Anonim 2008).

2.4. Biberin Tohum, Meyve Üretim Miktarı ve Ekonomik Önemi

Biber bitkisi tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de meyvesi için yetiştirilen sebzelerin başında gelmektedir. Ülkemizdeki üretim miktarlarına bakıldığı zaman biber üç grupta toplanmıştır. Sivri biber üretimi 946,506 ton salçalık 814,372 ton ve dolmalık ise 398,470 ton olmak üzere toplamda Türkiye’de ki biber üretim miktarı 2,159,348 tondur (Anonim 2013). Bu üretim miktarı ile biber, domates ve karpuz üretiminden sonra ülkemizde üçüncü sırada yer almaktadır.

Türkiye’de ki biber üretimi dünyadaki diğer önemli biber üretici ülkelerle bir arada Çizelge 2.3’te gösterilmiştir.

Çizelge 2.3’te de görüldüğü gibi Türkiye biber üretimi bakımından Çin ve Meksika’dan sonra üçüncü sırada yer almaktadır. Fakat birim başına alınan verimler karşılaştırıldığı zaman ise Türkiye 2,158 kg/da’lık verim değeri ile otuz dördüncü sırada yer almaktadır (Anonymous 2012b). Bu durum üretimde kullanılan tohumluk kalitesinin geliştirilmesi ve araştırma ve geliştirme faaliyetlerine daha fazla yatırım yapılması gerekliliğine işaret etmektedir. Üretimde üst sıralarda olmamız fakat verimde bu başarıyı yakalayamamış olmamız dikkat çekici bir husus olarak göze çarpmaktadır.

Çizelge 2.3. Dünyadaki önemli biber üreticisi ülkelerinin 2012 yılı üretim miktarları (Anonymous 2012a)

Ülke	Üretim (ton)
Çin	16,000,000
Meksika	2,379,736
Türkiye	2,072,132
Endonezya	1,656,615
A.B.D.	1,064,800
İspanya	1,023,700
Diğerleri	6,974,584
Toplam	31,171,567

Bitkisel üretimde en önemli girdi, genetik kapasitesi yüksek üstün vasıflı tohumluk kullanımıdır. Türkiye nüfusu 75 milyonun üzerlerinde seyrederken buna karşılık tarım alanlarının yapılaşma ve diğer bazı sebeplerden dolayı giderek azalması durumu söz konusudur. Artan nüfusu beslemede en önemli izlenecek yol ise vasıflı ve kaliteli tohum kullanımıdır.

Önceki zamanlara bakıldığında dışa bağımlı hibrit tohum tedariki kısa süre içerisinde yurt içi kaynakların ve özellikle 1990’dan sonra tohum şirketlerinin sayılarının hızla artmasına paralel olarak, giderek yurt içi ıslah ve üretimi esas alan bir modele dönüşmüştür. Toptancılar, üreticiler ve tüketiciler zincirinin isteklerine cevap

verilebilmesi bakımından hibrit çeşit piyasası çeşitliliğini arttırmıştır. Ama günümüzde dalgalı bir gidişat sürdüren yerli hibrit üretimi halen tam anlamıyla yurt dışı kaynaklarla yarışabilir potansiyelde değildir. Teknolojinin gelişmesi ve yeni ıslah yaklaşımlarının efektif kullanılması, üretimdeki miktarı ve artan ihracattaki payımızı daha yukarılara çekebilecektir.

Çizelge 2.4. Türkiye’de kullanılan biber tohumunun miktarı, ekiliş alanı ve parasal değeri (Anonim 2012)

Tür	Tip	2011 & 2012 - Kendine döllenler			2011 & 2012 - F1 hibritler		
		Toplam Ekiliş Alanı (ha)	Tahmini Pazar Büyüklüğü Miktarı (x 1.000 Çekirdek)	Tahmini Pazar Büyüklüğü Değeri (x 1.000 TL)	Toplam Ekiliş Alanı (ha)	Tahmini Pazar Büyüklüğü Miktarı (x 1.000 Çekirdek)	Tahmini Pazar Büyüklüğü Değeri (x 1.000 TL)
Biber	Kapya (Tarla)	12,900	645,000	1,935	742	33,390	2,729
Biber	Sivri (Tarla)	3,700	185,000	555	380	19,000	1,700
Biber	Diğer (Tarla)	550	27,500	83	62	2,790	279
Biber	İssot (Tarla)	5,000	250,000	250	35	1,750	159
Biber	Kapya (Sera)		0	0	461	9,220	3,595
Biber	Demre (Sera)		0	0	1,015	20,300	5,890
Biber	Çarliston (Tarla)	1,640	82,000	246	325	14,625	1,463
Biber	Çarliston (Sera)		0	0	929	18,580	5,962
Biber	Dolma (Tarla)	1,400	70,000	210	379	17,055	2,056
Biber	Dolma (Sera)		0	0	700	14,000	5,205
Biber	Macar (Sera)		0	0	75	1,500	410
Biber	California (Tarla)	805	40,250	229	69	3,105	255
Biber	California (Sera)		0	0	52	1,030	567
Biber	Acı biber		0	0	107	4,280	308
Toplam		25,995	1,299,750	3,507	5,331	160,625	30,577

Tüm dünyada ticarete konu olan tohumluğun maddi değeri 45 milyar dolar, Türkiye'nin yıllık toplam tohumluk cirosunun ise 800 Milyon dolar civarında olduğu tahmin edilmektedir. Bu toplamın önemli bir kısmını ise sebze tohumluğu oluşturmaktadır. Yapılan tahmine göre toplam sebze tohumluğu cirosu, toptan fiyatlar üzerinden 155 milyon dolar civarındadır. Bu sebzelerin içinde ise biber tohumluğunun gerek açıkta, gerek örtü altında kullanılan tohumluk oranı ve parasal değeri önemli bir paya sahiptir. Türkiye'de kullanılan biber tohumunun miktarı, ekiliş alanı ve parasal değeri Çizelge 2.4' te gösterilmiştir (Anonim 2012a).

2.5. Mutasyon İslahı Yaklaşımları

Genler kromozom üzerinde farklı yerlerde bulunmaktadırlar ve çeşitli kimyasal bileşenler kromozomun oluşumunda etkilidir. Bu farklı bileşikler genlerin içerisinde farklı şekillerde ve dizilimlerde olabilmektedir. İşte bu dizilimler genleri birbirinden ayırırken ayrıca fonksiyonlarında da belirleyici rol oynarlar. Normal şartlar altında hücre bölünmesinde kromozomlar replike olarak kromatidlerin biri bir kutba diğeri ise diğer kutba giderek aynı genotipte iki kardeş hücre meydana gelir. Fakat bazen genlerin değiştiği görülür. Örneğin klorofil için sorumlu olan C geni c şekline dönüşürse klorofil oluşmaz veya oluşumu zayıflar. İşte böyle kalıtsal olan gen değişikliklerine gen-mutasyonu adı verilir (Demir ve Turgut 1999).

Bu gen değişimleri bölünme sırasında olabileceği gibi doğada kısa dalgalı röntgen ışınları veya ultraviyole ışınları tarafından da bu tür mutasyonların oluşturulması olasıdır.

Gen mutasyonlarının buraya kadar anlatılan koşullarda doğal olarak meydana geldiği anlaşılmaktadır. Doğada oluşan diğer adıyla spontan mutasyonlar, doğa şartlarının bitkiler üzerindeki etkilerinin bir sonucudur. Fakat oluşan bu mutantların frekansı 1:100,000 ile 1:1,000,000 arasında oynamaktadır. Bu spontan gen mutasyonlarının evrim süzgecinden geçerek bitki ıslahçılarının seleksiyonuna kadar gelecek olan süre ise çok uzun sürelerdir. Bu yüzden kültür bitkilerinin gen mutasyonları ile evriminde zaman faktörü çok önemlidir. Doğada meydana gelen spontan mutasyonlar günümüzde artık mutasyon ıslahı yaklaşımları ile yapay olarak elde edilebilmektedir. Mutasyonların elde edilmesinde temelde iki yol izlenir. Fiziksel mutagenler ve kimyasal mutagenler bitkilere muamele edilerek pratik olarak normal doğal süreçte beklenen özellikleri yapay olarak kazanarak bitki ıslahında etkili olarak kullanılabilir (Kharkwal vd 2004).

80 yıl önce bitki ıslahı programlarının temellerine mutagen uygulamaları ile birlikte başlanmıştır. Hemen ardından X ışınlarının mutagenik etkilerinin keşfi ile birlikte Muller (1927) Drosophila'da ve Stadler (1928) arpada ve mısırdaki çalışmaları olmuştur. 1950-60 yılları boyunca da Çin, Hindistan, Hollanda, ABD gibi devletlerde mutasyon ıslahı yaklaşımlarını ürün geliştirmede kullanmaya başlamışlardır. 20. Yüzyılda tahıllarda, bakliyat, yağlı tohumlu bitkilerde, sebzelerde, lif bitkileri ve süs bitkilerinde toplamda 3220'nin üstünde mutant çeşit geliştirilmiştir. Bu mutant bitkilerin çoğu ise 1985 ve sonrası zamanlar da mutasyon tekniğinin de öğrenilmesi ile birlikte bulunmuştur. 1985 yılları civarında bulunan mutantlar direk kullanılan mutant bitki olarak kayıt altına alınırken ilerleyen zamanlarda ise bu mutant bitkiler ıslah programlarında çeşitli yaklaşımlarla kullanılarak ıslah popülasyonlarının içinde belirli ıslah yöntemlerinden geçtikten sonra kayıt altına alınmıştır. Bulunan mutant bitkilerin yaklaşık % 70'i fiziksel

mutagenlerle elde edilmiştir. Fiziksel mutagenler içinde de gama ışınlarının kullanımı diğerlerine göre çok fazladır. Çoğunlukla mutasyon ıslahı ile geliştirilen özellikler, bitki yapısı, verim, çiçeklenme ve olgunlaşma süresi, kalite, biyotik ve abiyotik stres koşullarına toleranslılık gibi arzu edilen özelliklerdir (Kharkwal vd 2004).

Bu özelliklerin geliştirilmesi ve tarıma kazandırılması ile birlikte mutasyon ıslahını kullanan ülkelerin kendi ekonomilerine katkı sağladığı görülmektedir.

2.5.1. Mutagenler

2.5.1.1. İyonize ve iyonize olmayan radyasyonlar

Radyasyonların iyon oluşturabilme kapasiteleri göz önüne alındığında radyasyonlar kendi içinde iyonize edici ve iyonize edici özelliği olmayan radyasyonlar olarak ikiye ayrılırlar. İyonize edici radyasyonlar atomları iyonlaştıracak kadar enerjiye sahipken iyonize edici olmayan radyasyonlar atomların yapılarında bir değişiklik yaratacak kadar enerjiye sahip değildirler. ‘İyonlaştırıcı etki’ terimi radyasyonun dokular arasında geçmesiyle ortaya çıkmıştır ve her zaman bu etki, atomu çevreleyen yörüngede bulunan bir elektronun yerini değiştirmeye meyillidir (Shu vd 2012).

2.5.1.2. X- ışını ışınlaması

X ışınları ilk defa 1895’te Roentgen tarafından keşfedilmiştir. Geçen yüzyılda çeşitli X ışınlarının kullanımı için farklı uygulamalar ve X ışını üreten makinalar icat edilmiştir. Kullanım alanları olarak da tıpta görüntüleme işlemleri ve hava alanlarında güvenlik tedbirlerinin alınması gibi özel uygulama alanlarında kullanılmıştır. İlk defa ise Standler (1928) tarafından bitkilere de kullanılarak bu ışınların bitkiler üzerinde kullanım alanları da ortaya çıkmıştır. Fakat teknolojinin de gelişmesiyle birlikte X ışınları üreten makinaların dokular üzerindeki potansiyel etkisinin varlığı, potansiyel mutasyon kullanımının kusursuz bir uygulama olasılığının varlığını da göz önüne getirmektedir. Kullanım sırasında herhangi özel ön tedbir alımı veya kullanım için özel personel gerekliliği olmadığı için bu alanın bitkiler üzerinde kullanımını cazip hale getirmektedir (Anonim 1977).

2.5.1.3. Hızlı nötron ışınlamaları

Bu ışınlama yönteminin mutagen olarak kullanım alanları çeşitli nedenlerden dolayı kısıtlıdır. İlk olarak hızlı nötron uygulamalarının içinde bulunan γ -ışınlarının ve termal nötronların beraberinde olmasından dolayı kontaminasyon etkisi vardır. Bu durum ise ölçümlerin olmasını zorlaştırmaktadır. Ayrıca kontaminasyon etkisi yaratan her bir ışının etkisi belirlenememektedir. Diğer bir neden ise uygulama süreci çok komplike, uzman gereksinimi ve çok iş gücü gerekliliğinin olmasıdır. Bu nedenlerden dolayı bu yöntem diğerleri ile karşılaştırıldığında daha az sonuç verici olduğu görülmektedir (Anonim 1977, Kodym ve Afza 2003).

2.5.1.4. Alfa partikülleri

Alfa partikülleri iki proton ve iki nötrondan oluşmaktadır. Bu partiküller helyum atomunun çekirdeğinde bulunur ve pozitif yüklüdür, ilaveten enerjileri de yüksektir. Alfa partikülleri ağır radyoaktif elementlerin (uranyum, radyum vb.) radyoaktif bozulmaları sonucunda elde edilir. Alfa partiküllerinin enerjileri 3 - 7 MeV arasındadır. Bu partiküller

kolay bir şekilde materyaller tarafından absorbe edilir ve havada yalnızca birkaç santimetre gidebilir. Enerjilerini çabuk kaybederler. Materyalden geçtikten sonra etkide bulunabilme yeteneği gama ve X ışınlarına göre ise düşüktür. Fakat iyonlaştırıcı etkisi ise çok fazladır. Diğer tekniklerin aynı dozlarına kıyasla mutant etkisi göstermesi bakımından ve kromozom zararına uğratabilmesi yeteneği göz önüne alındığında ise 100 kat daha fazladır (Shu vd 2012).

2.5.1.5. Beta partikülleri

Beta partikülleri (β) hızlı hareket eden elektronlardır ve çekirdekdeki birçok füzyon olayından elde edilir. Kararsız yapıdaki çekirdeğe sahip olan örneğin ^{32}P izotoplarının radyoaktif bozulmalarından elde edilmektedir. Mutagen olarak beta partikülleri X ve γ ışınları gibi etki yapar fakat penetre olma yeteneğinin düşüklüğünden dolayı etkinliği azalmaktadır (Anonim 1977).

Beta partiküllerinin bu düşük penetre olma durumunun üstesinden gelebilmek için birkaç metot geliştirilmiştir. En basit uygulama yöntemlerden birisi ^{32}P çözeltisinin içinde bitki materyallerine (tohum v.b.) muamele etmektir. Bu yol ile daha önceden çeltikte ve pamukta mutant çeşitler geliştirilmiştir. Fakat bu yolun dezavantajı ise kontaminasyon etkisi yani çözeltide kirlenme olmasının mutasyon frekansını kötü yönde etkilediği görülmüştür (Shu vd 2012).

Bores ve Bottinot (1974) strontium-90 (^{90}Sr) – yitrium-90 (^{90}Y) elementlerinin bitki materyallerine maruz bırakılarak radyoaktif kontaminasyonu ortadan kaldırdığı ve bitkilere mutagen uygulamaları yapılabileceğini tanımlamıştır. Bu yöntem günümüzde elektron ışınlaması şekline dönüştürülerek sofistike bir ışınlama teknolojisi olarak kullanılmakta ise de kullanım alanı henüz yaygın değildir.

2.5.1.6. Gama ışınları

Doğal olarak gama ışınlarının kaynağı doğada potasyum-40 (^{40}K) izotopundan oluşur. Spesifik amaçlar doğrultusunda bitkilerde mutasyon tekniklerinin kullanımı söz konusu olduğunda ise kobalt-60 (^{60}Co) ve sezyum-137 (^{137}Cs) radyoizotoplarının bozulmasıyla elde edilen gama ışınları kullanılmaktadır. Bu kaynaklardan kobalt-60 kaynağı sezyum-137 kaynağına göre daha çok kullanılmaktadır. Çünkü kobalt-60 kaynağının bozulma süresi sezyum-137'ye göre altı kat daha hızlıdır. Yarılanma süreleri göz önüne alındığında kobalt- 60 5.3 yılda yarılanırken sezyum-137 30 yıl gibi bir süreçte yarılanma işlemini tamamlamaktadır (Kodym ve Afza 2003, Shu vd 2012).

Tamamlanan bu tez çalışmasında ise yaygın olarak kullanılan kobalt-60 (^{60}Co) fiziksel mutagen kaynağı kullanılmıştır.

2.5.1.7. Kimyasal mutagenler

Genel olarak tüm alkil kökenli kimyasal bileşikler gen mutasyonlarına neden olabilmektedir. Günümüzde kullanılan kimyasal mutagenler (bunlar arasında epoksitler, etilen aminler, metan sülfanatlar ve beta-propio-aktonlar), üretanlar, alkaloidler, peroksitler, formaldehitler, nükleik ve nitroz asite benzeyen bileşikler ve hatta sebze yağları ve bazı sekonder metabolitler gen ve kromozom mutasyonlarına neden olmaktadır. Kimyasal mutagenler yukarıda açıklanan ışınlar gibi etki yapmaktadır fakat etkilerinin oranları farklı olmakla birlikte kimyasal mutagenler çoğunlukla gen

mutasyonlarına neden olmaktadır. Kimyasal mutagenler arasında en önemlisi ve çoğunlukla kullanılan kimyasal ise etil-metan-sulfanat (EMS)'tir. EMS çözeltisi içinde muamele edilen tohumlar çimlendirilip M₁ bitkileri elde edilir ve M₂ döllerinde gen mutasyonları gözlenir (Kodym ve Afza 2003).

Kimyasal mutagen etkileri ile fiziksel mutagen etkileri birbiriyle karşılaştırıldığı zaman aralarında mutasyona uğratma etkisi bakımından farklılar göstermektedirler. Fiziksel mutagen uygulamalarında iyonize ışınlar çoğunlukla delesyon veya duplikasyon gibi kromozomda yapı değişikliği meydana getirmektedir. Diğer taraftan özellikle EMS ise küçük kromozom segmentleri üzerinde değişmelere neden olmaktadır (Anonymous 1977, Shu vd 2012).

2.5.2. Mutasyon gözlemi ve seleksiyonu

Çoğu mutasyon bitki genetik yapısında resesif karakter olarak oluşurken dominant mutasyon da meydana gelmektedir. Mutasyonların saptanması bu iki durum olması koşuluna bağlı olarak değişiklik gösterir. Dominant mutasyonların saptanması hemen M₁ generasyonunda kendisini gösterirken, resesif mutasyonlar ise M₁ generasyonunda dominant gen tarafından baskılandığı için ancak bir sonraki generasyon olan M₂ generasyonunda saptanması mümkündür. M₂ aşamasında ortaya çıkan bu mutant bitkiler teyit edilmesi için ise M₃ aşamasında tekrardan yetiştirilerek doğrulanmalıdır. Zira her mutant kalıtsal olmayabilir. Yani ilerleyen generasyonlarda da belirli karakterlerce seçilen bu mutant bitkiler bu özelliklerini bakımından kalıtsal olup olmadığı teyit edilmelidir (Çağırğan 2014).

Mutant bitkiler seçtikleri özellikler bakımından kullanım olarak ikiye ayrılmaktadırlar. Bazı mutant özellikler bulunmuştur ki bu özellikler herhangi başka bir iyileştirme gereksinimi göstermez. Bu tür mutant karakterdeki bitkiler direk olarak marketle buluşturulabilir ve kullanılır potansiyeldedir. Fakat bazı mutant özellikte bitkilerin ise bu özellikleri bakımından bazı iyileştirme gereksinimleri vardır. Diğer bir ifade ile bulunan bu mutant bitkiler tekrardan ilerleyen ıslah populasyonlarında melezleme gibi ıslah yöntemlerine tabi tutularak bitki ıslahçıları tarafından iyileştirme ve modifiye etmek amaçlı kullanılır. Yani bulunan bu mutant bitkiler dolaylı olarak kullanılmış olur. Sonuç olarak belirli amaç doğrultusunda seçilen mutant bitkiler, kullanım açısı bakımından direk ve dolaylı kullanım olarak ikiye ayrılmaktadır (Anonymous 1977, Çağırğan ve Yıldırım 1988).

2.5.2.1. Mutant bitkilerin doğrudan kullanımı

Günümüzde yeni bulunan mutantlardan ürün geliştirme çalışmaları içinde önemli sorunlara ve engellere çözüm olacağı ve kullanılabilir nitelikte varyasyonları oluşturacağı hesaplanmaktadır. Yarı bodurluk, erken olgunlaşma, hastalık dayanımları gibi birçok özellik tüketime direk olarak bu mutant karakterler sayesinde tanıtılmaktadır. Özellikle vejetatif olarak neslini devam ettiren bitkilerde direk mutant karakterlerin kullanımı yoğunlaşmıştır. Kullanılan bitki materyallerine (sürgün uçları, meristematik dokular v.b.) uygulanan mutagenler daha sonra bitki morfolojisinde kimerik yapılara neden olmaktadır. Bu kimerik yapılara sahip olan bitkiler ileriki aşamalarda mutant özellik gösterebilme kabiliyetine sahiptir. Bu karakter eğer istenilen bir özelliği taşımaktaysa ve tarımsal olarak performans testlerinden başarılı bir şekilde geçmiş ise hemen mutant çeşit olarak tarıma kazandırılabilir. Tohumla üreyen bitkilerde ise birçok direk mutant

kullanım örneklerine de rastlamak mümkündür. Özellikle diploid tahıllarda (arpa, çeltik v.b.) bu örnekler sıkça görülmektedir. Fakat bitki ıslahçıları tarafından uygulanan yeni eğilim ise bu mutant hatların kendi ıslah programlarına tekrardan konulması doğrultusundadır (Anonymous 1977, Shu vd 2012).

2.5.2.2. Mutant bitkilerin dolaylı olarak kullanımı

Yeni çeşit adayları bazı ulusal ve uluslararası standartlara cevap verebilir nitelikte olmalıdır. Bu niteliklerden en önemlileri iyi bir kalite ve buna bağlı olarak iyi bir verime sahip olmalarıdır. Bazı bulunan mutant hatlar bu isteklere cevap veremeyebilirler. İşte bu durumda bu mutant hatlar direkt olarak yeni bir çeşit olarak kullanılmazlar fakat ıslah programlarında potansiyel gen kaynakları olarak değerlendirilebilirler. Bazı mutant hatlar mutasyona uğratılma şiddetinden dolayı istenilen mutant karakterler baskılanabilmekte ya da çevre şartlarından dolayı ifade olamamaktadırlar. İşte bu noktada bu mutant hatlar melezlemelerde potansiyel olarak kullanılabilir. Mutantların melezlenmesindeki en büyük avantaj ise mutant karakterlerin normal hatlarla kombinesini oluşturarak bu mutant özelliklerinin adapte olma yeteneğinin artırılmasıdır (Gottschalk ve Wolff 1983).

Mutant karakterlerin dolaylı olarak kullanımı günümüzde direk kullanıma göre daha tercih edilen bir yol olarak uygulama alanına sahiptir. Örneğin bu yol ile 'Golden Promise' adındaki bir arpa çeşidi geliştirilerek İskoç viski yapımına yeni bir standart getirmiştir. Mutant karakterdeki bitkilerin ıslah programlarında kullanılmasıyla ekonomik öneme sahip yarı bodur çeltik ve arpa çeşitleri geliştirilmiştir. Bunun yanında herbisitlere yüksek toleranslı birçok ürün geliştirilmiştir. Son zamanlarda ise bu yöntem yağ kompozisyonlarının değiştirilmesi, düşük fitat içeriği gibi özel amaçlar doğrultusunda da uygulanmaktadır (Anonymous 1977, Shu vd 2012).

2.6. Kaynak Taramaları

Sotirova ve Daskalov (1983) mutagen muamelesinden sonra ilerleyen generasyonlarda biberde çok önemli verim kayıplarına ve zarara yol açan bir hastalık olan *Phytophthora capsici*'ye dayanıklılığın bulunmasını amaçlamıştır. Buna göre bu hastalığa dayanıklılık genlerinin farklı yabancı türlerde olduğunu bildirmiştir. Fakat transferinde yaşanan zorluk ve bu hastalık geninin aktarılma aşamasındaki geçen sürenin uzun olmasından dolayı mutagen muamelesi yapılmıştır. Buna göre kuru kopya biber tohumlarına 6000, 8000, 10000 ve 12000 rad'lık gama ışını uygulaması yapılmıştır. M₂ generasyonunda *Phytophthora capsici* inokulantları 3-4 yapraklı halde olan bitkilere enfekte edilmiştir. Bitkiler 0 (hastalık yok) – 5 (hastalık şiddeti en fazla) skalası kullanılarak hastalık şiddetine göre seleksiyon yapılmıştır. En fazla dayanıklılık gözlemlenen bitkiler 8000 ve 10000 rad'lık ışınla muamele edilen tohumların generasyonlarında gözlemlenmiştir.

Restaino (1983) *Verticillium dahliae* Kleb. hastalığına dayanımın artırılması için bitki hacmini küçülterek bodur bitki tipleri geliştirmeyi amaçlamıştır. Bu sayede toprak ile teması azaltarak topraktan enfeksiyon geçimi azaltılmak istenmektedir. Bu çalışmada materyal olarak tatlı biber çeşidi olan 'Friariello' (*Capsicum annuum* L.) çeşidi kullanılmıştır. Bu çeşidin tohumları EMS ile muamele edilmiştir. Buna göre EMS çözeltisinde dormant tohumlar 13 saat boyunca 20°C'de % 0, % 3, % 6, % 9, % 12 ve % 15 oranlarda muamele edilmiştir. Sonucunda ise % 6 ve % 9'lük oranındaki EMS

dozların etkili olduğu gözlemlenmiştir. Bulunan mutant bitkilerde ise internod ve gövde boylarında kısalmalar olduğu görülmüştür.

Falusi vd (2013) hızlı nötron ışınlamalarının Afrika kırıkk biberinde etkisini gözleme amacıyla Am-Be kaynağından $1,5 \times 10^4$ n cm⁻² s⁻¹ ışık şiddeti ile tohumları ışınlamıştır. Tohumların ışınlanma süresi 0, 30, 60, 90, 120 dakikadır. Işınlanan bu tohumlar ilgili kontrolleri ile ekilerek M₁ ve M₂ generasyonlarında gözlemlenmiştir. Buna göre ise 60 dakika boyunca ışınlanan grup verim parametrelerine etkisi bakımından en uygun zaman olarak görülmüştür. Verim komponentleri bakımından örneğin meyve sayısı meyve boyu, meyve hacmi ve genişliğinde bu dozda önemli farklılıklar gözlemlenmiştir.

Omar vd (2008) acı biber tohumlarına gama ışınları uygulayarak LD₅₀ oranının tespitini yapmıştır. Buna göre tohumlara 300, 400, 500, 600 ve 800 Gy dozunda gama ışınları uygulamıştır. Daha sonra ışınlanmış tohumlardan yetişen fidelerin bitki boyu, çıkış yüzdesi, kök uzunluğu, kök ve sürgünlerin kuru ağırlıkları gözlemlenmiştir. Bu gözleme göre ise artan gamma ışın şiddetine paralel olarak gözlemlenen özelliklerde azalma görülmüştür. 800 Gy doz ise en fazla zarar veren doz olarak tespit edilmiş ve bu dozda fide gelişiminin ve büyümesinin en az olduğu görülmüştür. LD₅₀ doz ise çok yüksek gözükken 445 Gy olarak tahmin edilmiştir.

Devi ve Mullainathan (2011) farklı dozlarda uygulanan gama ışınlarının ve EMS uygulamalarının sonuçlarını karşılaştırarak rapor etmiştir. Buna göre biber tohumları 10, 20, 30, 40 ve 50 kR dozlarındaki gama ışınları ile 10, 20, 30, 40 ve 50 mM EMS dozları uygulanmıştır. M₂ generasyonunda kullanışlı mutant bitkiler ile birlikte klorofil mutasyonları gözlemlenmiştir. M₂ generasyonunda gama ışınları ile ışınlanmış generasyonda EMS uygulanmış generasyona göre daha fazla klorofil mutasyonu gözlemlenmiştir. 30mM EMS uygulaması ise en fazla arzu edilen karakterdeki mutant bitki frekansına sahip olan doz olduğu görülmüştür. Mutant karakterdeki bitki özellikleri ise uzun ve koyu kırmızı meyve kabuğu, şişkin yapıda olmayan meyveler, çiçek mutasyonları, iki veya üç çiçeğe sahip sapçık, boğum arası kısa bodur bitki ve genik erkek kısırılık olarak belirtilmiştir. Sonuç olarak ise bu çalışmada mutasyon ıslahı önemli ölçüde istenilen karakterdeki genotipleri geliştirmekte ve arttırdığı kanısına varılmıştır.

Tepe vd (2003) biber tohumlarına ⁶⁰Co kaynaklı gama ışınları ile 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350 ve 400 Gy dozlarında ışınlama yapmıştır. Bu ışınlamalar sonunda ışınlanmış olan biber tohumları 60. gününde ve her doz için ekilen 60 tohumda farklı ışın dozlarının sürgün ve çimlenme gelişimi üzerindeki etkileri incelenmiştir. 'Etkili Mutasyon Dozu' (ED₅₀) ise lineer regrasyon analizi ile hesaplanmıştır. Buna göre biber üzerinde etkili dozun 166 Gy olduğu belirtilmiştir.

Jabeen ve Mirza (2002) yılında yapmış olduğu bir çalışmada EMS uygulamasının 'Longhi' biber çeşidinde genetik çeşitliliği üzerinde etkilerini incelemiştir. EMS konsantrasyonlarının artmasına paralel olarak tohum çimlenmesinde önemli derecede azalma gözlemlenmiştir. M₁ generasyonunda ilgili kontrol grubuyla ekilen tohumlar yaprak alanı, yaprak sayısı, dal sayısı, bitki boyu, çiçeklenme zamanı, meyveye yatma zamanı, bitki başına düşen meyve sayısı ve klorofil içeriği özellikleri bakımından incelenmiştir. İncelenen bu karakterler bakımınca genetik çeşitliliğin arttığı görülmüştür.

Bununla birlikte % 0.5 konsantrasyonlu 6 saat EMS muamelesine maruz bırakılan tohumların M₁ generasyonu en fazla toksik ve ters etki ile sonuçlanırken, % 0.01 konsantrasyonlu 3 saat muamele edilen tohumların M₁ generasyonunda ise en fazla çimlenme oranı (% 40) olduğunu bildirmişlerdir.

Genlerin ve genlerin fonksiyonları tanımlamadaki direkt yolun mutasyon ıslahına dayalı ileri genetik yaklaşımları olduğunu söyleyen Matsuka vd. (2007) kobalt kaynağı ile uygulanan minyatür bodur tipte olan safhat domates tohumlarına 300 Gy dozunda ışın uygulamış ve M₂'de toplamda 6.347 tane bitki yetiştirmiştir. Mutant adayları olarak morfolojik karakterleri ve brix içerikleri dikkate alınarak toplamda 237 mutant aday seçmiştir. M₃ ve M₄ generasyonlarında ise 24 hat morfolojik olarak, 11 hat ise brix içeriği olarak teyit edilmiştir. Açılma generasyonlarında iki hat hariç çoğu mutantın resesif olduğu gözlemlenmiştir. Klorofil mutantı çimlenmekte olan M₂ generasyonunda % 0.37 ve gerçek frekansı ise % 0.5 olarak belirlenmiştir. Seçilen mutant bitkiler geniş çaplı mutasyon çeşitliliği göstermiştir. Ayrıca solgun yapraklara sahip mutant bitki, pembe meyve ve kısa köklere sahip mutant bitkilerde tanımlanmıştır.

Nunoo vd (2014) likopen miktarı bakımından zengin olan ve yabani bir tür olan *Solanum pimpinellifolium* L. bitkisini materyal olarak kullanmıştır. Bu çalışmada tekrarlamalı olarak bu türün tohumları ışınlanmıştır. İlk 300 Gy'lik ışınlamadan sonra elde edilen M₂ generasyonu tekrardan 150 Gy ve 300 Gy'lik dozlarda ışınlanmıştır ve her doz için 2000 bitki yetiştirilmiştir. Kontrol grubundaki bitkilerin ilk çiçeklenme aşamasındaki boyları, tohumu ışınlanmış bitkilere göre daha uzun olduğu gözlemlenmiştir. Kontrol grubundaki bitki boyu 47 cm iken ışınlanan generasyondaki 150 Gy ve 300 Gy lik dozlarda ise sırasıyla 37 cm ve 36 cm olduğu görülmüştür. Işınlanmış materyallerde meyveler kontrol grubuyla karşılaştırıldığında ise daha büyük olduğu görülmüştür. En büyük meyve 300 Gy'lik ışınlanan materyallerde gözlemlenmiştir. Bunlara ilaveten bitki hacmi, bitki şekli ve rengi, bitki yapısı, % 50 çiçeklenme zamanı gibi özellikler bakımından çeşitlilik gözlemlenmiş ve bunların ileriki ıslah çalışmaları için kullanılabileceği söylenmiştir.

Honda vd (2006) ağır iyon bombardımanının kültürü yapılan tatlı biberde (*Capsicum annuum* L.) mutagenesis etkisi üzerine çalışmıştır. Doz ve kullanılan dozun mutagene uğratma etkisi çalışmaları göstermektedir ki ¹²C veya ²⁰Ne iyon kaynaklarından elde edilen 10 Gy dozundaki bombardımanın en uygun doz olduğu belirtilmiştir. ²⁰Ne ışınlamasından elde edilen M₁ generasyonunda iki tane mutant bitki elde edilmiştir. Bunlardan ikisi de bodur karakterde olup bir tanesinde ise perikarpı sarı renkte olduğu gözlemlenmiştir. M₂ generasyonu ve ilerleyen generasyonlarda da bu mutant karakterler bakımından herhangi bir açılma gözlemlenmemiştir. Mutant karakterdeki bitkiler daha sonra melezleme programına alınarak F₁ generasyonunda mutant bitkiler resiprokları da dâhil olmak üzere yabani tür ile melezlendiğinde, F₁ generasyonu yabani türün fenotipinde olurken, F₂ generasyonunda 1:3 açılması gözlemlenmiştir. BC₁F₁ generasyonunda ise 1:1 oranı görülmüştür. Bu melezlemelerde göstermiştir ki bulunan bu mutant karakterler çekirdek kalıtımı ve resesif olarak kalıtıldığı ifade edilmiştir.

Daudu vd (2012) hızlı nötron ışınlamalarının Afrika uzun biberinin verim ve morfolojisi üzerine yürüttükleri bir çalışmada biber tohumlarına 0, 30, 60, 90 ve 120 dakika boyunca Americium-Beryllium kaynağından 1.5×10^4 n cm⁻² s⁻¹ şiddeti ile ışınlanmışlardır. Farklı uzunluktaki zaman dilimlerinde ışınlanan tohumlar ilgili kontrol

gruplarıyla birlikte ekilerek çıkış yüzdesi, oluma gelme süresi, bitki boyu, her bitki için meyve sayıları, her meyve için tohum sayısı, meyve uzunluğu, ağırlığı ve hacmi M₁ generasyonunda gözlenmiştir. Bütün uygulanmış olan zaman dilimlerindeki gruplarda yaprak anormallikleri gözlemlenmiştir. Bu anormallikler ise kontrol gruplarına göre kıyaslandığında yaprak kenarları ters dönmüş veya üst üste gelmiş şekilde, uçları çatallaşmış yaprak şekilleri oluşmuştur. Ayrıca yukarıda bahsedilen özellikler bakımından da varyasyon göze çarpmaktadır. Temelde bütün etkiler üretkenliği negatif yönde etkileme yönünde olmuştur. Diğer taraftan 120 dakika ışınlama verim komponentlerine etkisi bakımından en etkili ve kullanılabilir ışınlama süresi olarak belirtilmiştir.

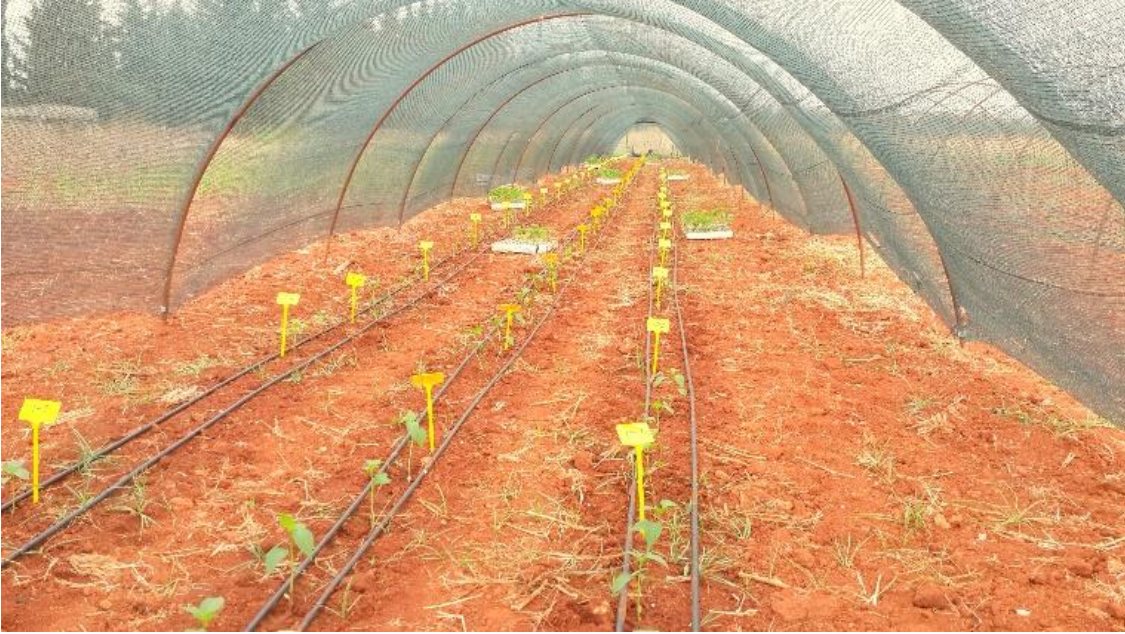
Jaben ve Mirza (2004) farklı dozlardaki EMS muamelesinin 'Longhi' biber çeşidine morfolojik etkileri incelenmiştir. Buna göre biber tohumları % 0.01, % 0.1 ve % 0.5 konsantrasyonunda 3 ile 6 saatlik muamele süreleri toplamda altı kombinasyon olacak şekilde uygulanmıştır. Oluşan generasyon iki generasyon boyunca kendilemeye bırakılarak farklı morfolojik karakterler gözlemlenmiştir. Uzun boyluluk, bodurluk, sterilite, erken ve geç olgunlaşma bakımından kontrole karşılaştırıldığında farklılar ortaya çıkmıştır. Diğer yandan yaprak dizilimi, şekli, alanı ve dallanma düzeni ile çiçek simetrisi bakımından da kontrole göre farklılıklar ortaya çıkmıştır. Sonuç olarak % 0.5 konsantrasyonda 3 saatlik uygulanan EMS muamelesinin morfolojik mutantları arttıracığı belirtilmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma yerleri

Bu tez çalışması 2013-2014 yılları arasında yürütülmüştür. F_1M_1 populasyonu büyüklüğünden dolayı Tera Tarım tarafından sağlanan Antalya'nın Serik lokasyonunda açık tarla koşullarında yetiştirilmiştir. Mutant bitkilerinin açılım generasyonunun olduğu F_2M_2 bitkileri ise yine Serik lokasyonunda bir çiftçi serasında tamamlanmıştır. Açılma generasyonu olan F_2M_2 generasyonundan seçilen mutant bitkilerin daha iyi bir şekilde gözlemlenmesi ve döl kontrolü için F_3M_3 aileleri ise Akdeniz Üniversitesi kampüs yerleşkesinde bulunan Antalya Mutasyon Projesi arazisinde kurulan alçak tünellerde yetiştirilerek tamamlanmıştır. Bu süreç boyunca hasat edilen biber tohumları ise Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümünün soğuk hava deposunda uygun koşullarda muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.1. F_3M_3 dikiminin yapıldığı Antalya Mutasyon Araştırma Projesi arazisinden bir görünüm

3.1.2. Araştırmada kullanılan genetik materyal

Araştırmada iki farklı F_1 genetik tabana sahip ve yaygın olarak tarımı yapılan Mert (Yüksel Tohum, Antalya) ve Ergenekon (Bircan Tohum, Antalya) biber (*Capsicum annuum* L.) çeşitleri kullanılmıştır. Kullanılan bu biber çeşitlerinden Mert biber çeşidi daha çok korumalı şartlar altında sera koşullarında yetiştiriciliği yapılırken Ergenekon biber çeşidi ise açık tarla ve sera koşullarında yetiştirilebilmektedir. Mert biber çeşidi meyve tipi bakımından sivri özelliğe sahip iken Ergenekon biber çeşidi ise dolmalık biber özelliğine sahiptir. Bu iki çeşitte indeterminat büyüme özelliği göstermekte ve dikildiği sezon boyunca meyve hasadı yapılabilmektedir.

3.2. Metot

3.2.1. Materyalin yetiştirilmesi

Kullanılan biber çeşitleri, merkezi Viyana’da bulunan Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) bitki ıslahı laboratuvarlarında ⁶⁰Co kaynaklı gama ışını ile 100 Gy ve 200 Gy dozlarında ışınlanmıştır. Her doz için 1000’er tohum ihtiva eden iki paket kullanılmış ve bu işlem her iki çeşit için uygulanmıştır. Işınlanan tohumlar 3 Mart 2013 tarihinde viyollere ekilmiş ve kontrollü sera şartlarında fide olarak yetiştirilmiştir.

Diğer taraftan Ergenekon biber çeşidinde ışınlamadan sonra çimlenme görülmemiştir. Bu durum ilk başta uygulanan çeşidin uygulanan doza karşı duyarlı olduğu varsayımında bulunulmasına karşın ışınlanmamış kontrol grubuna göre de kıyaslandığında kontrol grubunda da herhangi bir çimlenmenin gözlemlenmemesi tohumun çimlenme fizyolojisi probleminden kaynaklı olduğunu ortaya konmuştur. Bu sorun nedeni ile Ergenekon çeşidi değerlendirme dışı bırakılmıştır.

Yetiştirilmiş olan F₁M₁ Mert biber fideleri 25 Nisan 2013 tarihinde tarlaya sıra üzeri 40 cm ve sıra arası 120 cm olacak şekilde dikilmiştir. Daha sonra tüm bitkilerin meyveleri tohumluk olumu olarak yeşil renkten kırmızı renge dönüşüncüye kadar beklenmiş ve kırmızı haldeki meyveler 20-21 Temmuz 2013 tarihlerinde her bitkiden 3’er meyve olacak şekilde hasat edilmiştir. Hasat edilen bu meyveler kurutulup tohumlar her bitki farklı olacak şekilde toplam 1299 adet F₁M₁ dölü yani F₂M₂ aileleri oluşturulmuştur. Oluşturulan bu dölleri paketlenerek Akdeniz Üniversitesi Tarla Bitkileri Bölümü soğuk hava deposunda uygun koşullarda saklanmıştır.

Daha sonra oluşturulan bu F₂M₂ tohumluğu 6-13 Ocak 2014 tarihlerinde her aileden 12 tohum olacak şekilde viyollere ekilmiş ve kontrollü sera şartlarında büyümeye bırakılmıştır. Dikim zamanına gelen F₂M₂ fideleri bir önceki generasyonda olduğu gibi 40 cm sıra üzeri ve 120 cm sıra arası olacak şekilde 28 Mart 2014 tarihinde Serik ilçesinde bulunan bir çiftçi serasına dikilmiştir. Bu aşamada mutant ve istenilen özelliklerdeki bitkilerin seleksiyonu yapılarak toplamda 106 aile seçilmiştir. Seçilen bu bitkilerin tohumluk hasadı ise 5-6 Haziran 2014 tarihlerinde tamamlanmıştır. Hasat edilen F₂M₂ bitkilerinin tohumları (F₃M₃ tohumluğu) her aile farklı olacak şekilde tek bitki tohumları çıkarılmış ve Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü soğuk hava deposunda uygun koşullarda saklanmıştır.

Seçilen potansiyel mutant bitkiler F₃M₃ generasyonunda döl kontrolüne alınmıştır. Bu generasyon çalışmasında teyit edilen morfo-fizyolojik mutantların spektrumu ve frekansı bulgular bölümünde Çizelge 4.1’de gösterilmiştir. Bu generasyon Akdeniz Üniversitesi kampüs lokasyonunda bulunan Antalya Mutasyon Araştırma Projesi arazisinde yürütülmüştür. F₃M₃ tohumluğu 27-28 Haziran 2014 tarihlerinde her aileden 12 tohum olacak şekilde viyollere ekilmiş ve fide aşamasına gelen bitkiler 1-2 Ağustos 2014 tarihinde 60 cm sıra üzeri ve 90 cm sıra arası olacak şekilde tarlaya şaşırtılmıştır.

Bütün süreç boyunca fidelik koşulları aynıdır ve uygulanan kültürel işlemler benzerdir. Kullanılan torf, vermikülit perlit karışımları 3:1:1 oranındadır. Biber tohumları için en uygun olan 216 (12x18) bölmeli viyoller kullanılmıştır. Ekim yapılan viyoller

öncelikle çimlendirme odasında % 70-80 nem ve 24⁰C ile 27⁰C arasında sıcaklığa sahip odada 4 gün süre ile bekletilmektedir. Daha sonra fideliğe çıkarılarak dikim zamanına kadar burada bekletilmiştir. Kontrollü sera şartlarında sıcaklık değerleri kış aylarında 15⁰C ile 25⁰C, yaz aylarında ise 25⁰C ile 35⁰C arasındadır.

Akdeniz Üniversitesi Tarla Bitkileri Bölümü soğuk hava deposu ise elde edilen tohumların muhafaza edildiği yerdir. Burada ise sıcaklık 3⁰C ile 5⁰C arasındadır.

3.2.2. Gözlenen tarımsal özellikler

Yetiştirilmiş olan F₁M₁ generasyonundaki her bitkiden tohumluk alınarak F₂M₂ generasyonu oluşturulmuştur. Bu aşamada ise mutant seleksiyonu yapılarak toplamda 106 aday mutant hat F₃M₃ generasyonunda tekrardan yetiştirilmiştir. F₃M₃ generasyonunda ise seçilip yetiştirilen ailelerde bazı tarımsal özellikler gözlemlenmiştir. Bu özellikler meyve sayısı, meyve tipi, meyve uzunluğu ve meyve rengidir.

3.2.2.1. Morfolojik olarak tarımsal özelliklerin belirlenmesi

Meyve sayısı, her ailedeki her bitkide sayılarak belirlenmiştir. Ancak, meyve sayısı haricinde ölçülen diğer tarımsal özellikler aşağıda tanımlanan skalalarla kategorize edilmiştir.

Meyve tipine göre kategorize edilen bitkiler numaralarıyla birlikte Çizelge 3.1’de gösterildiği gibi sivri, çarliston, üçburun, dolmalık ve deforme olmuş takoz meyvelere sahip bitkiler olarak sınıflandırılmıştır.

Çizelge 3.1. Meyve tipine göre değerlendirme skalası

Derece	Kategori
1	Sivri biber
2	Çarliston biber
3	Üç burun biber
4	Dolmalık biber
5	Deforme olmuş takoz meyveler

Gözlemlenen bir diğer özellik ise meyve uzunluğudur. Meyve uzunluğu, meyvenin uç kısmından kaliks kısmına kadar olan uzunluğudur. Bu özellik ise tekrar her ailenin her bitkisinde bakılarak kategorize edilmiştir. Çizelge 3.2’de meyve uzunlukları uzunluk (cm) olarak 5 gruba ayrılarak gözlemlenmiştir.

Çizelge 3.2. Meyve uzunluğuna göre değerlendirme skalası

Derece	Kategori	Değişim Aralığı
1	Kısa	0-15 cm
2	Kısa-Orta Arası	15-20 cm
3	Orta	20-25 cm
4	Orta-Uzun Arası	25-30 cm
5	Uzun	30 cm ve üstü

Meyve rengi bakımından ise açık sarı renge sahip meyvelerden koyu yeşil ve mor renge kadar açılım gösteren meyveler bu özellik bakımından Çizelge 3.3'te gösterildiği gibi 1-5 skalasına göre gözlemlenmiştir.

Çizelge 3.3. Meyve rengine göre değerlendirme skalası

Derece	Kategori
1	Açık sarı ve turuncu
2	Açık yeşil
3	Yeşil
4	Koyu yeşil
5	Açık mor ve mor

3.2.3. İstatistiksel Değerlendirmeler

Yapılan çalışmada alınan gözlem sonuçları Minitab paket programı versiyon 16 kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiştir (Minitab Inc. 2011).

Bu ölçümlerin değerlendirilmesinde ortalama, ortalamanın standart hatası, değişim aralığı, varyasyon katsayısı gibi temel istatistikler hesaplanmış ve kontrol ile mutant populasyonların ortalamaları t testi ile karşılaştırılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Teyit Edilen Morfo-fizyolojik Mutantların Spektrumu ve Frekansı

Bu araştırmada başlangıç olarak her iki doz (100 Gy ve 200 Gy) için 1000'er tohum ışınlanmıştır. Işınlamadan sonra 100 Gy'lik populasyondan 756 tane tohumda çıkış gözlemlenmiştir. 200 Gy'lik ışınlamadan sonra ise 543 tane tohum çimlenmiştir. Bu bitkiler ilerleyen generasyonlarda gözlemlenerek Çizelge 4.1'deki mutant bitkiler bulunmuştur. F₂M₂ generasyonunda düşük frekansta klorofil mutasyonları gözlemlenmiş ancak üstünde durulmamıştır.

Daha sonra F₂M₂ generasyonunda toplam da 1299 tane aile yetiştirilmiştir. Bu generasyonda yetiştirilen 1299 adet aileden 106 tane potansiyel mutant adayı bitki seçilerek F₃M₃ generasyonu oluşturulmuştur. F₃M₃ generasyonunda 106 tane bitkiden her birinden 5'er adet olacak şekilde dikilerek F₃M₃ populasyonu oluşturulmuştur. Bu bağlamda Çizelge 4.1'de görüldüğü gibi toplamda 5 mutant aile kontrol gruplarıyla karşılaştırılarak teyit edilmiştir ayrıca mutasyona uğratma bakımından 100 Gy ışınlanan dozun 200 Gy ışınlanan doza göre daha etkili olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.1. Mert biber çeşidinden F₂M₂'de seçilen ve F₃M₃'te teyit edilen mutantların fenotipik kategorisi, morfolojik tanımlaması ve sayıları

Fenotipik Kategori	Morfolojik Tanımlaması	100 Gy	200 Gy
1 Meyve tipi	Üç burun meyve tipi	1	0
2 Büyüme şekli	Determinat büyüme	1	0
3 Yaprak morfolojisi ve çiçeklenme durumu	Mızrağımsı yaprak şekli ve her boğumda üç çiçek görülmesi	1	0
4 Dallanma durumu	Boğum araları çok kısa ve aşırı dallanma	1	0
5 Üreme	Kısır bitki	1	0

Mutant ailelerden bir tanesi meyve tipi bakımından sivri tipi açılım gösteren kontrole göre farklılık göstermiştir. Ailenin meyveleri ise üç burun meyve tipindedir. Bu aile M₂ generasyonunda 8:2 açılım gösteren bir sıradan tek bitki dölü olarak seçilmiştir. Bu resesif özellik M₃ generasyonunda bu bakımdan yetiştirilerek bu meyve tipine sahip mutant aile teyit edilmiştir.



Şekil 4.1. Normal açılan popülasyondaki biber tipleri (solda) ve mutant üçburun biber tipi (sağda)

F₂ generasyonunda kontrol grubundaki açılmanın tamamı indeterminat büyüme göstermektedir. Büyüme tipi bakımından incelendiğinde Şekil 4.2'de görüldüğü gibi determinat tipdeki mutant bitki M₂ generasyonunda tek bitki dölü olarak seçilip M₃ generasyonunda bu aile kontrol bitkileri ile kıyaslanarak teyit edilmiştir.



Şekil 4.2. Determinat büyüme şekli gösteren mutant bitki

Dallanma bakımından incelendiği zaman farklılık görülen mutant aile sayısı ise 1 olarak gözlemlenmiştir. Bu mutant ailenin fenotipik olarak kısa boylu ve boğum aralarının çok kısa olduğu görülmektedir ve bununla birlikte dallanma sayısının çok fazla olduğu gözlemlenen başka bir mutant karakterdir (Bkz. şekil 4.3).



Şekil 4.3. Boğum araları kısa ve çok dallanan mutant bitki

F_2M_2 generasyonunda bazı ailelerin meyve bağlamayan kısır olduğu gözlemlenmiştir. Bu bitkilerin çiçekleri de incelendiği zaman anterlerinin içinde polen bulunmadığı gözlemlenmiştir. Bu özellik bakımından seçilen bir ailede kısır mutant karakterinin incelenmesi ve bir sonraki generasyonda teyidinin yapılabilmesi için F_2M_2 generasyonunda kısırlık özelliği bakımından açılan bu ailenin fertil diğer fertleri de tek bitki hasadı yapılarak F_3M_3 generasyonunda yetiştirilmiş ve heterozigot yapıdaki olması beklenen bazı bitkilerin ise bu özellik bakımından tekrardan F_3M_3 generasyonunda açılması beklenmiştir. F_3M_3 generasyonunda ise bir bitkinin tohumları kısırlık bakımından açılmıştır. Kontrol grubunun açılımına da bakıldığı zaman hiçbir kısır bitkiye rastlanmamıştır. Bu mutant özellikte kontrol grubuna göre kıyaslanarak teyit edilmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Kısır mutant bitki örneği

Bir başka mutant aile ise hem yaprak şekli bakımından hem de bir boğumda çiçek verme sayısı bakımından kontrolden oldukça farklı olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 4.6’da görüldüğü gibi yaprak şekli bakımından mızrağımsı bir yaprak şekline sahip olan bu mutant bitki aynı zamanda her boğumdan 3 çiçek vermiştir. Fakat bu çiçeklerin çoğu meyve bağlamamış olduğu ve bitkinin güç bakımından zayıf olduğu görülmüştür (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Boğumda üç çiçek veren mutant bitkinin farklı açıdan görüntüleri



Şekil 4.6. Yaprak ve çiçek durumuna göre farklılık gösteren mutant bitki

4.2. Yapılan Gözlemlerin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

4.2.1. Teyit edilen mutantların meyve sayısına ait bulgular

Çizelge 4.2 ve Şekil 4.7’de görüldüğü gibi Akdeniz Üniversitesi kampüs lokasyonunda yetiştirilen kontrol, 100 Gy ve 200 Gy populasyonları arasında yapılan basit istatistik tanımlarına göre meyve sayısı bakımından farklılıklar çıkmıştır. Kontrol ve 100 Gy populasyonları arasında istatistiki olarak önemli ($p < 0.05$) farklılık çıkarken, kontrol ve 200 Gy populasyonları arasında istatistiki olarak çok önemli ($p < 0.01$) farklılık çıkmıştır. Meyve sayısı bakımından en yüksek ortalama 10.74 ile 200 Gy populasyonunda bulunmuştur. En az meyve sayısı ortalaması ise 7.52 olarak kontrol populasyonunda bulunmuştur. Meyve sayısı bakımından en yüksek değişim aralığının olduğu populasyon 100 Gy populasyonu olarak göze çarpmıştır. Varyasyon katsayısı bakımından ise kontrol populasyonu % 47.07 ile en yüksek değere sahiptir. En düşük varyasyon katsayısına sahip populasyon 200 Gy populasyonu olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.2. Kontrol, 100 Gy ve 200 Gy populasyonlarının meyve sayısı bakımından basit istatistik tanımları

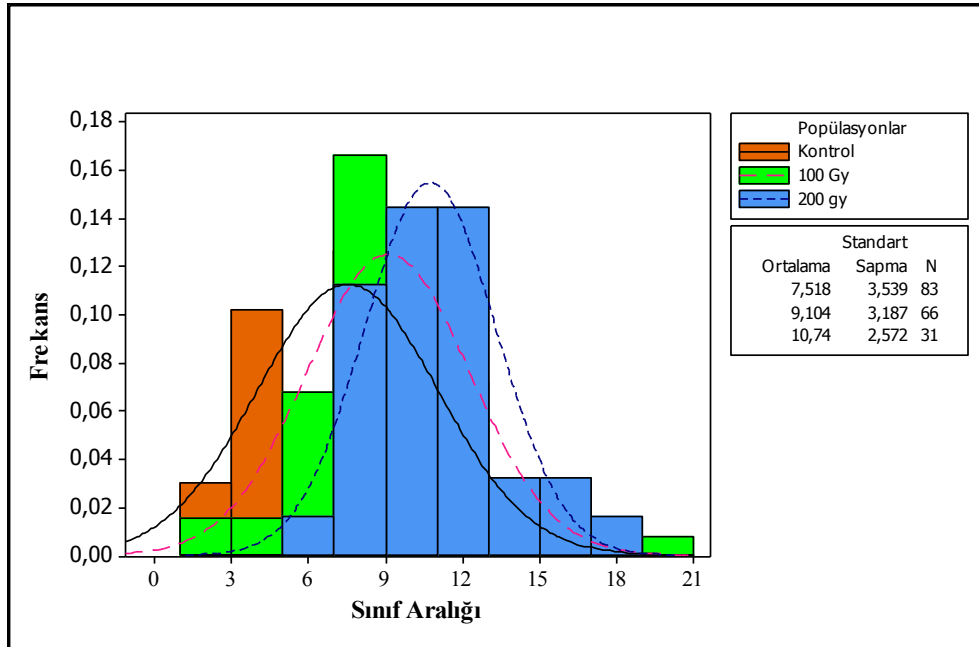
Populasyon	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	Değişim Aralığı	C.V. (%)	t-test (1)
Kontrol	7.52 ± 0.39	2 – 16	47.07	
100 Gy	9.10 ± 0.39	2.25 – 19	35.01	*
200 Gy	10.74 ± 0.46	6.4 – 17	23.95	**

1) Kontrolden farkın önemliliği;

*: $p < 0.05$ düzeyinde önemli

** : $p < 0.01$ düzeyinde önemli

ö.d. : $p < 0.05$ düzeyinde önemli değil



Şekil 4.7. Kontrol, 100 Gy ve 200 Gy populasyonların meyve sayısı bakımından dağılımları

4.2.2. Teyit edilen mutantların meyve uzunluğuna ait bulgular

Çizelge 4.3 ve Şekil 4.8’de görüldüğü gibi Akdeniz Üniversitesi kampüs lokasyonunda yetiştirilen kontrol, 100 Gy ve 200 Gy populasyonları arasında meyve uzunluğu bakımından istatistiki olarak farklılıklar çıkmıştır. Kontrol ve 100 Gy populasyonları arasında istatistiki olarak önemli ($p < 0.05$) farklılık çıkarken, kontrol ve 200 Gy populasyonları arasında istatistiki olarak farklılık çıkmamıştır. Meyve uzunluğunun belirlenmesi için metot kısmında Çizelge 3.2’de tanıtılan skala kullanılmıştır. Populasyon ortalamalarına göre populasyonlar arasında çok büyük farklılıklar bulunmamıştır. En yüksek meyve uzunluğu ortalaması 3.02 ile 200 Gy populasyonunda bulunurken, en düşük meyve uzunluğu ortalaması 2.83 ile 100 Gy populasyonunda bulunmuştur. Bulunan değişim aralığı sonuçlarına göre meyve uzunluğu bakımından en yüksek farklılıklar 100 Gy populasyonunda bulunmuştur. Bu değişim aralığı sonuçlarına paralel olarak en yüksek varyasyon katsayısı da % 14.73 ile 100 Gy’de bulunmuştur.

Çizelge 4.3. Kontrol, 100 Gy ve 200 Gy populasyonlarının meyve uzunluğu bakımından basit istatistik tanımları

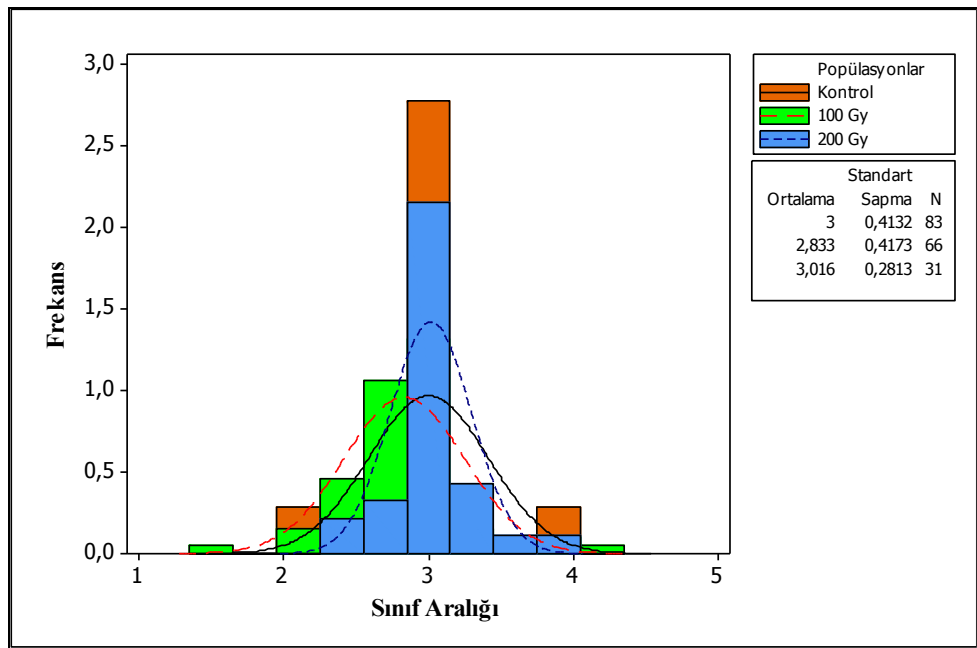
Populasyon	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	Değişim Aralığı	C.V. (%)	t-test
Kontrol	3.00 ± 0.05	2 – 4	13.77	
100 Gy	2.83 ± 0.05	1.5 – 4.2	14.73	*
200 Gy	3.02 ± 0.05	2.4 – 3.8	9.33	ö.d.

1) Kontrolden farkın önemliliği

*: $p < 0.05$ düzeyinde önemli

** : $p < 0.01$ düzeyinde önemli

ö.d. : $p < 0.05$ düzeyinde önemli değil



Şekil 4.8. Kontrol, 100 Gy ve 200 Gy populasyonların meyve uzunluğu bakımından dağılımları

4.2.3. Teyit edilen mutantların meyve rengine ait bulgular

Çizelge 4.4 ve Şekil 4.9'da görüldüğü gibi kontrol, 100 Gy ve 200 Gy populasyonları arasında meyve rengi bakımından istatistiki olarak önemli ($p < 0.05$) farklılık bulunmamıştır. Meyve renginin belirlenmesi için metot kısmında tanıtilan skala kullanılmıştır (Bkz. Çizelge 3.3). Meyve rengi bakımından 200 Gy populasyonun 3.23 ile en yüksek ortalamaya sahip olduğu bulunmuştur. Meyve rengi bakımından en düşük ortalama 3.08 ile kontrol populasyonuna aittir. Populasyonlar içerisinde renk bakımından farklılıklar olsa da kullanılan skaladan kaynaklı olarak populasyon ortalamalarına bu oran net olarak yansımamaktadır. Varyasyon katsayısı bakımından birbirine yakın değerler olmasına karşın % 16.93 ile 100 Gy populasyonu öne çıkmaktadır.

Çizelge 4.4. Kontrol, 100 Gy ve 200 Gy populasyonlarının meyve rengi bakımından basit istatistik tanımları

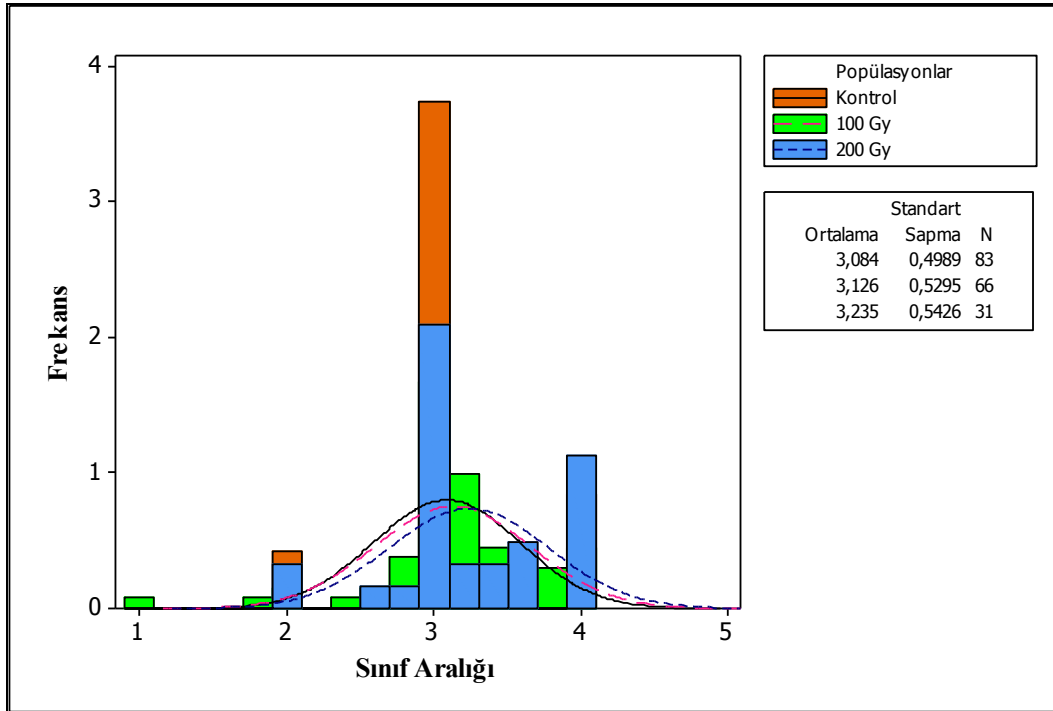
Populasyon	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	Değişim Aralığı	C.V. (%)	t-test
Kontrol	3.08 ± 0.05	2 – 4	16.18	
100 Gy	3.12 ± 0.07	1 – 4	16.93	ö.d.
200 Gy	3.23 ± 0.09	2 – 4	16.77	ö.d.

1) Kontrolden farkın önemliliği

*: $p < 0.05$ düzeyinde önemli

** : $p < 0.01$ düzeyinde önemli

ö.d. : $p < 0.05$ düzeyinde önemli değil



Şekil 4.9. Kontrol, 100 Gy ve 200 Gy populasyonlarının meyve rengi bakımından dağılımları

5. TARTIŞMA

Bitki ıslahı ile ilgili akademik ve uygulamalı eğitimlerde ıslahta başarı için ‘saf hat’ ve ‘melez’ çeşit geliştirmede ‘varyasyon tabanını’ genişletmekten sıkça söz edilir; ancak Avrupa ve Amerika’nın popüler saf hat çeşitlerine bakıldığında bunların birbirinden belirgin düzeyde farkı olmayan, birbirine yakın dış görünüme sahip çeşitler oldukları görülür. Gerçekten de, geniş alanda başarılı olan yetiştirme değerine ve kaliteye uzun zamanda ulaşmış elit genetik tabana, nasıl etki edeceği bilinmeyen egzotik, çoğunlukla yabancı ‘türlerle’ genişletmek, bilinçli ebeveyn geliştirme (parent building) uygulamaları dışında riskli bir yaklaşımdır (Çağırğan 2014).

Melez (F₁) çeşit ıslahı, keza, ‘saf hat geliştir’ ve ‘aralarında yüksek heterozis gösteren iki tanesini çeşit yap’ diye özetlenmekle birlikte, kendine döllenmiş sebzelerin (özellikle biber) F₁ melez çeşitlerinin pratik anlamda heterozis göstermedikleri açıkça ortadadır. F₁ hibrit teknolojisi, çeşit sahibine sağladığı doğal koruma yanında ıslah programının dinamikleri içinde ikiden çok hastalığa dayanıklılık ve belirli ideal tipleri ‘kombine’ etme fırsatı tanımaktadır ki, bu başarıya kombinasyon ıslahı ile ulaşmak pratik olarak mümkün görünmemektedir. Burada başarı karakter tezahürüne nasıl etki ettiği bilinen gen havuzu ve bu gen havuzu ile interaksiyonu bilinen ‘genetik background’ un bir arada manipülasyonundadır.

Bu durum, yerli özel firmaların Devlet teşviğiyle yabancı F₁ melez çeşitlerini açarak hayli başarılı olmalarıyla da gösterilebilir. Hal böyle iken, kamu kuruluşlarında ise hep ‘genetik tabanı genişletmek’ üzere bir cinsin farklı türleri arasında melezleme yapılması cihetine gidilmektedir ki çoğu zaman işe yaramayan bir varyabilite ile sonuçlanmaktadır. Bizim bu tez çalışması kapsamında, dar tabanlı fakat hastalıklara dayanıklılık, kalite, adaptasyon verim kapasitesi gibi yüksek değere sahip F₁ melez çeşitlerinde, yapay mutasyonlarla ıslahçının ve bir anlamda evölüsyonun seleksiyonundan geçmemiş varyabilite yaratıp elde edilecek hatları sabitleştirip böylesine dar fakat kullanışlı bir varyabiliteyi kullanmaya teşebbüs etmemiz, bunu daha sonra ebeveyn geliştirmede transgresif açılmaların, çeşit geliştirmede ise heterotik etkilerin kaynağı olarak öngörmemiz tez çalışmasının orijinal ar-ge niteliğini ve teknolojik yönünü oluşturmaktadır.

Geçen 25 yıllık süre içerisinde Türkiye’nin yurt içi tohumluk ticareti her yıl artış göstermiştir. Tahminler bu artış trendinin önümüzdeki yıllarda da devam edeceği yönündedir. Hükümet politikalarına bağlı olarak, tohumluk pazarımızda önümüzdeki yıllarda özellikle yem bitkileri ve serin iklim tahıllarında artışlar görülecektir. Türkiye tohumluk pazarını oluşturan en önemli ürün bileşenleri tahıllar, endüstri ve yem bitkileri ile sebzelerdir. Son yıllarda domates, biber, salatalık, kavun, karpuz olarak sebze tohumluğu ihracatı da hızla artmaya başlamıştır. Bu bağlamda bahsedilen dünya piyasasında Türkiye’nin yeri rakamlarla ortadadır. Türkiye kendi içinde tohumluk üretimi karşılaştırıldığı zaman Sebze 2011 yılında kamunun payı 3 ton ile sınırlı kalırken özel sektör 2,211 bin ton ile neredeyse tamamına yakını elinde tutmaktadır. Özel sektörün kompozisyonuna bakıldığında çoğunun çok uluslu yabancı firmalar olduğu görülür. Sürdürülebilir kalkınma ve gelişme için Türk firmalarının desteklenmesi yerli milli tohumculuğumuza katkı sağlayacağı ve dışa bağımlığımızı azaltarak izlenebilir ekonomik katkısı ve yaygın etkisi olacağı ortadadır.

Çalışmaya detaylı olarak bakılacak olursa; bu çalışmada iki farklı genetik tabana sahip Mert ve Ergenekon biber çeşitleriyle başlanmıştır. Bu çeşitlerin F1 tohumlarına uygulanan mutagenenden sonra morfolojik olarak farklılıklar kontrole göre kıyaslanarak istenilen tipteki özellikler seçilmiştir. Uygulanan gama ışın kaynağı ⁶⁰Co ve ışınlama dozu ise 100 Gy ve 200 Gy'dir. Seçilen karakterler F₃M₃ generasyonuna kadar gözlemlenerek bulgularda gösterilen tüm mutant özellikler doğrulanmıştır. Fakat Ergenekon biber çeşidiyle devam edilmemesinin nedeni ise ışınlanmış tohumların çimlenmemesidir. Ergenekon biber çeşidinin ışınlanmamış kontrol tohumlarının da çimlenme problemi göstermesi, fide yetiştiriciliğinde özel uygulamalar gerektirdiği düşünülmüştür.

Günümüzde heterozisin yükseltilmesi ve belirli bir üst sınırdaki seyretmesi için yeni genetik kaynaklara ihtiyaç duyulduğu açıkça ortadadır. Bunun yanında verimin daha fazla artırılması yolunda önem taşıyan özelliklerin kullanılması doğrudan ya da dolaylı olarak verime katkı sağlaması düşünülmelidir. Önceki yapılan çalışmalarda da görüldüğü gibi tarla bitkileri alanında yapılan çalışmalar fazla olmasına karşın sebze ve özellikle biber bitkisinde mutasyon ıslahı ile alınan sonuçlar bir hayli azdır. Bu durumun bir kanıtı olarak IAEA'nın veri tabanına da bakıldığında zaman biber bitkisinde tescil edilmiş çeşit sayısı 17 olarak az bir rakam göze çarpmaktadır (Anonymous 2014).

Kharkwal vd (2004) 1985 yıllarında bulunan mutant karakterlerin doğrudan kullanıldığını fakat bu zamandan sonra bulunan mutant karakterlerin daha çok ıslah çalışmalarında kullanılarak belirli işlemler sonrası çeşit olarak tescil edildiğini belirtmiştir. İşte bu noktada bulgularda da bulmuş olduğumuz bu mutant özelliklerin ileriki aşamada belirli ölçüde verim artışında kullanılabileceği öngörülmektedir.

Diğer taraftan yapılan çoğu çalışma doz responsu ve M₁ aşamasından ileri gitmemekle birlikte yararlı dozun ve etkili dozun etkileri tahmin edilmiştir. Buna göre Omar vd (2008) 455 Gy'lik dozun en az çimlenmeye neden olduğunu söylemiştir. Diğer taraftan Tepe vd (2003) 166 Gy dozun biber üzerinde etkili mutasyon dozu olduğunu belirtilerek diğer generasyonlara geçilmediği görülmektedir. Birinci çalışma uygulanmayacak yüksek bir doz olarak göze çarpmaktadır.

Bu çalışmada uygulanmayan ve daha önce uygulanmış hızlı nötron ışınlamasıyla ilgili çalışmada ise Daudu vd (2012) farklı zaman dilimleri boyunca nötron ışınına maruz bırakılan biber tohumlarına en etkili zamanın 120 dakika olacağını rapor etmiştir. Buna ilaveten Jabeen ve Mirza (2004) tohumlara EMS uygulayarak 0.5 konsantrasyonlu EMS'nin 3 saat boyunca uygulanması en etkili muamele konsantrasyonu ve zamanı olacağını belirtmiştir. İşte bu çalışmalara da bakılınca ileriki generasyonlarda bu etkili dozların ne tür mutant karakterler çıkaracağı gözlemlenmemiştir.

Likopen miktarı bakımından zengin olan ve yabani bir tür olan *Solanum pimpinellifolium* L. bitkisinde Nunoo vd (2014) artan Gy dozlarında bitki boylarında kısalma gözlemlenmiştir. Diğer taraftan % 50 çiçeklenme, bitki hacmi, yapısı ve şekli bakımından varyasyonlar gözlemlenmiş ve bunların ileriki ıslah çalışmalarında kullanılabileceği söylenmiştir. Bitki boyu bakımından bizim yapmış olduğumuz tez çalışmada da özellikle M₂F₂ generasyonunda 200 Gy'lik populasyonda boy kısalığı

gözlemlenmiş olup bu bakımdan benzerlik gözlemlenmiştir. Fakat bu çalışmada bulunmuş olan mutant karakterlerle özellik bakımından benzememektedir.

M₃F₃ generasyonuna tamamına bakıldığı zaman populasyonların % 50 çiçeklenme zamanı 30 Ağustos 2014 olarak gözlenirken, determinat tipteki mutant bitkilerin çiçeklenme zamanı 19 Ağustos 2014 gibi normal zamandan çok önce gözlemlenmiştir. Genel populasyon normal zaman içerisinde yeşil meyvelere sahip iken determinat karakterdeki mutant bitkilerin kırmızı meyveleri olduğu gözlemlenmektedir. İşte bu noktada bu mutant kaynağı erkencilik bakımından önemli bir gen kaynağı olarak kullanılabilir.

Başka mutant bitki ise her boğumdan üç adet çiçek veren bitkidir. Bulgularda morfolojik olarak anlatılan her boğumdan 3 adet çiçek veren bitki ise verim bakımından biber bitkisine direkt olarak etki etmesi öngörülmektedir (Bkz. Şekil 4.5). Normal şartlar altında çeşit genotiplerine bağlı olarak biber bir veya birden çok, çoğunlukla da bir ya da iki çiçek vermektedir. Bu üç adet çiçek veren mutant bitki ise klasik ıslah metodları ile iyi bir şekilde modifiye edilir ve özellikle bitki vigoru arttırılırsa verime etki etmesi bakımından önemli bir potansiyele sahip olması beklenebilir.

Devi ve Mullainathan (2011) mutagen uygulamaları sonucunda 15-20 cm uzunlukta boğum araları kısa bitkiler bulmuşlardır. Bu tez çalışmasında da bodur ve çok dallılık özelliği gösteren mutant bitkilere benzerlik göstermektedir. Bodur bitki boyu 30-40 cm uzunluğunda gözlemlenmiştir. Ayrıca her gövde boyunca oluşan her boğumdan onlarca dal oluşumu bu mutant karakterin bir diğer özelliğidir (Şekil 4.3). İleriki melez kombinasyonlarında bu özelliğin kullanılması ise her zaman üzerinde çalışılmış bir ıslah kriteri olan boğum aralarını kısaltıp bitkinin fazla dal sayısı ile birlikte verime yönelmesi amacına ulaşılabilecektir.

Meyve şekli bakımından Şekil 4.1’de görüldüğü gibi üç burun meyve tipine sahip mutant ise daha önce hiçbir çalışmada rapor edilmemiştir. Bu özellik bakımından farklı meyve tipinde farklı tüketici istekleri doğrultusunda çeşitler geliştirmek mümkün olabilir.

Son olarak ise, Devi ve Mullainathan (2011) çok dallanan tipin yanında kısır mutant bitkileri bulduklarını da bildirmişlerdir. Bu bağlamda bu iki özellik bakımından benzerlik görülmektedir. Diğer yandan kısır bitkilerin kullanımı ıslah çalışmalarında çok önemlidir. Özellikle biber gibi kendine döllen bitkilerde emaskülasyon ve melezleme işlemlerinden dolayı büyük bir iş gücüne gereksinim duyulduğu bilinmektedir. İşte bu konuda kısır bitkilerin populasyon geliştirmede çok sayıda melez yapmak için emaskülasyon zorluğunu ortadan kaldırması ve buna bağlı olarak ameliyeyi büyük ölçüde azaltması kendine dölenen bitki ıslahında işlemleri hızlandırmakta ve avantaj sağlamaktadır (Çağırğan ve Ullrich 1991).

Sonuç olarak, bu tartışmalar ışığında bulunan mutant karakterlerin ileriki generasyonlarda diğer elit hatlarla melezlenerek kombinasyon uyumuna bakılması ve bu melezlerden sonra ortaya çıkabilecek heterotik etki ve transgresif açılmaların kullanılması yoluna gidilecektir. Bu duruma paralel olarak uygulamada mutasyon ıslahı yöntemi ile bulunan mutant karakterlerin normal geleneksel ıslah aşamalarına entegre

edilerek hem mutasyon ıslahı yönteminin nasıl efektif olarak uygulanabileceği hem de mutant karakterlerin nasıl kullanılacağı ile ilgili yaklaşımlar üretmek ile sonuçlanacaktır.

6. SONUÇ

Tarım, bitkisel ve hayvansal ürünler üretmek ve üretilen ürünleri değerlendirmektir. Bitki yetiştirilmesinin temel ortamı topraktır ve üzerinde üretim yapılan alanlar 'tarla' ve 'bahçe' olarak tanımlanır. Tarla ve bahçe kavramları değişik yönlerden bakıldığında benzerlik ve farklılıklar gösterirler. Tarla daha çok geniş, bahçe ise daha çok dar alanları ifade eder. Susuz tarla düşünülebilirse de susuz bahçe olmaz. Tarlayı ve bahçeyi üzerinde yetiştirilen bitkiler daha iyi belirleyebilir. Meyveler, sebzeler, bağlar, süs bitkileri bahçe bitkileridir. Bununla birlikte, bazı sebzeler kavun ve karpuz geniş tarla alanlarında da yetiştirilebilir. Bu durumda tarla sebzeçiliği kavramı ortaya çıkar. Kuru dane olarak tüketilmek üzere üretilen fasulye, börülce gibi tarla bitkileri yeşil olarak tüketildiklerinde sebze olarak, yani bahçe bitkisi olarak nitelenebilir. Görüldüğü gibi, 'tarla' ve 'bahçe' kavramının kesin sınırlarını çizmek, tarla bitkileri ile bahçe bitkilerini tam olarak gruplandırabilmek her zaman kolay değildir. Burada önemli olan bitkilerin uygun yetiştirme sistemlerinde etkin yetiştirme teknikleriyle karlı ve sürdürülebilir bir biçimde üretilmesidir (Tuğay 1981, Çağırğan 2006). Bitki ıslahı açısından bu durum daha iç içedir. Kültür bitkilerinin ıslahında uygulanacak prosedürleri döllenme şekli belirler. Yani bu anlamda bitkilerin ne tür bir tarım sisteminde yetiştirildikleri değil, üreme sistemleri belirleyici olmalıdır (Çağırğan 2014). Bu bağlamda teknik olarak seçilen mutasyon ıslahı materyal olarak seçilen kendine döllen bir bitki olan biber bitkisinde uygulanarak ürün geliştirme adına arzu edilebilir mutant karakterler bulunması ile sonuçlanmıştır. Bulunan bu mutant karakterler aşağıdaki sonuç ve önerilerle desteklenmektedir.

Morfo-fizyolojik özellikler bakımından oluşan varyasyon ve bulunan mutant özelliklere sahip bitkiler 100 Gy ve 200 Gy populasyon için karşılaştırıldığında, bütün mutant bitkiler 100 Gy populasyonunda olduğu görülmüştür. Sonuç olarak bu çalışmada 100 Gy ışınlanan populasyonun biber bitkisinde mutasyon bulunabilmesi açısından daha elverişli olduğu belirlenmiştir.

Verim komponentleri bilindiği gibi pek çok özellikten etkilenmektedir. Bunların başında meyve tutan çiçek sayısı önemli bir öneme sahiptir. Kültürü yapılan çoğu tek yıllık sebze türlerinde çiçek sayısı belirli bir sayıda sınırlı kalmıştır ya da fazlalığı söz konusu olduğu zaman, bu çiçekler çeşitli nedenlerle meyve bağlamayıp düşmektedir. Bu çalışmada bulunan ve her boğumdan birden fazla genetik olarak çiçek veren bitki ise iyi bir gübrelemeyle ve vigor olarak iyileştirildiği zaman ıslah populasyonlarında kullanılacak yeni bir gen kaynağı olacaktır. Özellikle ebeveyn iyileştirmede kullanılabilmesi hayli mümkün olan bu özellik ileriki melezlemelerde transgresif açılmaları da beraberinde getirebilir.

Biber tipleri tüketici isteklerine göre çeşitlilik göstermektedir. Bunların arasında sivri, çarliston, dolma, kapyra gibi tipleri içerisinde barındırmaktadır. Bu tiplerin içerisinde birde son yıllarda tüketimi artan ve talep artışı devam eden üç burun tipteki meyve tipidir. Normal konvansiyonel ıslah metotlarıyla elde edilebilen bu biber tipi bu çalışmada mutasyon uygulamaları ile de bulunabileceği gösterilmiştir.

Bu verim komponentine etki edecek diğer bir özellik ise çok dallanma gösteren mutant bitkilerdir. Normal olarak biber bitkisi ana daldan çoğunlukla iki ya da üç dalla başlayarak boğum sonları sistematik olarak ikişer dalla devam etmektedir. Bu ise tahmin

edilebilir bir dal sayısı ve buna paralel olarak çiçek ve meyve sayısını gösterir. Fakat bu mutant bitki morfolojik olarak biber bitkisinin dallanma şekline benzemeyip ana daldaki bir boğumdan sert olmasa da çok sayıda dal oluşturduğu gözlemlenmiştir. Bu özellik ıslah populasyonlarında kullanılarak iyi bir verim komponenti olarak sonuçlandırılabilir.

Erkencilik özellikle sebze piyasası için önemli bir kavramdır. Birçok sebze için önemli olan bu özellik biber içinde markete erken ürün sürebilme açısından hayli önem teşkil etmektedir. Islah kriterlerinin başında bu özelliğin daha da erkene alınması yıllardan beri amaçlanmaktadır. Materyal olarak hali hazırda güzel bir pazara sahip olan biber çeşidinin 100 Gy'lik açılma generasyonunda determinat tipte bitki seçilerek F₃M₃ generasyonunda teyit edilmiştir. Bu generasyonda alınan gözlemlere göre determinat tipteki ailenin geneline bakıldığı zaman normal kontrol, 100 Gy ve 200 Gy'lik açılma generasyonuna göre çok erken meyve bağladığı görülmektedir. İşte bu bakımdan ileride elit hatlara aktarılacak olan bu özellik tarıma kazandırıldığı takdirde erkencilik bakımından diğer hatlardan daha iyi olması ile sonuçlanabilecektir.

Sonuç itibari ile bu tez çalışmanın amacına paralel ıslahçıların seleksiyon süzgecinden geçmemiş bu mutant özelliklerin sahip olduğu genlerin kombine edilmesi ile yeni saf hatlar ve çeşitlerin geliştirilmesinde kullanılması beklenmektedir.

7. KAYNAKLAR

- ANONİM. 2008. Bahçecilik ‘ Biber Yetiştiriciliği’ . Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları, Ankara
- ANONİM. 2012. TSÜAB Uluslararası Tohumculuk Çalıştayı Ürün Çalışma Grup Raporları; Antalya, 2012.
- ANONİM. 2013. TÜİK Türkiye Toplam Biber Üretim Miktarı.
<http://tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul> Son Erişim Tarihi (14.12.2014)
- ANONYMOUS. 1977. Manual on Mutation Breeding, Second Edition. Vienna: International Atomic Energy Agency. Technical Reports Series No: 119.
- ANONYMOUS. 2009. Post Harvest Profile Of Chilli. Government of Indiana Ministry of Agriculture (Department of Agriculture and Cooperation), MRIN-2
- ANONYMOUS. 2012a. FAOSTAT World (List) pepper production available at:
<http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E> Son Erişim Tarihi (13.12.2014).
- ANONYMOUS. 2012b. FAOSTAT World (List) pepper yield available at:
<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>
Son Erişim Tarihi (14.12.2014)
- AYBAK, H.Ç. 2002. Biber Yetiştiriciliği. Hasad Yayıncılık. 160 s.
- BORES, R.J. and BOTTINOT, P.J. 1974. Design and dosimetry of a strontium-90-yttrium-90 beta irradiation facility. Health Phys., 26: 99-101.
- ÇAĞIRGAN, M.İ. ve YILDIRIM, M. B. 1988. İki biralık arpa çeşidinde seçilen makro mutasyonlar ve bunlardan bitki ıslahında yararlanma olanakları. IX. Biyoloji Kongresi, 21-23 Eylül 1988, Türkiye Biyologlar Derneği Vol.I, p. 315-326, Sivas
- CAGIRGAN, M.I. and S.E. ULLRICH. 1991. Male sterile facilitated recurrent selection- a review. ESNA XXIIInd Annual Meeting, 16-20 September, 1991, Antalya, Turkey, 53p.
- ÇAĞIRGAN. M.İ. 2006. Tarla Tarımı Notları. Akdeniz Üniversitesi Tarla Bitkileri Bölümü. Bölüm1 (Yayınlanmamış), Antalya
- CAGIRGAN, M.I. 2011. Participatory and sustainable intensification of cropping systems for food security. (Invited Lecture) The 3rd Int. Conf. on Science and Technology for Sustainable Development of the Greater Mekong Sub-region, 24-25 March 2011, Souphanouvong Univ., Luang Prabang, Lao PDR p. Xxiii
- ÇAĞIRGAN, M.İ. 2014. Mutasyon Islahı Ders Notları. Yayınlanmamış, Antalya.
- DEMİR, İ. ve TURGUT, İ. 1999. Genel Bitki Islahı Ders Kitabı. Ege Üniversitesi Ziraat

Fakültesi Yayınları No:496. İzmir.

- DEVI, A.S. and MULLAIATHAN, L. 2011. Physical and chemical mutagenesis for improvement of Chilli (*Capsicum annuum* L.). *World Applied Sciences Journal*, 15 (1): 108-113.
- DAUDU. O. A. Y., FALUSI, O. A., DANGANA, M. C., THOMAS, T., BELLO, I: M and MUHAMMAD L. M. 2012. Mutagenic effects of fast neutron irradiation on selected morphological characters and yield of the african long pepper (*Capsicum annuum* var. *accuminatum*). *IJABR*, 4 (1-2): 19-24.
- FALUSI O. A., DAUDU, O. A. Y., THOMAS, T., MOHAMMED, D. C and MUHAMMAD, L.M. 2013. Further observations on the effects of fast neutron irradiation on morphological and yield traits of M₁ and M₂ generation of African wrinkled pepper (*Capsicum annuum* var. *abbreviatum* Fingerh). *Advances in Bioscience and Bioengineering*, 1 (1): 25-34.
- GOTTSCHALK, W. and WOLFF, G. 1983. Induced Mutations in Plant Breeding. Springer, pp. 32-40, Berlin.
- HAYMAN, M., and KAM, P. C. 2008. Capsaicin: a review of its pharmacology and clinical applications. *Current Anaesthesia and Critical Care*, 19(5): 338-343.
- HONDA, I., KIKUCHI, K., MATSUO, S., FUKUDA, M., SAITO, H., RYUTO, H., FUKUNISHI, N. and ABE, T. 2006. Heavy-ion-induced mutants in sweet pepper isolated by M₁ plant selection. *Euphytica*, 152 (1): 61-66.
- IAEA. 2014. Mutant Variety Database. <http://mvgs.iaea.org/Search.aspx> Son Erişim Tarihi (24.12.2014)
- JABEEN, N. and MIRZA, B. 2002. Ethyl methane sulfonate enhances genetic variability in *Capsicum annuum*. *Asian Journal of Plant Sciences*, 1(4): 425-428.
- JABEEN, N., and MIRZA, B. 2004. Ethyl methane sulfonate induces morphological mutations in *Capsicum annuum* L.. *International Journal of Agriculture and Biology*. 6(2): 340-345.
- KHARKWAL, M. C., PANDEY, R. N., PAWAR, S. E. 2004. Mutation breeding for crop improvement. Narosa Publishing House, pp 601-64, New Delhi.
- KODYM, A. and AFZA, R. 2003. Physical and chemical mutagenesis In: Erich Grotewold (ed.) *Plant Functional Genomics*. Humana Press, pp. 185-205, New Jersey.
- LUO, X. J., PENG, J., and LI, Y. J. 2011. Recent advances in the study on capsaicinoids and capsinoids. *European Journal of Pharmacology*, 650(1): 1-7.
- MATSUKURA, C., YAMAGUCHI, I., INAMURA, M., BAN, Y., KOBAYASHI, Y., YIN, Y. G., SAITO, T., KUWATA, C., IMANISHI, S. and NISHIMURA, S. 2007. Generation of gamma irradiation-induced mutant lines of the miniature tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cultivar 'Micro- Tom'. *Plant biotechnology*, 24(1): 39-44.

- MINITAB Inc., 2011. MINITAB Statistical Software. Release 16 for Windows. USA
- MULLER, H. J., 1927. Artificial transmutation of the gene. *Science* 66: 84-87.
- NUNOO, J., QUARTEY, E. K., AMOATEY, H. M. and KLU, G. Y. P. 2014. Effect of recurrent irradiation on the improvement of a variant line of wild tomato (*Solanum pimpinellifolium*). *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 7(4): 377-383.
- OMAR, S. R., AHMED, O. H., SAAMIN, S. and MAJID, N. M. A. 2008. Gamma radiosensitivity study on chili (*Capsicum annuum*). *American Journal of Applied Sciences*, 5(2): 67-70.
- PICKERSGILL, B. 1991. Cytogenetic and Evolution of Capsicum L. Elsevier, pp. 139-141, New York.
- PICKERSGILL, B. 1997. Genetic resources and breeding of *Capsicum* spp. *Euphytica*, 96:129-133.
- RESTANIO, F. 1983. Dwarf pepper types (*Capsicum Annuum* L.) obtained by chemical mutagenesis. *Capsicum Newsletter*, pp. 54-56, Turin.
- SHARMA, S. K., VIJ, A. S. and SHARMA, M. 2013. Mechanisms and clinical uses of capsaicin. *European Journal of Pharmacology*, 720(1-3): 55-62.
- SHU, Q. Y., FORSTER, B. P., NAKAGAWA, H., ve NAKAGAWA, H. 2012. Plant mutation breeding and biotechnology. CABI, UK, 578 p.
- SOTIROVA, V. and DASKALOV, S. 1983. Use of induced mutation in developing pepper forms resistant to *Phytophthora capsici* Leonian. *Capsicum Newsletter* (2). pp: 48-50, Turin.
- STADLER L.J. 1928. Genetic effects of x-rays in maize. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 14(1): 69-75.
- TEPE, A., FIRAT, A. F., TANER, K. Y., KUNTE, B., PEŞKİRCİOĞLU ve EKİZ, H. 2003. Sera Demre 8 Biber Çeşidinde Mutasyon Islahına Yönelik Olarak Etkili Mutasyon Dozunun Belirlenmesi. Türkiye IV Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 08-12 Eylül, Antalya.
- TUĞAY, M.E. 1982. Tarla Tarımı Ders Notları. E.Ü. Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Bornova, İzmir.
- WHITING, S., DERBYSHIRE, E. and TIWARI, B. K. 2012. Capsaicinoids and capsinoids. A potential role for weight management? A systematic review of the evidence. *Appetite*, 59(2): 341-348.

ÖZGEÇMİŞ



1989 yılında Antalya'nın Finike ilçesinde doğdu. İlkokul, ortaokul ve lise öğretimini Finike'de tamamladı. 2007 yılında Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi kazandı. 2012 yılının Ağustos ayında Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Alt Programından mezun oldu ve yine aynı yılın Eylül ayında Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne kayıt yaptırarak Yüksek lisans programına başladı. 2014 yılının Temmuz ayında Şırnak Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümüne ÖYP kapsamında araştırma görevlisi olarak atandı. Halen görevine devam etmektedir.