

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**İKİ FARKLI KISIR SUSAM MUTANTININ MORFO-FİZYOLOJİK VE
GENETİK KARAKTERİZASYONU**

H. Nihal DEMİR

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TEMMUZ 2018
ANTALYA**

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**İKİ FARKLI KISIR SUSAM MUTANTININ MORFO-FİZYOLOJİK VE
GENETİK KARAKTERİZASYONU**

H. Nihal DEMİR

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TEMMUZ 2018
ANTALYA**

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İKİ FARKLI KISIR SUSAM MUTANTININ MORFO-FİZYOLOJİK VE
GENETİK KARAKTERİZASYONU**

H. Nihal DEMİR

TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez/...../2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. M. İlhan ÇAĞIRGAN (Danışman)

Prof. Dr. Nedim MUTLU

Prof. Dr. Aydın ÜNAY

ÖZET

İKİ FARKLI KISIR SUSAM MUTANTININ MORFO-FİZYOLOJİK VE GENETİK KARAKTERİZASYONU

H. Nihal DEMİR

Yüksek Lisans Tezi, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. M. İlhan ÇAĞIRGAN

Temmuz 2018, 21 sayfa

Susam (*Sesamum indicum* L.) yağ bitkisi olarak sınıflanmakla birlikte ürünlerinin sağlığa olumlu katkılarının gösterilmesine paralel olarak önemi artan bir bitkidir. Kısırlık bitki ıslahında, tohum üretim çalışmalarında ve üreme biyolojisine ilişkin temel ve uygulamalı araştırmalarda değişik şekillerde kullanılabilir. Kısır bitkilerin tohum üretmemeleri değişik mekanizmalar tarafından idare edilmektedir. Bunlardan iki temel mekanizma “Uyuşmazlık” ve üreme organlarının fonksiyonel olmamasından kaynaklanan “Kısırlık” mekanizmalarıdır. Kısırlık, dişi organın fonksiyonel olmamasından kaynaklanan “dişi organ kısırlığı”, erkek organın fonksiyonel olmamasından kaynaklanan “erkek organ kısırlığı” ve her ikisinden kaynaklanan “erkek-dişi organ kısırlığı” şeklinde ortaya çıkmaktadır. Ve her üç durumda kendine döllen bir bitkide tohum oluşmamaktadır. Dişi organ kısırlığı, temel araştırmalar dışında fazla uygulama alanı bulmaz iken erkek organ kısırlığı yaygın olarak incelenmiş ve uygulamada değişik şekillerde yer bulmuştur. Genetik ve sitoplazmik olmak üzere iki temel tipte idare edildiği bilinmektedir. 2013-2014 yıllarında yürütülen bu tez çalışmasında, Akdeniz Üniversitesi Antalya Mutasyon Projesi Susam Alt programı kapsamında daha önceden iki ayrı gamma ışınları uygulamasıyla elde edilmiş olan St-6 ve St-20 kodlu iki kısır mutantın; kısırlık durumunu karakterize etmek (er-kısır, dişi kısır, her iki organ kısırlığı), bu kısırlık kaynaklarının kalıtımını khi-kare testiyle belirlemek ve kısır bitkilerin morfo-fizyolojik özelliklerini fertil sibleri ile karşılaştırılmalı olarak ortaya koymak amaçlanmıştır; (i) her iki mutantın hem dişi ve hem de erkek organ kısırlığını birlikte taşıdığı; (ii) resesif bir gen çifti ile kalıtıldığı; (iii) tozlanma olgunluğundaki kısır bitkilerin çiçeklerinde dişi organın özellikle stıgmasının normal görünüşlü olduğu ancak erkek organların ince, yassı ve yeşilimsi, uçları açılmamış görünüşüyle normal dolgunluktaki sarımsı renkli ve uçları açılmış fertil erkek organlardan kolayca ayrıldığı ve bu özelliğin kısır bitkilerin ayrılmasında başarıyla kullanıldığı; kısır bitkilerin tohum tutmamaları nedeniyle heterozigot genotiplerin kendilenmesiyle kısırlık kaynağının sürdürülebildiği ve aynı sıradaki fertil siblerine göre daha fazla vejetatif aksam geliştirdikleri (dallanma ve bitki boyu artışı) ortaya konmuş olup bu iki genotipin temel üreme araştırmalarında araç olarak kullanılabilecekleri sonucuna varılmıştır.

ANAHTAR KELİMELEER: İnfertilite, kalıtım, kısırlık, mutasyon, *Sesamum indicum* L.

JÜRİ: Prof. Dr. M. İlhan ÇAĞIRGAN

Prof. Dr. Nedim MUTLU

Prof. Dr. Aydın ÜNAY

ABSTRACT

MORPHO-PHYSIOLOGIC AND GENETIC CHARACTERIZATION OF TWO DIFFERENT INFERTILE MUTANTS OF SESAME

H. Nihal DEMİR

M.Sc. Thesis in Field Crops

Supervisor: Prof. Dr. M. İlhan ÇAĞIRGAN

July 2018, 21 pages

Sesame (*Sesamum indicum* L.) is considered as an oil crops however it has a gradually increasing demand due to having proven its health benefits in different ways. Infertility can be used in plant breeding, seed production and in basic and applied research regarding reproduction biology in various ways. Infertility causing no seed set is governed by different mechanisms. The two basic mechanisms are "Incompatibility" and "Infertility" mechanisms that arise from the inability of the reproductive organs to function to set seed. Infertility occurs as "female organ infertility", caused by the non-functionality of female organs, "male infertility" caused by non-functional male organs, and also "male-female organ infertility" originating from the both. And in all three cases no seed is formed in a plant of a normally self-fertilizing. While female fertility has not found much application area other than basic investigations, male fertility has been extensively studied and it has been used in various forms in practice. It is known that there are two basic types of male sterility genetically, arising from nuclear and cytoplasmic factors. The aims of this thesis study performed during 2013-2014 were (i) to characterize the sterility type (male, female or both) of two different sesame mutants, St-6 and St-20, which were obtained in two separate mutagenesis program by applying gamma-rays within the scope of Antalya Mutation Project of Antalya-Sesame sub-program; to determine the heritability of these sources of infertility by Chi-square test, and to compare their morpho-physiologic characteristics with fertile siblings and also to insight on their usage possibilities in practice and basic research. The study based on regular crossing experiments with different genotypes, revealed that the sterility type in the both of the mutants studied (i) arose from both female and male organ sterility; (ii) the sterility is governed by a single recessive gene pair; (iii) the sterile flowers are easily distinguished with greenish indehiscent flat and tiny anthers as morphologic markers, but normal looking- and healthy stigma at the time of anthesis. The sterile plants are also distinguished by their more branching and taller plant height than their fertile sibs in the same progeny. Since there is no possibility to obtain seed set by artificial crossing, the sterility factor is inherited and continued by selfing the heterozygous (St/st) genotypes. It was further concluded that these sterility sources obtained by induced mutagenesis should be useful for basic studies regarding reproduction anomalies.

KEYWORDS: Infertility, inheritance, mutation, *Sesamum indicum* L. , sterility

COMMITTEE: Prof. Dr. Musa İlhan ÇAĞIRGAN

Prof. Dr. Nedim MUTLU

Prof. Dr. Aydın ÜNAY

ÖNSÖZ

Susam (*Sesamum indicum* L) bazı gelişmelere rağmen henüz makine ile hasadı yapılamadığı için modern dünyada üretimi son derecede kısıtlanmış, ancak el emeğinin ucuz olduğu özellikle Afrika ve Asya ülkelerinde ekim alanları giderek artan bir bitki durumuna gelmiştir. Bunun nedeni geleneksel olarak bilinen susamın sağlığa faydalarının bilimsel olarak ortaya konması ve refah içindeki ülkelerin değişik sağlıklı ürünlere yönelmesi ve bunun yarattığı talebin yükselmesidir. Bu durumda hasat zorluğu nedeniyle susam üretimi yapamayan ülkelerin çokça talebi, yoksul ülkelerin çiftçilerine temel ihtiyaçları karşılayan bitkilerin yanında gelir kapısı olarak (cash crop) susama yönelmelerine yol açmıştır. Kısırlık bitki ıslahında, tohum üretim çalışmalarında ve üreme biyolojisine ilişkin temel ve uygulamalı araştırmalarda değişik şekillerde kullanılabilir. Kısır bitkilerin tohum üretmemeleri değişik mekanizmalar tarafından idare edilmektedir. Bunlardan iki temel mekanizma “Uyuşmazlık” ve üreme organlarının fonksiyonel olmamasından kaynaklanan “Kısırlık” mekanizmalarıdır. Dışı organ kısırlığı, temel araştırmalar dışında fazla uygulama alanı bulmaz iken erkek organ kısırlığı yaygın olarak incelenmiş ve uygulamada değişik şekillerde yer bulmuştur. 2013-2014 yılları arasında yürütülen bu yüksek lisans tez çalışmasında iki susam mutantındaki kısırlık tipi morfo-fizyolojik ve genetik olarak karakterize edilerek bunlardan yararlanma yolları değerlendirilmiştir. Bu alanda daha ileri çalışma yürütecek olanlara faydalı olmasını dilerim.

Bu çalışmada kullanılan gerekli materyalleri, gerekli arazi ve ekipmanlarını sağlayan ve çalışmamın her aşamasında engin bilgi birikimlerinden faydalandığım, eğitim hayatıma sağladığı katkılarından dolayı sayın Prof. Dr. M.İlhan Çağırğan’a (Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi), sonsuz minnet ve teşekkürü borç bilirim.

Ayrıca bugüne kadar her konuda destek olan aileme yüksek lisans eğitimim sırasında kendisiyle geçireceğim zamanlarda yapmış olduğum bu tez çalışmasında yokluğunda bana zorluk çıkarmayan oğlum Cavit Alp’e şükranlarımı bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
AKADEMİK BEYAN.....	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	3
2.1. Genel.....	3
2.2. Susamda Çiçeklenme ve Kısırlık.....	5
3. MATERYAL VE METOT.....	6
3.1. Materyal.....	6
3.1.1. Genetik materyal.....	6
3.1.2. Deneme lokasyonu.....	6
3.1.3. Toprak özellikleri.....	6
3.1.4. İklim özellikleri.....	6
3.2. Metot.....	7
3.2.1. Materyalin yetiştirilmesi.....	7
3.2.2. Kısırlığın karakterizasyonu.....	8
3.2.3. Kısırlığın kalıtımı.....	8
3.2.4. Kısır bitkilerin fertil sibleriyle morfolojik özellikler bakımından karakterizasyonu.....	8
4. BULGULAR.....	9
4.1. Kısırlığın Karakterizasyonu.....	9
4.2. Kısırlığın Kalıtımı.....	14
4.3. Kısır bitkilerin fertil sibleriyle morfo-fizyolojik özellikler bakımından karakterizasyonu.....	15
5. TARTIŞMA.....	17
6. SONUÇLAR.....	19
7. KAYNAKLAR.....	20
ÖZGEÇMİŞ.....	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “İki Farklı Kısır Susam Mutantının Morfo-Fizyolojik ve Genetik Karakterizasyonu” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

02/07/2018

H. Nihal DEMİR

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler:

%	: Yüzde
cm	: Santimetre
g	: Gram
kg	: Kilogram
mm	: Milimetre
m	: Metre
°C	: Santigrad derece
m ²	: Metrekare
Gy	: Gray Işınlanan 1 kg'lık maddeye 1 joule enerji veren radyasyon birimidir.

Kısaltmalar:

V.K.	: Varyasyon katsayısı
Det.	: Determinat büyüme gösteren Genotip
Indet.	: İndeterminant büyüme gösteren Genotip

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1. St6 (üst sıra) ve St20 (alt sıra) tarla görünüşü	9
Şekil 4.2. Kapsül tutmamış kısır bitki.....	10
Şekil 4.3. Kısır çiçeğin yassı ve yeşil anterleri	11
Şekil 4.4. Sırada açılan kısır bitki (üstte) ve bazen görülen iz halindeki tohumuz yapılar (altta)	12
Şekil 4.5. Bazı sıralarda açılma sayılarının belirlenmesini etkileyen fillodi hastalığının gözlenen semptomları.....	13

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Deneme yerinin toprak analiz sonuçları	7
Çizelge 3.2. Deneme yeri ve yılına ait iklim verileri*	7
Çizelge 4.1. Kısır çiçekleri ana olarak kullanıp farklı kökenli babalarla yapılan tozlama sonuçları	14
Çizelge 4.2. Khi Kare testi sonuçları	15
Çizelge 4.3. St-6 kökenli steril ve fertil bitkilerin 2013 yılında ölçülen morfo-fizyolojik özelliklerine ilişkin basit istatistikler ve t-testi sonuçlar	15
Çizelge 4.4. St-20 kökenli steril ve fertil bitkilerin 2013 yılında ölçülen morfo-fizyolojik özelliklerine ilişkin basit istatistikler	16

1. GİRİŞ

Susam (*Sesamum indicum* L.), Personatae takımının, Pedaliaceae familyasının *Sesamum* cinsine dâhildir (Arioğlu 2007). Dünya genelinde sadece *Sesamum indicum* L. ($2n = 26$) türünün kültürü yapılmaktadır (Kobayashi 1981). Susam kendine döllen bir bitkidir (Joshi 1961; Çağırğan vd. 2009). Ancak böcek popülasyonuna ve çevre şartlarına bağlı olarak değişik oranlarda yabancı döllenme gözlenir (Çağırğan vd. 2009). Pathirana (1994) üç susam genotipi ile değişik çevrelerde susamda yabancı döllenmenin % 0-5 arasında değiştiğini bildirmiştir. Tohumların içeriğinde bulunan yüksek yağ oranı sebebiyle yağlı tohumlu bitkiler grubuna dahil edilmiştir. Ülkemizde üretim girdilerinin az oluşu, kısa vejetasyon dönemi ve kolayca pazarlanabilmesi nedeniyle pek çok bölgede yetiştiriciliği yapılabilmesine rağmen, hasat harman güçlükleri nedeniyle ekim alanı ülkemizde gittikçe azalırken (Çağırğan 1994, 1997), sağlığa olumlu katkıları nedeniyle artan talebi karşılamak üzere el emeğinin ucuz olduğu ülkelerde ekim alanı giderek artan bir kültür bitkisidir.

Susam, ülkemizin güney ve güney doğu bölgelerinde buğday ve arpa hasadından sonra ikinci ürün olarak başarıyla yetişebilmektedir. Bu nedenle ülke ekonomisine önemli katkılar sağlamaktadır. Ayrıca bir çapa bitkisi olması nedeniyle de, ekim nöbeti içerisinde önemli bir yere sahiptir (Arioğlu 1999).

Kısırlıktan bitki ıslahında, tohum üretim çalışmalarında ve üreme biyolojisine ilişkin temel ve uygulamalı araştırmalarda değişik şekillerde yararlanılmaktadır. Kısır bitkilerin tohum üretmemeleri değişik mekanizmalar tarafından idare edilmektedir. Bunlardan iki temel mekanizma “Uyuşmazlık” ve üreme organlarının fonksiyonel olmamasından kaynaklanan “Kısırlık” mekanizmalarıdır. Kısırlık, dişi organın fonksiyonel olmamasından kaynaklanan “dişi organ kısırlığı”, erkek organın fonksiyonel olmamasından kaynaklanan “erkek organ kısırlığı” ve her ikisinden kaynaklanan “erkek-dişi organ kısırlığı” şeklinde ortaya çıkmaktadır. Ve her üç durumda kendine döllen bir bitkide tohum oluşmamaktadır. Dişi organ kısırlığı, temel araştırmalar dışında fazla uygulama alanı bulmaz iken erkek organ kısırlığı yaygın olarak incelenmiş ve uygulamada değişik şekillerde yer bulmuştur. “Genetik” ve “sitoplazmik” olmak üzere iki temel tipte idare edildiği bilinmektedir.

Türkiye’de “Yoğun Tarıma Uygun Susam Mutantları Geliştirme Projesi”, Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı tarafından sağlanan destekle 1994-1998 yılında Akdeniz Üniversitesi’nde yürütülmüştür. Bu kapsamda 4 susam genotipi (Muganlı-57, Özberk-82, Çamdibi ve Gölarmara) 150-750 Gy arasında beş farklı dozda gamma ışınlarıyla muamele edilmiştir. M2 popülasyonlarında büyüme sırasında kapalı kapsüllü, determinat büyüme, solgunluğa dayanıklılık, çok karpellilik ve kısırlık gösteren mutantlar izole edilerek M3 generasyonunda mutant karakter teyid edilmiştir. Kısır mutantlardan St6 (Çağırğan 2001) bu dönem çalışmalarından gelirken; St20, 2005 yılında yetiştirilen Birkan çeşidinin M2 mutant popülasyonunda seçilmiştir (Çağırğan 2005, yayınlanmamış). Bunların bir bölgeye adapte olmuş genotiplerde ve bir tanesi yeni tescil edilmiş bir çeşitte bulunmuş olması bu mutantlardan yararlanma olanaklarını araştırmaya yönlendirmiştir. Keza elde edilen sonuçların mevcut bilgi birikimine katkısı olması yanında yürütülen susam ıslahı programında genetik araç olarak kullanılmasını mümkün kılabilir.

Bu beklentilerle planlanan bu tez çalışmasının amacı, Akdeniz Üniversitesi Antalya Mutasyon Projesi Susam Alt programı kapsamında iki ayrı gamma ışınları uygulamasıyla elde edilen iki kısır mutantın, St6 ve St20; (i) kısırlık durumunu karakterize etmek (er-kısır, dişi-kısır, her iki organ kısırlığı); (ii) bu kısırlık kaynaklarının kalıtımını Khi kare testiyle belirlemek; (iii) Kısır bitkilerin morfo-fizyolojik özelliklerini fertil sibleri ile karşılaştırmalı olarak ortaya koyarak bu mutantlardan uygulamada ve temel araştırmalarda yararlanma olanaklarını değerlendirmektir.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Genel

Bitki Islahı, insan yararına çeşit geliştirme bilim ve sanatıdır. Kalıtsal varyasyon oluşturup seleksiyon uygulama temeline dayanan ıslah sürecinde, ilk aşama olarak, doğal genetik değişkenliğe sahip populasyonlar üzerinde durulmuştur. Bu tip varyasyon tüketildikten sonra, farklı varyete, tür ve cinslerden bitkileri melezleyerek, seleksiyon uygulanabilecek nitelikte yeni kaynaklar oluşturulmaya çalışılmıştır. Daha sonra melezleme yönteminin bazı özellikler için yeterli varyasyon ortaya koyamaması ve ıslah süresinin uzaması nedenleriyle mutasyon ıslahı önem kazanmıştır (Çağırğan 2013).

Başlangıçta, bilinen ıslah yöntemlerine bir alternatif olarak gelişen mutasyon ıslahı, gerek kendine ve gerekse yabancı döllen bitkilerde çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Klasik ve modern yöntemlerle kolayca kombine olabilmesi, mutasyon ıslahına özgü olan pleiotropi, linkage ve populasyon büyüklüğü gibi problemlerin çözümünü kolaylaştırmıştır. Günümüzde bu yöntem, bazı durumlarda alternatif ve genellikle de bütüncü bir yöntem görünümü kazanmaya başlamıştır (Çağırğan 1988).

Mutasyon ıslahı çalışmaları, bitki veya bitkilerin çoğaltma organlarının fiziksel veya kimyasal mutagenler ile muamele edilmesine dayanmaktadır. Mutasyona dayalı bitki ıslahı çalışmalarının ilk amacı uygun mutagen dozu ile zengin bir fenotipik varyasyon yaratmak ve pozitif seleksiyon ile birkaç önemli özelliğin değiştirildiği daha iyi özelliklere sahip yeni çeşitlerin geliştirilmesidir. Bu yolla geliştirilen ve 2000'den fazla yeni bitki çeşidi, herhangi bir yasal sınırlamaya tabi tutulmadan yetiştirilmek üzere serbest bırakılmıştır (Ahloowalia and Maluszynski 2001, Ahloowalia et al. 2004). Mutasyon ıslahı çalışmalarında, kullanılan fiziksel ve kimyasal mutagenler için en uygun mutagen dozunun belirlenmesi temeldir. Uygulanan mutagen dozu arttıkça mutasyon frekansının artmasıyla beraber, fizyolojik zarar da artmaktadır. Bu nedenle mutagen uygulama dozu ve %50 büyümeyi azaltan dozun ıslah çalışmasına başlamadan önce belirlenmesi gereklidir. Doz oranı tür ve çeşitlere göre değişmektedir. Çeşitli tür ve çeşitlere uygulanacak doz oranı farklı araştırmacılar tarafından günümüze kadar belirlenmiştir. Ülkemiz çeşitleri için mutasyon tekniği çalışmalarında uygulanacak en uygun fiziksel ve kimyasal mutagen dozunu belirleme çalışmaları yapılmaktadır.

Bitkiler generatif ve vejetatif ürer. Genetik varyasyon oluşturarak, yeni çeşitler geliştirmede mutasyonlardan ve melezlemelerden yararlanılmaktadır. Bir de normal üremeden sapma mekanizmaları vardır. Aynı tür içerisinde veya türler arası melezlemelerde bazı doğal engelleme mekanizmaları ile karşılaşabilmektedir ki bunlar “eşeyssel uyumsuzluk” ve “kısırlık” başlığı altında toplanır (Demir 1975).

Bunlardan, eşeyssel uyumsuzluk mekanizmasında, eşey organları ve gametler normal yapıda oldukları ve yaşama gücünde döllenmiş tohum oluşturabilme yeteneğinde buldukları halde, genetik yapı nedeniyle çiçek tozu ile dişi borusu arasındaki karşılıklı etkileşme sonucu çiçek tozlarının çimlenememesi veya çiçek tozu borularının dişi borusu içindeki gelişmelerinin engellenmesi eşeyssel uyumsuzluk olarak tanımlanmaktadır. (Ercan 2012). Polen ve dişi organın molekül ve hücre yapılarının incelenmesi, bitkilerde kendini ve başkasını tanıma mekanizmalarının

açıklanmasına ışık tutmaktadır. Yapılan çalışmalar, diğer morfolojik karakterler gibi, eşeyssel uyumsuzluğun da genler tarafından kontrol edildiğini ortaya koymuştur.

Polenin stigma tarafından kabul edilmesi veya reddi, polen tanesinin yüzeyinde ve çim borusunda bulunan moleküller ile stigma yüzeyinde ve stil dokusundaki moleküller arasında oluşan etkileşimle yakından ilgilidir (Ercan 2012).

Uyumsuzluk, gametofitik ve sporofitik olmak üzere iki türdür. Gametofitik kendine uyumsuzluk gametlerin genetik yapısı ile kontrol edilir. Polen taneleri polen ile benzer allele sahip stigma üzerinde çimlenemez. Bu tip kendine uyumsuzluk Solanaceae, Rosaceae, Plantaginaceae, Fabaceae, Onagraceae, Campanulaceae, Papaveraceae ve Poaceae familyalarında görülmektedir. Sporofitik uyumsuzluk ise Brassicaceae, Polemoniaceae, Caryophyllaceae, Betulaceae, Asteraceae, Sterculiaceae ve Convolvulaceae familyası sebzelerinde görülmektedir (Ercan 2012).

Gametofitik kendine uyumsuzlukta polenin dölleyebilme konusunda göstereceği reaksiyon mayoz bölünmeden sonra; sporofitik kendine uyumsuzlukta ise mayoz bölünmeden önce teşekkül eder. Dolayısıyla sporofitik kendine uyumsuzlukta polenin meydana geldiği bitkinin yani sporofitin genotipi bu konuda karar verici rolü oynar ve ayrıca dominant ve resesiflik te önemlidir. Bu yüzden sporofitik formda resiprok farklılıklar mevcuttur (Ercan 2012). Gametofitik formda polen stigma üzerinde çimlenebilir fakat polen borusunun gelişmesi kimyasal reaksiyonlar sayesinde yavaşlatılır ve polen borusu yumurta hücresine ulaşamaz. Sporofitik formda ise stigma üzerindeki kimyasal reaksiyonlar polenin çimlenmesini önler.

Bitkilerde genetik, sitoplazmik ve sitoplazmik-genetik erkek kısırlık olmak üzere üç türlü erkek kısırlık mevcuttur. Genetik erkek kısırlık sadece hücre çekirdeğindeki genelde resesif bir gen vasıtasıyla kontrol edilir. Dolayısıyla genetik erkek kısırlığı kullanarak hibrit (melez çeşit) ıslahında gerekli olan sırf erkek kısır bitkileri ihtiva eden populasyonların ıslahı mümkün değildir. Sitoplazmik erkek kısırlığında kısırlık sitoplazmik faktörlere bağlıdır. Özel bir tip sitoplazma taşıyan bitkilerin erkek organları steril ve bu bitkiler dölleyiciler ile tozlandıklarında tohum bağlarlar. F1 tohumlarında steril olur bunun sebebi sitoplazmaları dişi ebeveyninden meydana gelmesidir. F1 dölünün steril veya fertil olması önemli olmadığından genellikle vejetatif bitkilerde kullanılır (Arioğlu 1998). Elle emaskulasyon melez tohum üretiminde güçlük oluşturur. Erkek kısırlığı bu hususta imdadımıza yetişir (Yermanos 1982). Önceki çalışmalarda değişik tiplerde kısırlık tipleri bildirilmiştir. Bir arada hem erkek hem dişi kısırlığı, erkek kısırlığı ve dişi kısırlığı, görülmüştür (Yermanos 1982; Osman ve Yermanos 1982). Bu araştırmacılar, erkek ve dişi kısırlığı birbirinden ayırt etmek için tarla ve sera koşullarında farklı yerlerde yetiştirilen susamlar da anter (erkek organ) hariç bütün çiçek kısımları normal boyutta olduğunu bildirmişlerdir. Susamda daha önce izole edilen bu kısır mutantları ayrıntılı olarak inceleyerek hangi tipte olduklarını belirlenerek kalıtımının ortaya koyması morfo-fizyolojik ve genetik karakterizasyonunun yapılması bunlardan uygulamada ve temel araştırmalarda yararlanma fırsatlarını gösterecektir.

Anitha Vasline ve Ganesan (2003) 1997'de Annamalia-1 tohumlarını 2 saat %1 EMS ile muamele ederek M2 generasyonunda 15200 bitki içerisinde 3 bitki de genetik erkek kısırlık bulmuştur. Erkek kısır bitkiler küçük çiçekler, steril ve polen olmayan küçük kahverengi boş anterler üretmiştir. Genetik erkek steril bitkilerden bazılarının stabil olmadığı ortaya çıkmış; ancak, daha önceki araştırmacılar, erkek

sterilite sisteminin tüm ortamlarda stabil olduğunu bildirmiştir (Osman ve Yermanos 1982).

2.2. Susamda Çiçeklenme ve Kısırlık

Susam kendine döllen bitki olmasına rağmen, hibrit F1 döllerinde yüksek seviyede heterozis gösteren bir bitkidir (Yermanos 1982). Gen merkezinin Afrika veya Hindistan olduğu konusunda farklı görüşler vardır (Nayer ve Mehra 1970).

Susam bitkisinde; çeşit özelliğine ve çevre koşullarına bağlı olarak çıkıştan itibaren itibaren Akdeniz Bölgesi'nde yaklaşık 42-45 gün sonra çiçeklenme başlamakta ve çok uzun süre devam etmektedir. Çiçekler yaprak koltuklarında oluşur. Bazı çeşitlerde yaprak koltuklarında tek çiçek oluşurken, bazı çiçeklerde üç çiçek oluşmaktadır. Susam bitkisinde çiçeklenme ana saptan başlar, önce yukarıya doğru devam eder. Ana gövde üzerinde 6. ve 8. boğumlarda çiçek oluştuktan sonra, yan dallarda çiçeklenme başlamaktadır. Susam bitkisinde çiçeklenme sabah erken saatlerde başlamaktadır (5-7 saatleri arası). Stigma çiçek açmadan yaklaşık 24 saat önce toz alma kabiliyetine ulaşmakta ve çiçeklenmeden itibaren 14-24 saat süreyle döllenme yeteneğini sürdürmektedir. Sabahın erken saatlerinde boru şeklinde olan taç yaprakların uç kısımları açılır ve olgunlaşan çiçek tozları stigma tepesi üzerine dökülür. Tozlanmadan yaklaşık 5.5-6 saat sonra çiçek tozları yumurtalığa ulaşır ve döllenme başlar. Döllenme, tozlanmadan yaklaşık 11 saat sonra tamamlanmaktadır. Döllenmesi tamamlanan çiçeklerde dişi borusu, 36 saat sonra yumurtalık ile birleşme yerinden kırılarak dökülmeye başlar. Döllenme tamamlanamaz ise, bu süre daha da uzayabilmektedir (Arioğlu 1998). Çiçek açımından sonraki 12 saat içinde taç yapraklar tamamen dökülmektedir. Arılar, tripsler vb gibi böcekler vasıtasıyla yabancı döllenme olabilmektedir. Döllenmeden sonra kapsül başına 50-100 adet tohum oluşmaktadır. Döllenmeden yaklaşık 4 gün sonra yumurtalık gelişerek kapsüller oluşmaya başlar ve 30. günde kapsüller normal büyüklüklerine ulaşır. Tozlaşmadan sonraki 4-6 hafta içerisinde tohumlar olgunlaşmaya başlamaktadır (Yermanos 1980; Baydar vd. 1996).

Osman ve Yermanos (1982) Venezuela kökenli genetik kısır oldukları düşünülen 5 susam (MS/1-MS/5) hattını 1976 yılında Kaliforniya, ABD'de serada yetiştirmişler ve 28 erkısır bitki belirlemişlerdir. Bu bitkilerden 2-4 tomurcuk alınmış ve polen varlığını belirlemek için bunların anterleri % 0.4 pamuk mavisinde sıkılmıştır. Diğer tomurcuklar elektron mikroskopunda polen incelemesi için işleme tabi tutulmuştur. Ayrıca kısır bitkiler ile farklı orijin ve olgunlaşmada 9 çeşit ile melezlenmiştir. F1 tohumları 1977-1979 arasında melez fertilitate özelliklerini belirlemek için incelenmiştir. 26 F2 populasyonu iki çevrede (i) erkek kısırılık özelliğinin stabilitesini, (ii) tomurcuk safhasında kısır bitkileri belirleme olasılığını (iii) tarla koşulları altında erkek kısırılığın stabilitesini belirlemeyi amaçlamışlar ve erkek kısır bitkilerin fertil kardeşlerine morfolojik olarak identik olduklarını, kısırılığın hem serada ve hem de farklı çevrelerdeki tarla koşullarında stabil olduğunu, erkek kısırılığın resesif bir gen çifti (msms) ile idare edildiğini belirlemişlerdir. Susamda % 100 kısırılık sağlayacak stoplazmik-genetik erkek kısırılık sistemi olmadığı için de, genetik erkek kısırılıktan pratik olarak nasıl F1 tohumu üretilme yollarını tartışmışlardır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Genetik materyal

Çalışmanın genetik materyali, daha önceden gama ışınlarıyla muamele edilerek Muganlı-57 çeşidinde elde edilmiş St6 (Çağırğan 2001) ve Birkan çeşidinde elde edilmiş St-20 mutant (Çağırğan 2005, yayınlanmamış) genotiplerinin heterozigot haldeki stoklarıdır. Bu stoklardan ayrı ayrı alınan tek bitkilerin kısırılık bakımından açılan heterozigot yedek tohumları bu araştırmanın genetik materyalini oluşturmuştur.

3.1.2. Deneme lokasyonu

Araştırma, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi III No'lu parselinde bulunan Tarla Bitkileri Bölümü'ne tahsis edilmiş alanın Güney Parçasında, taşı toplanıp işlemeli tarım yapmaya uygun hale getirilmiş Antalya Mutasyon Araştırma Projesi deneme tarlasında (Kampus, Antalya) yürütülmüştür.

3.1.3. Toprak özellikleri

Deneme tarlasından alınan toprak örneğinin (2013) özel bir laboratuvarında yapılan analiz sonuçları Çizelge 3.1'de sunulmuştur. Deneme tarlasındaki toprak Ph değeri 8.08 gösterirken genel olarak kuvvetli alkali karakterde olduğu gözlenmiştir. Kireç değeri 13-17.3 gibi yüksek bir değer olmasına rağmen susam yetiştiriciliğine engel değildir. Su tutma kapasitesi düşük toprak bünyesine sahiptir. Organik madde oranı % 2.4 şeklinde tespit edilmiştir. Analize göre tuzsuz olan arazinin, azot dışında besin elementleri bakımından genel olarak yeterli olduğu görülmektedir.

3.1.4. İklim özellikleri

Tipik Akdeniz iklimine sahip olan deneme alanında uzun yıllar ortalaması 1016 mm iken, denemenin yürütüldüğü yılda düşen yağış toplamı 1148.9 mm olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 3.2). Kışlar ılık ve yağışlı, yazlar kurak ve sıcaktır. Haziran-Eylül dönemini kapsayan yetişme döneminde Haziran-Ağustos ayları tamamen yağışsız geçmiş Eylül ayında 29.9 mm yağış düşmüştür. Dolayısıyla su ihtiyacı sulama ile karşılanmıştır.

Çizelge 3.1. Deneme yerinin toprak analiz sonuçları

Analiz Adı	Ölçüm	Değerlendirme
pH	8.08	Kuvvetli alkali
EC(Tuz)(mmhos/cm)	1.7	Tuzsuz
Kireç(CaCO ₃)(%)	17.3	Yüksek
Organik madde	2.4	Yeterli
Bünye(%)	50	Tınlı
Toplam Azot	0.05	Çok Düşük
Fosfor(P) %	0.0170	Yeterli
Potasyum (K) %	0.0242	Yüksek
Kalsiyum (Ca)%	0.280	Orta
Magnezyum(Mg)%	0.0239	Yüksek
Demir (Fe) (ppm)	9.1	Yeterli
Mangan (Mn)(ppm)	15.24	Yeterli
Çinko (Zn) (ppm)	1.1	Yeterli
Bakır (Cu) (ppm)	3.0	Yeterli

Çizelge 3.2. Deneme yeri ve yılına ait iklim verileri*

İklim Faktörleri	1. ay	2. ay	3.ay	4.ay	5.ay	6.ay	7.ay	8.ay	9.ay	10.ay	11.ay	12.ay
Yağış (mm)	353.3	130.1	17.0	121.9	55.7	0.0	0.0	0.0	29.9	205.7	73.5	61.8
Sıcaklık °C	11.7	13.2	14.5	18.4	22.9	25.6	28.7	29.7	26.1	20.4	17.9	11.5
Nem (%)	68.8	70.0	60.6	62.9	64.1	63.6	55.5	53.2	53.0	44.5	59.9	49.7

*Antalya Meteoroloji Bölge Müdürlüğü 2013 yılı verileri

3.2. Metot

3.2.1. Materyalin yetiştirilmesi

Deneme yukarıda lokasyon kısmında belirtilen tarla önce sürülmüş, daha sonra susamın istediği gibi ince bir tohum yatağı hazırlanmıştır. Daha önceden Prof. Dr. M. İlhan ÇAĞIRGAN tarafından icat edilmiş ve Faydalı Model belgesi alınmış çizi açıcı ile tohum yatakları olan sıralar açılmıştır. Bunlar üzerine parselizasyon için kazıklar çakılıp, ipler gerilerek ekim yapılacak yerler işaretlenmiştir.

Genetik materyallerden St6 ve St20 mutant genotiplerinin kısırlık bakımından açılan sıralarından hasat edilen 10 fertil tek bitkinin (Her bir genotip için 10 döl sırası oluşturacak şekilde) tohumları; iki set halinde 70 cm sıra arası mesafede ekilmiş ve daha sonra sıra üzerinde çıkan bitkiler 10 cm sıra üzeri mesafeye teklenmiştir. Böylelikle sıra uzunluğu 5 m tutulup sırada maksimum 50 bitki yetiştirilmiştir. Bitkilerin ilk teklemesi yapıldıktan sonra seyreltmeyle sıra üzeri bitkiler arası mesafe 10 cm olarak ayarlanmıştır. Yetiştirme sırasında gelişen yabancı otlar elle temizlenmiştir. Yetiştirme

sırasında morfolojik özellikler bakımından yapılacak değerlendirmeler için fenolojik gözlemler not edilmiştir. Ayrıca, sıradaki fertil ve kısır bitkiler üzerinde bitki boyu, ilk kapsül yüksekliği, dal sayısı, bitkide çiçek/kapsül sayısı, belirlenmiştir. Ekimle birlikte dekara 6 kg N-P-K gübrelemesi 15-15-15 ticari gübresi uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Ekilen sıralarda açılan kısır bitkileri belirlemek üzere çiçeklenme başlangıcından itibaren kısır bitkiler araştırılmış, anterlerin morfolojik görüntüleri (renk ve irilik) dikkate alınarak belirleme yapılmıştır. Erkek kısır olan bitkilerin dişi faktörünün fonksiyonelliğini test etmek için sıradaki fertil bitkilerden tozlama yapılmış ve kapsül bağlayıp bağlamadıkları gözlenmiştir. Bu şekilde kısırlık tipleri ortaya konmaya çalışılmıştır. Ayrıca, kısır bitkilerde herhangi bir kendilenme veya yabancı dölleme durumu olup olmadığını anlamak için her kısır bitkideki 3 çiçek izole edilmiştir. Bütün bu işlemler fotoğraflanmıştır. Fertil/Kısır durumunun St/st allelleri ile belirlendiği ve kısırlığın homozigot resesif kalıtıma sahip olduğu hipotezi Khi-kare testi ile ($\alpha=0.05$) test edilmiştir. Böylelikle, kısırlık tipi, herhangi bir tohum tutma olup olmadığı, kısırlığın kalıtımı ortaya konmuş; kısır ve fertil sibler morfo-fizyolojik olarak karakterize edilmiştir. Ayrıca muhtemel bir uyumsuzluk durumunu ortaya koymak için sib melezlemesi dışında farklı kökenli genotipleri tozlayıcı olarak kullanarak çok sayıda melezleme yapılmıştır.

3.2.2. Kısırlığın karakterizasyonu

St6 ve St20 heterozigot kısırlık kaynaklarından açılan sıralardaki kısır ve fertil bitkiler ve bu bitkiler üzerindeki çiçekler morfolojik olarak karşılaştırarak ve standart tozlama prosedürleri uyarınca tozlama yapılarak kısırlık tipi karakterize edilmeye çalışılmıştır. Bunun için kısır bitkilerin %100 kısır olup olmadıklarını teyid için üç çiçek izole edilmiştir. Aynı kısırlık kaynağının saf halde idamesi için sıradaki fertil bitkilerle tozlanmış (sibleme); olası uyumsuzluk bariyerini aşmak için iki farklı kısırlık kaynakları arasında ve farklı kökenli tozlayıcılar ve bunların farklı bitkileriyle tozlama cihetine gidilmiştir.

3.2.3. Kısırlığın kalıtımı

Heterozigot sıralarda açılan kısır bitkiler sayılmış ve her kısırlık kaynağı üzerine rakamlar ifade edilmiştir. Fillodi nedeniyle değerlendirmeyi güçleştiren kısırlık bakımından açılan sıralar iptal edilmiştir. 3:1 açılması için Alfa =5 seviyesinde Khi kare testi uygulanarak kısırlığın kalıtımı belirlenmiştir.

3.2.4. Kısır bitkilerin fertil sibleriyle morfolojik özellikler bakımından karakterizasyonu

Kısır çiçeklerin fertil çiçeklerle morfolojik farklılıkları ve dölleme karakteristikleri kısırlığın karakterizasyonunda verilmiştir. Ayrıca kısır bitkilerin fertil bitkilerden farklılıklarını belirlemek üzere bitkide dal sayısı, bitki boyu ve ilk kapsül yüksekliği özellikleri her iki grupta belirlenerek basit istatistikler MINITAB 18 paket programı kullanılarak hesaplanmış ve ölçülen özellikler bakımından kısır ve fertil bitkiler arasındaki farklılık için Alfa=5 düzeyinde t-testi uygulanmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Kısırlığın Karakterizasyonu

Kısır bitkiler çiçeklenme zamanına kadar tarlada normallerinden farklılık göstermemişlerdir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. St6 (üst sıra) ve St20 (alt sıra) tarla görünüşü

Ancak kısır bitkiler çiçeklenmeden sonra kapsül bağlamamaları ile karakterize olmuşlardır (Şekil 4.2; Şekil 4.4). Keza kısır çiçekler de dış görünüş bakımından

normallerinden farklılık göstermemişlerdir. Stigma normal görünüşlü olup kısırların anterleri yeşil ve ince ve yassılıkla normal fertil çiçeklerinkine göre karakterize olmuştur (Şekil 4.3).



Şekil 4.2. Kapsül tutmamış kısır bitki



Şekil 4.3. Kısır çiçeğin yassı ve yeşil anterleri



Şekil 4.4. Sırada açılan kısır bitki (üstte) ve bazen görülen iz halindeki tohumusuz yapılar (altta)

Ancak fillodi hastalığı çiçek yerinde yapraksı yapıların oluşması ile deforme olmuş bitkiler sonuçlanmıştır (Şekil 4.5). Fillodi fitoplazmalarca meydana getirilen bir hastalıktır. İlk kez 1967 yılında mikoplazma benzeri organizmalar olarak adlandırılmışlardır (Doi vd. 1967). Fitoplazmalar vektör böceklerle taşınan bitki floeminde sınırlı bakteriyal patojenlerdir ve dünya doğal ekosisteminde ve ürünlerinde ve yıkıcı kayıplara neden olurlar (Lee vd. 2000; Bertaccini 2007). Yaygın olarak gözlemlenen ve rapor edilen hastalık tipleri; Phyllody (fillodi), Virescence (Yeşillenme) ve Proliferation (Cadı Süpürgesi)'dur. Ayrıca sararma, tohumun kapsülde çimlenmesi ve yapraklarda koyu renkte eksüdatların oluşması gibi fillodi hastalık belirtileri de dünya genelinde rapor edilmiştir (Kersting 1997, Çağırğan vd. 2013). Fillodinin bulaşmış olduğu susam bitkilerinin belirtileri, hastalığın bulaşma zamanına büyüme

dönemine göre değişiklik göstermektedir. Hastalık bulaşmasının bitkinin hangi aşamasında gerçekleştiği verimin etkilenmesi açısından büyük önem arz etmektedir (Akhtar vd. 2009).



Şekil 4.5. Bazı sıralarda açılma sayılarının belirlenmesini etkileyen fillodi hastalığının gözlenen semptomları

İzole edilmiş kısır çiçeklerde kapsül tutma ve tohum gelişmemiştir. Bu da bize kısırlık erkek organ kısırlığından kaynaklanıyorsa %100 erkek organ kısırlığına işaret etmektedir. Ayrıca değişik kökenli tozlayıcılarla yapılan melezleme çalışmasında da

hiçbir kapsül ve tohum gelişimi olmamıştır (Çizelge 4.1). Bu durumda morfolojik olarak stigmanın sağlıklı ve normal iki parçalı görüntüsüne rağmen dişi organ kısırlığının da bulunduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.1. Kısır çiçekleri ana olarak kullanıp farklı kökenli babalarla yapılan tozlama sonuçları

Melez kombinasyonu	Melezlemeye giren farklı ana bitki sayısı	Melezlenen çiçek sayısı	Gelişen kapsül sayısı
St 6 / td 11	7	9	0
St 6 / td 10	5	10	0
St 6 / td 9	6	8	0
St 6 / td 8	1	1	0
St 6 / st 20	3	4	0
St 6 / 1053	2	2	0
St 6 / sc ?	1	3	0
St 6 / td 15	1	1	0
St 6 / td	1	1	0
Toplam	27	39	
St 20 / B3	1	3	0
St 20 / tdk	1	1	0
St 20 / td 9	3	3	0
St 20 / tk	3	3	0
St 20 / st 6	3	3	0
St 20 / td 12	8	13	
St 20 / 62	2	2	0
St 20 / B10	2	2	0
St 20 / td 10	4	8	0
St 20 / B6	1	1	0
St 20 / B 11	3	4	0
St 20 / B5	1	2	0
St 20 / B 16	2	2	0
St 20 / td 4	1	1	0
St 20 / td 11	1	3	0
St 20 / sc	1	1	0
Toplam	37	52	
St6 / st6	(Sibleme)	10	0
St20 / St20	(Sibleme)	10	0
St6 / St20	Kısırlar arası melez	10	0
St20 / St6	Kısırlar arası melez	10	0
St6	Kısır çiçek kendileme	3	0
St20	Kısır çiçek kendileme	3	0

4.2. Kısırlığın Kalıtımı

Hem erkek ve hem de dişi organ kısırlığını birlikte ortaya çıktığı bu kısırlık tipi heterozigot şartlarda sürdürülmektedir. Bir önceki yıl kısırlık bakımından açılan sıralardan alınan fertil bitkilerin (St/St; St/st) alınarak bu denemeye materyal yapılmasıyla heterozigot (St/st) sıralarda açılan kısır fertil oranlarının belirlenmesiyle

yapılan Khi kare analizi sonucunda kısırlığın bir çift resesif gen tarafından idare edildiği ortaya çıkmış ve bu test $\alpha=0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.2. Khi Kare testi sonuçları

Heterozigot kaynak	Gözlenen St st	Beklenen St st	Açılma 3:1	Khi-Kare değeri	P (Olasılık)
St6/st6	82:25	81:27	3:1		
St20/st20	64:20	63:21	3:1	0.06349	0.801

4.3. Kısır bitkilerin fertil sibleriyle morfo-fizyolojik özellikler bakımından karakterizasyonu

St6 kökenli steril ve fertil bitkilerin 2013 yılında ölçülen morfo-fizyolojik özelliklerine ilişkin basit istatistikler ve t-testi sonuçları Çizelge 4.3.'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde kısır bitkilerin fertil bitkilerden daha yüksek dal sayısı, bitki boyu ve “potansiyel kapsül sayısı” (kapsül gelişmediğinden yaprak koltuklarındaki çiçek yapıları) ortalama göstermiştir. Ancak ilk kapsül yüksekliği tersine bir ortalama göstermiş. Ancak bu farklılıklar sadece kapsül sayısında istatistiki olarak ($\alpha=0.05$) önemli bulunmuştur. St20 kökenli steril ve fertil bitkilerin 2013 yılında ölçülen morfo-fizyolojik özelliklerine ilişkin basit istatistikler ve t-testi sonuçlarının verildiği Çizelge 4.3 incelendiğinde benzer sonuçların ortaya çıktığı ve bu farklılıkların ilk kapsül yüksekliği hariç diğer özelliklerde istatistiki olarak ($\alpha=0.05$) önemli bulunduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4.3. St-6 kökenli steril ve fertil bitkilerin 2013 yılında ölçülen morfo-fizyolojik özelliklerine ilişkin basit istatistikler ve t-testi sonuçlar

Genotip/Özellik	n	Orta-lama	St.hata	Min.	Mak.	V.K. %	T testi F-K
st6 Dal sayısı	5	4,0	0,63	3	6	35,4	öd
st6 İlk kapsül yüksekliği	5	45,4	5,39	35	63	26,5	öd
st6 Bitki boyu	5	130,0	14,90	83	170	25,6	öd
st6 Kapsül sayısı	5	84,2	16,80	36	139	44,7	2.38*
St6 Dal sayısı	5	2,6	0,40	1	3	34,4	
St6 İlk kapsül yüksekliği	5	49,4	2,56	42	57	11,6	
St6 Bitki boyu	5	97,0	3,70	88	105	8,5	
St6 Kapsül sayısı	5	42,0	5,73	24	60	30,5	

Çizelge 4.4. St-20 kökenli steril ve fertil bitkilerin 2013 yılında ölçülen morfo-fizyolojik özelliklerine ilişkin basit istatistikler

Genotip/Özellik	n	Orta-lama	St. hata	Min.	Mak.	V.K. %	T testi F-K
st20dal say_1	5	4,4	0,40	3	5	20,3	2.92*
st20ilkkapyük_1	5	35,6	5,99	15	50	37,6	-0.86 öd
st20bitkibo_1	5	130,0	4,51	114	140	7,7	3.40 **
st20kapsüls_1	5	134,8	25,50	66	220	42,3	3.62 **
St20ds_1	5	2,8	0,37	2	4	29,9	
St20iky_1	5	41,8	3,98	32	52	21,3	
St20bitki_1	5	108,6	4,40	98	120	9,1	
St20kapsa_1	5	41,2	4,53	29	52	24,6	

*Alfa=0.05 düzeyinde önemli

**Alfa=0.01 düzeyinde önemli

5. TARTIŞMA

Diğer bitkilerde olduğu gibi susam bitkisinde de sterilite öteden beri ıslahçıların ilgisini çekmiştir. Bunun susama özel bir sebebi kendine döllen bir bitki olmasına rağmen melez populasyonlarda yüksek düzeylerde heterozis göstermesidir. Bütün bu çalışmalarda F1 melezleri elle üretilmiştir. Susamda el emaskülasyonu ve melezleme zor olmamakla birlikte melez tohum üretimi bu şekilde güç olmaktadır. Bu bakımdan kısırılık ilgi çekmiştir.

Osman ve Yermanos (1982) ilk kez gerçek genetik male sterilite kaynaklarını rapor etmiştir. Bu çalışmaya gelinceye kadar değişik tipte steriliteden söz edilmiştir ve bunlar ya aynı zamanda bulunan hem erkek ve hem de dişi organ sterilitesi veya kısmi (üreme sürecinin başlangıç safhasıyla sınırlı) sterilitedir.

Steril bitkiler fertil sibleriyle morfolojik olarak bitki boyu, olgunluk, dallanma şekli yaprak büyüklüğü bakımından fark göstermemişler ancak yaprak koltuklarında kapsül gelişmemiştir. Bazı kapsül başlangıçları görülmüşse de kapsül büyümemiş, içlerinde tohum gelişmemiştir. Yabancı döllenme ile tohum eldesi mümkün olmadığından F1 bitkilerinin kapsüllenme, kapsülde tohum sayısı, kapsül tohum verimi gözlenmemiştir. Ancak, Osman ve Yermanos (1982) male steril bitkilerin melezlenmesi ile elde edilen tohumlardan yetiştirilen F1 bitkilerinin bu özellikler bakımından fertil bitkilerle benzer olduğunu bildirmiştir. Bizim çalışmamızda, melezleme yapmak mümkün olmamışsa da kısırılık bakımından heterozigot sıraların açılmasından ortaya çıkan kısırılar ile heterozigot ve homozigot dominant fertiller ile bu karşılaştırmalar yapılmıştır.

Kısır bitkilerde anterler hariç bütün çiçek kısımları büyüklük ve renk bakımından normal olduğu görülürken, kısır bitkilerin anterleri normalden yassı ve ince olduğu gözlenmiştir. Ayrıca kısırın anterleri yeşilimtrak veya daha uzun süre yeşil kalmalarıyla dikkati çekmiştir. Kısır anterler, uçlarının açılmamasıyla beyazımtrak dolgun normal anterlerden tozlaşmadan önce özellikle yeşilimtrak ve ince renkleriyle ayrılmışlardır. Osman ve Yermanos (1982) male steril bitkiler ile fertil bitkilerin anterleri için benzer morfolojik özellikleri bildirmiş ve bu özelliklerin sera ile farklı lokasyonlardaki tarla şartlarında değişmediğini ve bu nedenle male steril ve fertil bitkileri ayırd etmede isabetle kullanıldığını bildirmiştir. Steril bitkilerin ovulleri normaldi, follikülleri büyümüş ve her nasılsa daha sıkı göbek bağı ile bağlanmış olsa da. Ovaryum uzunluğunda ve stigmanın kahverengileşmesinde bir farklılık gözlenmemiştir. Osman ve Yermanos 1982 male steril bitkilerin anterlerinin uçlarının açılmamasının üstünde durmasına rağmen, kısır anterlerin içinde polen danelerinin olmaması nedeniyle bir basınç, işlev sök konusu olmadığından açılmamaları normal karşılanmalıdır. Male sterilitenin açılmayan ve şeffaf anterlerle ilişkili olduğu güvercin bezelyesinde (*Cajanus cajan* L.) bildirilmiştir (Reddy et al. 1978).

Bizim çalışmamızda gerçekleştirilmemiş olmakla birlikte, Osman ve Yermanos (1982) mikrosporogenesisin hem fertil ve hem de kısır bitkilerde incelenmesinin zorluk arz ettiğini bildirmiştir. Tetrad oluşumundan önceki safhaların hiçbirisi pozitif olarak belirlenmemiş ve bu fiksasyon zamanına dayandırılmıştır.

Kısır bitkiler üzerinde kapsül tutmaması ilk bakışta erkek organ kısırılığını düşündürmüş ve yapılan ilk gözlemler sonucunda kısır bitkilerin anterlerinin yassı, ince,

yeşilimtrak oluşu, ayrıca anterlerin patlamaması ve içlerinden polen tozlarının çıkmaması bu düşünceyi doğrulamıştır.

Stigmanın iki parçalı ve sağlıklı, ovaryumun normal görünüşüne rağmen, yabancı tozlaşma ile yapılan melezleme girişimleri sonucunda hiçbir kapsülün tutmaması dişi organ kısırlığının da aynı anda bulunduğuna işaret etmektedir. Muhtemel bir uyumsuzluk mekanizmasını bertaraf etmek için listelenmiş olan farklı kökenli tozlayıcılarla dölleme yapılmış ve yine hiç meyve elde edilememiştir. Bu da her iki genetik materyalde gözlenen kısırlık tipinin hem erkek ve hem de dişi organ kısırlığı olduğunu göstermiştir.

Kültür bitkilerinde daha çok erkek kısırlık üzerinde raporlar bulunmakla birlikte bu çalışmada ortaya konduğu gibi dişi organ kısırlığının da ender olmadığı ortaya çıkmaktadır. Zira dişi organ kısırlığından bitki ıslahında veya tohumluk üretim çalışmalarında yararlanma potansiyeli bulunmadığından bunlar daha ileri karakterize edilmemiş ve yayınlanmamıştır. Bu çalışmada ortaya koyduğumuz kısır genotiplerin tohumluk üretimi gibi pratik amaçlar için kullanılması söz konusu olmamakla birlikte, üreme fizyolojisi süreçlerinin anlaşılmasında ve temel araştırmalarda kullanılma potansiyeli bulunmaktadır.

6. SONUÇLAR

Susamda gama ışınları ile muamele edilen popülasyonların M2 generasyonunda gözlenen iki kısır mutant karakterize edilerek;

- (i) hem dişi ve hem de erkek organ kısırlığını birlikte taşıdığı;
- (ii) resesif bir gen çifti ile kalıtıldığı;
- (iii) tozlanma olgunluğundaki kısır bitkilerin çiçeklerinde dişi organın özellikle stigmasının normal görünüşlü olduğu ancak erkek organlarının ince, yassı ve yeşilimsi, uçları açılmamış olduğu ve bu özelliğin kısır bitkilerin ayrılmasında başarıyla kullanıldığı; kısır bitkilerin tohum tutmamaları nedeniyle heterozigot genotiplerin kendilenmesiyle kısırlık kaynağının sürdürülebildiği ve aynı sıradaki fertil siblerine göre daha fazla vejetatif aksam geliştirdikleri (dallanma ve bitki boyu artışı) ortaya konmuştur.

Ayrıca, bu tez çalışmasıyla her geçen gün üretimi azalan susam bitkisinin bilimsel bilgi birikimine katkıda bulunarak, karakterize edilen kısırlık kaynakları ile uygulamalı susam ıslahı çalışmalarına ve temel araştırmalarına genetik materyal sağlanmış olup bu iki genotipin temel üreme araştırmalarında araç olarak kullanılabilecekleri sonucuna varılmıştır.

7. KAYNAKLAR

- Ahloowalia, B. and Maluszynski, M. 2001. Induced Mutations – A New Paradigm in Plant Breeding. *Euphytica*, 118: 167-173.
- Akhtar, K.P., Sarwar, G., Dickinson, M., Ahmad, M., Haq, M.A., Hameed, S. and Iqbal M.J., 2009. Sesame Phyllody Disease: Its Symptomatology, Etiology, and Transmission In Pakistan. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 33: 477-486.
- Anitha Vasline, Y. and Ganesan, J. 2003. Development of Male Sterility System. *Sesame and Safflower Newsletter*, 18: 39-42.
- Arioglu, H.H. 1999. Yağ Bitkileri Yetiştirme ve Islahı. Çukurova Üniversitesi Yayınları No: 212.
- Ashri, A. 1981. Increased Genetic Variability For Sesame Improvement by Hybridization and Induced Mutations. In: *Sesame: Status And Improvement*, A. Ashri (Ed.), FAO Plant Production and Protection Paper, Rome, 29: 141-145.
- Ashri, A. 1994. Genetic Resources Of Sesame: Present And Future Perspectives. In: *Sesame Biodiversity In Asia: Conservation, Evaluation And Improvement*. R.K. Arora and K.W. Riley (Eds.). IPGRI Office for South Asia, New Delhi, India, pp. 25-39.
- Bertocchini, A. 2007. Phytoplasmas: Diversity, Taxonomy And Epidemiology, *Front. Biosci.* 12: 673-689
- Cagırgan, M.I. 2001. Mutation Techniques In Sesame (*Sesamum Indicum L.*) For Intensive Management: Confirmed Mutants. In: *Sesame Improvement by Induced Mutations*, IAEA-TECDOC-1195, IAEA, Vienna, pp. 31-40.
- Cagırgan, M.I. 2006. Selection and Morphological Characterization Of Induced Determinate Mutants In Sesame. *Field Crops Research*, 96(1): 19-24.
- Cagırgan, M.I. 2007. Selection and Modification Of Closed Capsule Mutants In Sesame. 7. Tarla Bitkileri Kongresi, ss.408-411, 25-27 Haziran, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Cagırgan, M.I., Mbaye, N., Silme, R.S., Ouedraogo, N. and Topuz, H. 2013. The Impact Of Climate Variability On Occurrence Of Sesame Phyllody And Symptomatology Of The Disease In A Mediterranean Environment. *Turkish Journal of Field Crops*, 18(1): 101-108.
- Cagırgan, M.I., Ozerden, S. and Ozbas, O.M. 2009. Agronomic Trait Assessment And Selection For Number Of Capsules In Determinate X Indeterminate Crosses Of Sesame. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 33: 231-241.
- Cagırgan, M.I., Topuz, H., Mbaye, N. and Silme, R.S. 2014. First Report On The Occurrence And Symptomatology Of Phyllody Disease In Jute (*Corchorus Olitorius L.*) And Its Plant Characteristics In Turkey. *Turkish Journal of Field Crops*, 19: 129-135.
- Carpar H. ve Sertkaya, G. 2015. Doğu Akdeniz Bölgesi'nde Fitoplazma Hastalıklarının Durumu. *Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(2): 76-82.

- Demir, İ. 1962. Türkiye’de Yetiştirilen Önemli Susam Çeşitlerinin Başlıca Morfolojik, Biyolojik ve Sitolojik Vasıfları Üzerinde Araştırmalar. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 53, İzmir.
- Doi, Y., Teranaka, M., Yora, K. and Asuyama, H. 1967. Mycoplasma- or PLT Group Like Microorganisms Found In The Phloem Elements Of Plants Infected With Mulberry Dwarf, Potato Witches ‘Broom, Aster Yellows Paulownia Witches’ Broom. *Annals of the Phytopathological Society of Japan*, 33: 259-266.
- ANONYMOUS, 2017. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>, The National version of FAOSTAT .[Son erişim tarihi: 07.02.2018]
- Ganesan, J. 2001. Development of an Ideal Plant Type And Male Sterility System In Sesame. Sesame Improvement By Induced Mutation. IAEA’, pp. 117-122
- Inal, Ş. 2011. Kapalı Kapsüllü Susam Mutantlarının Fertilité Düzeylerinin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, 44 p.
- Kersting, U. and Başpınar, H. 1997. Occurrence and Distribution Of Spiroplasma Citri and Sesame Phyllody In Sesame In Southern Anatolia. *J. Turk. Phytopath.*, 26(1): 1-9.
- Krishna Rao, M., Uma Devi, K. and Arunuiati, A. 1990. Applications of Genic Male Sterility In Plant Breeding. *Plant Breeding*, 105: 1-20.
- Lee IM, Davis, R. E. and Gundersen Rindal, D.E. 2000. Phytoplasma: Phyto-pathogenic Mollicutes , *Annu Rev Microbial* 54: 221-255.
- Li ,Y., Feng, X. and Zhao, Y. 2001. Studies on Induced Mutation Of Sesame Male Sterility. Sesame Improvement By Induced Mutation. IAEA’, pp. 113-117.
- Osman, H.E. and Yermanos, D.M. 1982. Genetic Male Sterility In Sesame: Reproductive Characteristics And Possible Use In Hybrid Seed Production. *Crop Sci.* 22: 491-498.
- Osman, H.E. and Yermanos, D.M. 2001. Genetic male Sterility in Sesame: Inheritance. In: *New Sources of Fats and Oils* E.H. Pryde et al. (Eds.) AOCS, USA. pp. 69-78.
- Özerden, S. 1998. Determinant ve İndeterminant Susamların (*Sesamum indicum*L.) Verim ve Verim Komponentleri Bakımından Değerlendirilmesi. Doktora Tezi. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, 112 p.
- Topuz, H. 2017. Determinant Susamlarda (*Sesamum indicum* L.) Fillodi Hastalığı Belirtileri ve Bulunuş oranları ile Fillodiye Dayanıklılık Düzeyinin Ova ve Yayla Koşullarında Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, 38 p.
- Weiss, E.A. 1983. Sesame. *Oilseed Crops*. Longman Inc., New York. pp. 282-340.
- Yermanos, D.M. 1980. Sesame. In: *Hybridization of Crop Plants*. W. Fehr and H. Hadley (Eds.), Agronomy Society of America-Crop Science Society of America, USA, pp. 549-563.

ÖZGEÇMİŞ

H. NİHAL DEMİR
nhlbaskaya@gmail.com



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2012-2018	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Antalya
Lisans 2006-2011	Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Antalya