



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



**GAMETOSİT UYGULAMALARININ
MARULDA (*Lactuca sativa* var. *longifolia*)
ERKEK KISIRLIĞINI UYARTICI ETKİLERİ**

Arif Selim ARICI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

**Haziran-2022
KONYA
Her Hakkı Saklıdır**

TEZ KABUL VE ONAYI

Arif Selim ARICI tarafından hazırlanan “**GAMETOSİT UYGULAMALARININ MARULDA (*Lactuca sativa* var. *longifolia*) ERKEK KISIRLIĞINI UYARTICI ETKİLERİ**” adlı tez çalışması **24/06/2022** tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Bahçe Bitkileri** Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Ertan Sait KURTAR

.....

Danışman

Prof. Dr. Ertan Sait KURTAR

.....

Üye

Doç.Dr. Üyesi Musa SEYMEN

.....

Üye

Dr.Öğr. Üyesi Kenan SÖNMEZ

.....

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum.

Prof. Dr.
FBE Müdürü

Bu tez çalışması BAP koordinatörlüğü tarafından 20201079 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Arif Selim ARICI

Tarih: 24.06.2022

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GAMETOSİT UYGULAMALARININ MARULDA (*Lactuca sativa* var. *longifolia*) ERKEK KISIRLIĞINI UYARTICI ETKİLERİ

Arif Selim ARICI

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ertan Sait KURTAR
2022, 48 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Ertan Sait KURTAR
Doç.Dr. Üyesi Musa SEYMEN
Dr.Öğr.Üyesi Kenan SÖNMEZ

Bu çalışmada E4FO (Etil 4-florooksanilat), Etafon ve GA₃ (Giberellik Asit) ametositlerinin 3 marul çeşidinde (Presidential, Yedikule, Maylight352 F1) erkek kısırlığını ortaya çıkarma üzerine etkileri incelenmiştir. Bu amaçla erken tomurcuk döneminde gametosit uygulanan çiçeklerde polen oluşumu, tohum bağlama ve tohum canlılığına bakılmıştır. Elde edilen sonuçlar uygulamaların polen ve tohum oluşumu, tohum canlılığı ve dolayısıyla erkek kısırlığını uyartım üzerine farklı etkilerinin olduğunu ortaya koymuştur. Etafon'ın düşük dozlarda etkili olmadığı yüksek dozlarda ise tomurcuklarda yanmaya ve gelişim geriliğine sebep olduğu belirlenmiştir. E4FO'nun kısmen etkili olduğu ama uygulama dozlarının düşük geldiği kanaatine varılmıştır. Bu sebeple E4FO'nun denenen 1500 ppm ve 2000 ppm dozlarından daha yüksek dozlarda kullanılması gerektiği ortaya çıkmıştır. Erkek kısırlığını uyarıcı etki yönünden en iyi sonuçları GA₃ uygulamaları vermiş, en yüksek kısırlık oranı % 100 ile 200, 250 ve 300 ppm GA₃ uygulamalarından elde edilmiştir. Kısırlığı ortaya çıkaran GA₃ dozlarıyla Yedikule çeşidinde yapılan kontrollü tozlama çalışmaları sonucunda hem kısırlığı ortaya çıkarma hem de dişi organ fertilitasını koruma yönünde 200 ppm GA₃ uygulaması pratikte önerilebilir doz olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gametosit Uygulamaları, Erkek Kısırlığı, F1 Hibrit Tohum Üretimi

ABSTRACT

MS THESIS

THE STIMULATING EFFECTS OF GAMETOCIDE APPLICATIONS IN LETTUCE (*Lactuca sativa* var. *longifolia*) ON MALE STERILITY

Arif Selim ARICI

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
HORTICULTURE

Advisor: Prof. Dr. Ertan Sait KURTAR

2022, 48 Pages

Jury

Prof. Dr. Ertan Sait KURTAR
Assoc. Prof. Dr. Musa SEYMEN
Assist. Prof. Dr. Kenan SÖNMEZ

In this study, the effects of E4FO (Etil 4-florooksanilat), Etafon and GA₃ (Gibberellic Acid)gametocytes on detecting male sterility in 3 lettuce varieties (Presidential, Yedikule, Maylight352 F1) were investigated. For this purpose, pollen formation, seed setting and seed viability were examined in flowers treated with gametocytes in the early bud period. The results revealed that the applications had different effects on pollen and seed formation, seed viability, and thus male sterility. It was determined that Etafon was not effective at low doses, but at high doses, it caused bud burn and growth retardation. It has been concluded that E4FO is partially effective, but the application doses are low. For this reason, it has emerged that E4FO should be used at doses higher than the 1500 ppm and 2000 ppm tested. GA₃ applications produced the best results in terms of stimulating effect on male sterility, and the highest sterility rate was obtained from 200, 250 and 300 ppm GA₃ applications with % 100. As a result of controlled pollination studies with GA₃ doses that reveal sterility, 200 ppm GA₃ application has been determined as the recommendable dose in practice in terms of both revealing sterility and protecting female organ fertility in Yedikule cultivar.

Keywords: Gametocyte Treatments, Male sterility, F1 hybrid Seed Production.

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans eğitim sürecinde tez konumun belirlenmesi, hazırlanması, yazımı ve bu çalışmanın her aşamasında bilgi, deneyim, görüş, yardım ve desteğini esirgemeyen değerli danışman hocam Prof. Dr. Ertan Sait KURTAR'a, bilgi, tecrübe ve desteklerini gördüğüm, her konuda yardımcı olan değerli hocam Doç.Dr. Musa SEYMEN'e, proje fikrinin ortaya çıkma aşamasındaki değerli katkılarından dolayı Prof.Dr. Şeküre Şebnem ELLİALTIOĞLU'na sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

ARIF SELİM ARICI
KONYA-2022



İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
TABLolar DİZİNİ.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAKLAR.....	4
2.1. Maruldaki Erkek Kısırlığı Üzerine Yapılmış Çalışmalar.....	5
2.2. Erkek Kısırlığına Ait Diğer Çalışmalar	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	12
3.1 . Materyal	12
3.1.1. Bitkisel Materyal.....	12
3.1.2. Kullanılan Gametositler	13
3.2. Yöntem.....	15
3.2.1. Bitkilerin Yetiştirilmesi	15
3.2.2. Gametositlerin Uygulanma Aşamasının Belirlenmesi	19
3.2.3. Gametosit Uygulamaları.....	20
3.2.4. Çalışmada İncelenen Özellikler.....	23
3.2.4.1. Polen ve Tohum Oluşumunun İncelenmesi.....	23
3.2.4.2. Tohumlarda Çimlendirme Çalışmaları	23
3.2.4.3. Erkek Kısırlığını Ortaya Çıkaran Uygulamalarla Kontrollü Tozlama Çalışmaları	23
3.3. Verilerin Değerlendirilmesi	26
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	27
4.1. Uygulamaların Polen Oluşumu Üzerine Etkileri	27
4.2. Uygulamaların Tohum Oluşumu Üzerine Etkileri.....	29
4.3. Uygulamaların Tohumların Çimlenmesi Üzerine Etkileri.....	30
4.4. Erkek Kısırlığını Ortaya Çıkaran GA ₃ dozlarıyla Kontrollü Tozlama Çalışmaları	32
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	33
KAYNAKLAR.....	34

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3-1. Denemede kullanılan çeşitler (Orijinal). Mylight352 F1 (üst sol), Presidential (üst sağ), Yedikule (alt)	12
Şekil 3-2. Kullanılan gametositlerin görüntüleri.....	14
Şekil 3-3. Çimlenmekte olan tohumlar (üst sol), şaşırtma büyüklüğüne gelmiş marullar (üst sağ) ve şaşırtılmış fideler (alt).	16
Şekil 3-4. Seraya dikilmiş fideler ve büyümekte olan bitkiler.....	17
Şekil 3-5. Serada gölge tülü çekildikten sonraki bitkilerin durumu.....	19
Şekil 3-6. Marulda farklı gelişme aşamalarındaki çiçek tomurcukları (Presidential)....	20
Şekil 3-7. Gametositlerin spreyleneşmesi.....	21
Şekil 3-8. E4FO uygulanan tomurcuklar (üst sol), giberellik asit uygulanan tomurcuklar (üst sağ), Etafon uygulanan tomurcuklar (alt).....	22
Şekil 3-9. Keselere alınan tomurcuklar.	23
Şekil 3-10. Polen oluşumu gerçekleşmemiş (kısır) bir çiçek (sol), polen oluşturmuş (fertil) bir çiçek (sağ).	23
Şekil 3-11. Çiçekteki tohum varlığının incelenmesi. Dolu tohumlar (sol) ve boş tohumlar (sağ).	24
Şekil 3-12. Hasat edilmiş tomurcuklar.	24
Şekil 3-13. Petri kaplarındaki tohumların çimlendirilmesi işlemleri	25

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 3-1. Gametositler, kimyasal formülleri ve uygulama dozları.....	13
Tablo 3-2. Sera 0-30 cm derinlikteki toprak analiz sonuçları.....	18
Tablo 4-1. Uygulamalara ve çeşitlere göre polen içeren çiçek oranı (%).....	27
Tablo 4-2. Uygulamalara ve çeşitlere göre 100 tomurcuktaki tohum sayısı (adet) ve 100 tohum ağırlığı (g).....	29
Tablo 4-3. Uygulamalara ve çeşitlere göre çimlenme oranları (%).....	31
Tablo 4-4. GA ₃ dozlarına göre Yedikule çeşidinde tohum sayısı (adet), tohum ağırlığı (g) ve çimlenme oranı(%)	32



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

ppm	Milyonda bir birim
g/ha	Gram/hektar
g/da	Gram/dekar
g	Gram
$\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$	Mikrolitre/litre
mm	Milimetre
mg	Miligram
mM	Mili molar
mg/l	Miligram/litre
ml	Mililitre
ml/l	Mililitre/litre
mg/kg	Miligram/kilogram
g/lt	Gram/litre
±	Artı eksi
%	Yüzde
>	Büyüktür
kg	Kilogram
°C	Santigrat derece
cm	Santimetre

Kısaltmalar

Mm	Mili molar
ppm	Milyonda bir birim
GA ₃	Gibberellik Asit
GA	Giberellin

SA	Salisilik Asit
E4FO	Etil 4-florooksanilat
PGS	Bitki büyüme maddeleri
CMS	Sitoplazmik erkek kısırlığı
GMS	Genetik erkek kısırlığı
CGMS	Sitoplazmik-genetik erkek kısırlığı
MH	Maleik hidrazid
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
SCAR	Sequene Characterized Amplified Regions
CAPS	Cleaved Amplified Polymorphic
LSD	Least Significant Difference (Asgari Önemli Fark)
OP	Open polinated (Açık Tozlanan)
F1	Hibrit
P	Presidential
Y	Yedi Kule
M	Mylight352
PO	Polen içeren çiçek oranı
TS	Tohum Sayısı
TA	Tohum ağırlığı
pH	Hidrojen iyonu konsantrasyonu eksi logaritması
EC	Elektriksel İletkenlik

1 . GİRİŞ

Marul (*Lactuca sativa* L.) dünyada yaprakları tüketilen sebze türleri arasında ön sıralarda yer almaktadır (Eşiyok, 2012). Anavatanı Anadolu, Kafkasya, İran ve Türkistan olarak kabul edilmektedir (Balkaya ve Özgen, 2019). Yaprak özelliklerine göre kıvırcık yapraklı (*L. sativa* var. *crispa*), göbekli (baş) (*L. sativa* var. *capitata*) ve Cos marul (*L. sativa* var. *longifolia*) olarak gruplandırılmaktadır (Şalk ve ark., 2008). Yedikule marulu, “Roman marulu” ve “Cos marul” olarak da isimlendirilmekte olup, ülkemizde tüketimi en eskiye dayanan gruptur. Cos terimi, Antik Yunan, Romaine terimi ise Roma İmparatorluğu’ndan gelmektedir. Ülkemizde ise Yedikule olarak isimlendirilmiştir. Kıvırcık marul çeşitleri yaprak büyüklükleri, şekil, yaprak rengi ve tekstür özellikleri yönünden çok fazla çeşitlik göstermektedir (Karaağaç ve Balkaya, 2019). Dünya’nın farklı ülkelerinde bulunan tohum gen bankalarında, marul türünde Türkiye orijinli toplam 682 adet genetik kaynak bulunmaktadır (Karaağaç ve Balkaya, 2017). Marul çeşitleri vejetasyon sürelerinin düşük olması bakımından Türkiye’nin her yerinde yetiştirilebilmekte ve aynı üretim sezonunda birden fazla kez ekilerek marulun pazardaki varlığının devamlılığı sağlanır. Ülkemizde geçmişten beri tüketilen Yedikule marulu en çok üretime sahiptir. Ülkemizde 2020 yılı itibariyle toplam 520.151 ton marul üretimi gerçekleşmiştir. Marul tarımında, bölgelere göre ve segment gruplarına göre ürün payları önemli düzeylerde değişkenlikler göstermektedir. Buna göre marul üretiminin % 39.8’i (207.234 ton) kıvırcık yapraklı marul, % 43.4’ü (225.639 ton) göbekli marul ve % 16.8’i (87.278 ton) ise Iceberg (baş salata) tipi marullardan oluşmuştur. Ülkemizde göbekli (baş) marul üretimi en fazla Akdeniz Bölgesinde (% 56.6) ve Ege Bölgesinde (% 15.1) yapılmaktadır. Adana İli göbekli marul yetiştiriciliğinin en fazla (65.454 ton) gerçekleştiği üretim merkezidir. Diğer önemli üretici iller ise Ankara (23.515 ton), Mersin (21.345 ton) ve Antalya (17.838) illeri olarak sıralanmıştır. Türkiye’de kişi başına marul tüketimi 5.4 kg’dır (TÜİK, 2020).

İslah çalışmalarında başarıya ulaşmak için varyasyona sahip genetik materyal mevcudiyetine ihtiyaç vardır. Başarılı bir marul ıslahı, sınırlı bir zaman içerisinde bitkinin özel yetiştirme isteklerine uygun koşulları ayarlayarak gözlem yapma, değerlendirme, seçme ve tohum alma aşamalarını gerektirmektedir. Salata grubu türlerde ıslah çalışmaları klasik yöntemlerle dünyada sürdürülmektedir (Prohens ve Nuez, 2008). Bitkinin çiçek yapısının emaskülasyon ve melezleme işlemlerini zorlaştırması ve sebzelerde yerli çeşit ıslahında önceliğin yazlık türlere verilmesi nedeniyle marulda ıslah çalışmaları ülkemizde eksik

kalmıştır. Marulda çiçek sürgünü üzerindeki demetler 12-20 adet çiçek taşır (Feráková, 1977). Erselik çiçekli marullar obligat kendine dölleniirler. Çiçek yapısı nedeniyle stil, anterler arasından uzama esnasında polenlerle kaplanır ve yabancı dölllenme oranı çok düşük (% 1) kalır (Thompson, 1958). Marul polenlerinin ağır ve yapışkan olması rüzgarla taşınımını zorlaştırır; böceklerin kullanımını başarısızdır ve elle tozlamanın büyük miktarlarda yapılması uygulanabilir değildir. Bu nedenlerle hibrit çeşit üretimi ticari olarak mutlaka destek uygulamalara ihtiyaç duyar (Ryder ve Ryder, 1999). Klasik melezleme için emaskülasyon işlemi, dişi olarak kullanılacak çiçeğin stigması V şekline ulaştığında su püskürtülerek polenlerin yıkanması esasına dayanmaktadır (Nagata, 1992).

Ana ebeveynlerde erkek organ kısırlığı özellikleri sitoplazmik, genetik ve sitoplazmik-genetik kökenli olabilmektedir ve marul ıslahında kullanıldığını gösteren kaynaklar vardır (Curtis ve ark., 1996; Goubara ve Takasaki, 2004; Takada ve ark., 2007; Hayashi ve ark., 2011; Ananthi ve ark., 2013; Michel ve Soussin, 2014). Ancak indükleyici ms genini bulunduran materyaller patentli olmalarından dolayı, bu materyalleri temin edemeyen ıslahçılar için gametosit uygulamaları tercih edilmektedir (Eenink ve Vereijken, 1978). Ayrıca gametosit yoluyla elde edilmiş kısırlıkta diğer kısırlık tiplerinde olduğu gibi kısır ve restorer hatlarının tespit edilmesi, bu hatların devamlılıklarının sağlanması gibi işlemlere gerek kalmaz, gerek zamandan gerekse işgücü ve maliyetten tasarruf edilmiş olur.

Gametositler genellikle polen oluşumunda deformasyonlara (mayoz bölünme aşamasında) neden olan, çimlenme yeteneği kaybolmuş ve dolayısıyla dölllenme yeteneği olmayan polen oluşumuna yol açan kimyasallar olarak bilinir ve birçok türde F1 hibrit ıslahında başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Colombo ve Galmarini, 2017; Hussain ve ark., 2018; Tinna, 2019). Uygun bir gametosit, mutajenik ve toksik etkisi olmayan, uygulama dozu ve zamanı açısından kısıt oluşturmayan, çevre dostu, F1 hibrit tohumlukta olumsuz etkisi olmayan, tohum bağlamada sorun oluşturmayan, aynı zamanda ucuz ve kolay uygulanabilen bir kimyasal olmalıdır (Adhikari, 2012). Özellikle maleik hidrazid, giberellinler, dalafon, mendok, etafon ve etiloxanilatlar gibi maddeler sebzelerde erkek kısırlığını uyartıcı kimyasallar olarak kullanılmaktadır. Marul türünde erkek kısırlığını uyarmaya yönelik olarak yapılan ilk gametosit uygulamaları Eenink (1977) tarafından gerçekleştirilmiş, araştırmacılar marulda erken tomurcuk döneminde GA₃ uygulamaları ile erkek kısır marul bitkilerini elde ettiklerini bildirmişlerdir.

Günümüz marul üretiminde kullanılan çeşitlerin büyük bir çoğunluğu açık tozlanan (OP) standart çeşitlerdir. Zira marulda F1 hibrit tohum üretimi türün sahip olduğu çiçek

yapısı sebebiyle klasik yöntemlerle mümkün değildir ve soğan, havuç gibi türlerde kullanılan erkek kısırlığı yönteminden faydalanmak zorunludur. Marulda GMS erkek kısırlığı 1960'lı yıllardan bu yana bilinmesine rağmen gen transfer tekniklerinin gelişmesiyle birlikte 2002 yılından itibaren GMS kaynaklı F1 hibrit marul çeşitleri dünya tohum piyasasında yerini almaya başlamıştır.

Sunulan bu çalışmada çiçeklenme başlangıcında ve erken tomurcuk döneminde gametositler uygulanarak yüksek oranda erkek kısırlığını (> % 95) ortaya çıkaran, bitki ve çiçek gelişimini olumsuz etkilemeyen (tohum bağlamayı ve tohumlarda canlılığı azaltmayan) etkili kimyasal madde ve dozunun tespit edilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla E4FO, Etafon ve GA₃ uygulamaları yapılan çiçeklerde polen oluşup oluşmadığı (Nortin, 1966), çiçeklerin tohum bağlayıp bağlamadığı, tohum varsa çimlenip çimlenmediği belirlenmiştir. Bu sayede, ülkemize ait marul çeşitlerimizin olmadığı ve büyük bir kısmı ülke dışından getirilen tohumlarla yapılan ülkemiz marul yetiştiriciliğinde ilk yerli F1 hibrit marul çeşit ıslahı için melezlemeyi kolaylaştırıcı teknik bir uygulamanın ilk sonuçları da ortaya konulmuştur. Böylece İleri de yapılması muhtemel çalışmalarla ülke içerisinde yeni F1 hibrit marul çeşitlerin geliştirilmesi söz konusu olabilecek, tescil edilebilecek bu çeşitlerin tarımsal üretimde kullanımı ile dışarıya bağımlılığı azaltılabilecek, üreticilerin daha ucuz ve kolay yoldan tohum bulabilmesi sağlanabilecek, ülke ve üretici gelirine katkıda bulunulabilecektir.

2 . KAYNAKLAR

Bir bitkinin fonksiyonel olarak gamet üretememesi ve dolayısıyla verimsizliğe neden olması kısırlık olarak adlandırılabilir. Bir bitkinin canlı polen taneleri üretememesi ile karakterize edilen kısırlık, erkek kısırlığı olarak bilinir. Erkek kısırlığı, tozlaşma kontrolü için bir cihazdır ve üremeyi kolaylaştıran veya zorlayan, sonuç olarak popülasyondaki heterizigotluğu artıran bir mekanizma olarak karakterize edilmiştir. Bu sistem ilk olarak 1943 yılında Jones ve Clarke tarafından hibrit tohum üretiminde kullanılmıştır (Jones, 1943). O zamandan beri erkek kısırlığı sebzeler de dahil olmak üzere hububat ve bakliyat da dahil olmak üzere çeşitli ürünlerin hibrit tohum üretiminde bir araç olarak kullanılmaktadır (Billore, 2015). Erkek kısır bitkiler ya doğal popülasyonlardan izole edilmekte ya da mutasyon ıslahı yoluyla yapay olarak indüklenebilmektedir. Günümüzde erkek kısırlığı genetik mühendisliği ve protoplast füzyonu yoluyla uyarılabilmektedir (Kumar, 2013).

Gametositler, erkek cinsiyet hücrelerini seçici olarak sterilize ederek kendi kendine tozlaşmayı önler ve bir dış polen kaynağı tarafından döllenmeyi teşvik etmek için mikrosporogenezi kesintiye uğratarak istenilen çeşitle melezlemeyi kolaylaştırır ve böylece hibrit çeşit geliştirme fırsatları sunar (Collantes ve ark., 1999).

Sebze çeşit ıslahında; son yıllarda adaptasyon, verim, kalite, hastalık ve zararlılara dayanıklılık yönünden istenen özelliklere sahip çeşitlerin geliştirilmesi ve tohum üretimine yönelik olarak önemli başarılar elde edilmiştir. Bu hususta polinasyon kontrol yöntemleri de kullanılmaya başlanmıştır. F1 hibrit tohumların daha kolay ve ekonomik olarak üretilmesi amacıyla sebze ıslahında, polinasyon kontrol yöntemleri üzerinde çok sayıda araştırmalar yürütülmüştür. Sebze türlerinden soğan, havuç ve lahanagillerde erkek kısırlığından yararlanılarak F1 hibrit tohum üretimi günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. *Solanaceae* familyasına ait sebze türlerinde ise pratik kullanım imkanı bulunsa bile pratikte sorunlarla karşılaşmaktadır (Karaağaç ve Balkaya, 2009).

Maruldaki çiçek yapısı erselik olduğundan ve çiçek morfolojisinden dolayı yüksek oranda kendine döllenir (% 99.2). Marul polenlerinin ağır ve yapışkan olması rüzgarla taşınımını zorlaştırır; böceklerin kullanımı pratikte başarısızdır ve elle tozlaşmanın büyük miktarlarda yapılması uygulanabilir değildir. Bu nedenlerle hibrit çeşit üretimi ticari olarak mutlaka destek uygulamalara ihtiyaç duyar (Ryder ve Ryder, 1999). Marulda erkek kısırlığı tipleri genetik, sitoplazmik, sitoplazmik-genetik kısırlığı görülmektedir. Kısır gene

sahip marullar kullanılarak erkek kısırlığı sağlanır ve F1 hibrit tohum üretimi kolaylaştırılır. Gametosit uygulamaları ile de bitkilerde erkek kısırlığı sağlanabilir. Dünyada ve ülkemizde erkek kısırlığını uyartım yönünde gametosit uygulamaları üzerinde yapılan bazı araştırmalar aşağıda özetlenmiştir.

2.1 . Maruldaki Erkek Kısırlığı Üzerine Yapılmış Çalışmalar

Marulda erkek kısırlığında ilk gametosit uygulamaları 1976 yılında GA uygulaması ile yapılmıştır. Bu amaçla 25, 50, 100, 200, 400 ve 800 mg/l GA uygulanmıştır. GA çiçek tomurcukları 1-2 mm büyüklüğündeyken spreyleneştir. GA püskürtüldükten sonra uzun ve ince çiçek sapları oluşmuştur. GA'nın çiçek tomurcuklarına püskürtülerek erkek kısırlığını oluşturduğu ortaya konmuştur (Eenink, 1977).

Marulda GA₃ uygulamasının çiçek tomurcuklarındaki anatomik değişiklikleri incelenmiştir. Tüm çiçek kısımlarında hücre bölünmesinde artış meydana gelmemiştir. Anterler veya sporojen GA₃ uygulamasından sonra anterlerdeki doku pek gelişmemiştir. Bazen bunun yerine belirli tümörler oluşmuş, bu da boş anterle sonuçlanmıştır (Eenink ve Vereijken, 1978).

Curtis ve ark. (1996) marulda genomik erkek kısırlığı kullanılarak F1 hibrit tohum üretiminde erkek kısır bitkiler elde etmeyi amaçlamıştır. Dönüştürülen transgenik bitkilerin tümünde erkek kısırlığı gözlemlenmiştir.

Yılmaz ve ark. (2002) marulda GA'nın, yaprak gübresi ve bazı bitki gelişim düzenleyici maddelerin baş oluşumuna etkileri incelenmiştir. Baş oluşumuna ve ağırlığına GA'nın etkisi bulunmadığı ve GA'nın gövde uzunluğunu arttırdığı tespit edilmiştir.

Marul çiçeklerini ziyaret eden böcekler tarla ve muhafaza koşullarında incelenmiş, 3 takıma ait 11 türden böcek gözlemlenmiştir. Çiçekleri en çok ziyaret eden türün ter arıları (*Lasioglossum villosulum trichopse*) olduğu belirlenmiş, marul çiçeklerinde bal arılarına rastlanmamıştır. Marul çiçeğini en çok ziyaret eden ve en çok uzun süre uçuş gerçekleştiren böcek ter arısıdır. Ter arısının marulun hibrit tohum üretimi için bir tozlayıcı olabileceği kanaatine varılmıştır (Goubara ve Takasaki, 2003).

Marulda erkek fertil ve genetik erkek steril çiçeklerde ter arısının etkisi incelenmiştir ve tozlayıcı böcek kullanılarak marulda F1 hibrit tohum üretimi sağlanmıştır.

Marulda ilk kez tozlayıcı böcek kullanılarak hibrit tohum üretimi başarılmıştır (Goubara ve Takasaki, 2004).

Takada ve ark. (2007) mutasyona uğramış kavun etilen reseptör geni Cm-ERS1/H70A kullanarak marula uygulamış ve 13 transgenik maruldan 5'inde erkek kısırlığı meydana gelmiştir.

Genetik erkek kısırlığı marul gibi kendi kendine tozlaşan türlerde hibrit tohum üretimi için önemli bir yöntem olmuştur. Marulda (*Lactuca sativa* L.) spontan bir mutasyondan geliştirilen bir GMS hattı elde edilmiştir. Elde edilen GMS'ye sahip marulun moleküler haritasının çıkarılması ve erkek kısırlığı gösteren bireylerin çekinik bir gen tarafından kontrol edildiği ortaya çıkmıştır. Çekinik genin moleküler haritasının çıkarılmaya çalışılmıştır. Sonuç olarak erkek kısırlığına ait çekinik genin SCAR ve CAPS markörlerine dönüştürülüp harita tabanlı klonlaması için bilgi elde edilmiştir. Marulda F1 hibritleri üretmek için GMS'nin kullanılabileceği ifade edilmiştir (Hayashi ve ark., 2011).

Marulda erkek kısırlığı genotipine sahip olan heterozigot hibrit marul çeşidi üretmek için fenotipik olarak erkek steril ve fenotipik olarak erkek fertil bitkilerin kapalı bir ortamda tozlanması sağlanarak melez *Lactuca sativa* tohumların üretilmesi ve erkek steril bitkilerden tohumların hasat edilmesi sağlanmıştır (Michel ve Soussin, 2014).

Khatib ve ark. (2016) marulda fiziksel emaskülasyon ve gametosit uygulamalarını karşılaştırmış, 50, 100, 200 ppm'lik giberellin konsantrasyonlarının etkileri değerlendirilmiştir. En yüksek etki ise 200 ppm'lik giberellin konsantrasyonunda elde edilmiş, hibrit tohum oranı yaklaşık % 85 olarak belirlenmiştir.

2.2 . Erkek Kısırlığına Ait Diğer Çalışmalar

Welch ve Grimball (1947) erkek steril havuçları 1945-1946'da tespit etmiştir.

Kimyasal olarak indüklenen erkek kısırlığı ilk kez Nelson ve Rossman (1958) tarafından mısır bitkisinde giberellin uygulaması ile yapılmıştır.

Yerel çeşitler içinden erkek kısır soğan formlarının saptanması, bölgeye en uygun hibrit kombinasyonların üretilmesi için bir ön koşuldur. Bazı soğan popülasyonlarının erkek kısır formları açısından çok zengin olduğu tespit edilmiştir (Berninger, 1965).

100 ila 500 ppm'de test edilen 15 kimyasaldan MH'nin (maleik hidrazit) patlıcan, bamyaya, biber ve domateste yüksek düzeyde polen sterilitesi sağlamada en etkili olduğu

görülmüştür. % 0,2 ile % 0,8 arasındaki Mendok (2,3-dikloroizobutirat) da yüksek derecede polen kısırlığına neden olmuştur, ancak bitki canlılığı ve meyve tutumunda olumsuz bir etki ortaya çıkmıştır (Saimbhi ve Brar, 1978).

Üç arpa çeşidinde 49 g/da etafon dozuyla yapılan bir çalışmada başaktaki kısır ve fertil başakçık sayısının kullanılan çeşitlere ve etafona bağlı olarak değiştiği, biki boyunda kısalmaların meydana geldiği bildirilmiştir (Bulman ve Smith, 1993).

Giberellinler, sitokininler, oksin, absisik asit ve etilenin, erkek kısırlığının ifadesini doğrudan veya dolaylı olarak etkilediğini göstermiştir. Erkek steril bitkilerde birden fazla bitki büyüme maddesinin etkisinin olduğu tespit edilmiştir (Sawhney ve Shukla, 1994).

Ali ve ark. (1999) tarafından yapılan çalışmada çeltikte 1.5 mg/l E4FO'nun % 99.7 veya % 100 oranında erkek kısırlığını indüklediği belirlenmiştir. Aynı şekilde Devakumar (2006) buğdayda 1.5 mg/l E4FO'nun % 99.7 veya % 100 erkek kısırlığını indüklediğini ifade etmiştir.

Farklı dozlarda GA₃ uygulamasının aspirin farklı dönemlerinde erkek kısırlığı oluşturup oluşturmadığını incelenmiş ve izolasyonlu ve izolasyonsuz ortamda GA₃'ün tohum sayını önemli miktarda düşürdüğü belirlenmiştir (Baydar, 2000).

Çoğu yüksek bitki türü hermafrodittir ve erkek kısırlığı genellikle gelişimsel bir anomali olarak kabul edilmiştir. Aslında, erkek kısırlığının birçok olası nedeni arasında, doğada en sık karşılaşılanı, türlerin evriminde aktif rol oynayan ve ana bireyden kalıtımını alan sitoplazmik erkek kısırlığıdır. Son moleküler çalışmalar, bu karakterin, çok güçlü rekombinojenik aktivitesi sayesinde mitokondriyal genom içinde oluşturulan ek genler tarafından belirlendiğini göstermiştir (Budar ve Pelletier, 2001).

Goetz ve ark. (2001) tarafından yapılan çalışmada tütünden izoenzim Nin88'i kodlayan gen klonlanmış ve bu genin erkek kısırlığına dolaylı yoldan sebep olduğu belirlenmiştir. Hibrit çeşitlerin kullanılması verim ve kalitede olağanüstü artışlar sağlamıştır. Hibrit tohum üretimi için en büyük sorun kendi kendine tozlaşmayı önlemek için bir tozlaşma kontrol sistemi gerekmesidir. Geçtiğimiz yıllarda genetik mühendisliği yardımıyla esas olarak nükleer kodlanmış erkek kısırlığının üretilmesine dayanan yeni tozlaşma kontrol sistemleri geliştirilmiştir. Bu sistemin başarılı bir şekilde kullanılması erkek dişi ebeveyn soyunun verimli ve ekonomik olarak çoğaltılıp çoğaltılmayacağına bağlıdır (Perez-Prat ve van Lookeren Campagne, 2002).

GA₃ uygulanan transgenik tütün bitkileri, ince uzun cılız gelişmekle birlikte erkek kısırlığına da sahip olmuştur. Kısırlığa sahip erkek steril genetik hatlar çiçek dönemine kadar yetiştirilmiş, erkek kısırlığını tersine çevirmek ve tohum elde etmek için kinetin uygulaması yapılmıştır. Yapılan Kinetin ile restore edilmiş çiçekler morfolojik olarak normal gelişmiş ve tohum vermişlerdir. 2 hafta boyunca gün aşırı 15 mg kinetin içeren bir solüsyonla muamele edilmiştir (Huang ve ark., 2003).

Kalıtımı sitoplazmik olan erkek kısırlığı (CMS), fonksiyonel polen üretme başarısızlığını koşullandıran organel ve nükleer genomlar arasındaki etkileşimden kaynaklanmaktadır. CMS, ticari F1 hibrit tohum üretimi için erkek steril bitki popülasyonları üretmek için uygun bir mekanizmadır. Hibrit tohum üretmek için CMS'nin kullanımı çok uygun maliyetlidir ve çok sayıda bitkide yaygın olarak kullanılmıştır (Havey, 2004).

Etilen, meyve ve çiçek gelişimi, üreme fizyolojisi ve çevresel uyarılara tepkiler dahil olmak üzere bitkilerdeki birçok fizyolojik ve gelişimsel süreci kontrol ettiği belirlenmiştir. Son zamanlarda, mutasyona uğramış kavun etilen reseptör genlerinin aşırı ekspresyonunun polen gelişimini etkilediğini ve transgenik bitkilerde erkek steril fenotipi indüklediğini göstermişlerdir (Takada ve ark., 2005).

Ethrell'in buğday için etkili bir gametosit olduğu bildirilmiştir (Dotlacil ve Apltauerová, 1978), ancak erkek kısırlığı için gereken oranlarda çok yüksek derecede dişi kısırlığını da indüklediği bulunmuştur (Chakraborty ve Devakumar, 2005).

29 buğday genotipinde (*Triticum aestivum* L.) yeni bir erkek gametosit sınıfı olan Etiloksanilatlar'ın etkinliği çalışılmıştır. Bu sınıfın en aktif örneği etil 4-florooksanilat (E4FO). E4FO, özellikle çeşitli tarımsal özellikler ve dişi doğurganlığı üzerinde saptanabilir etkiler olmaksızın erkek kısırlığını indüklemiştir. % 0.15 E4FO ile bir kez muamele edilen bitkiler, toplam verimde önemli bir azalmaya neden olmadan % 99.76 ± % 0.37 polen ve çiçek sterilitesi sergilemiştir. E4FO, % 0.15 test konsantrasyonunda 29 buğday genotipi üzerinde taranmıştır ve erkek kısırlığını indüklediği gözlemlenmiştir (Chakraborty ve Devakumar, 2006).

Duca ve ark. (2008) tarafından yapılan çalışmada ayçiçeğinde giberellin ile indüklenen erkek kısırlığı araştırılmıştır. Giberellinlerin uygun dozda ve zamanda erkek kısırlığını oluşturduğu tespit edilmiştir.

Ayçiçeğinde giberellik asit, ethrel ve salisilik asit arasından en yüksek erkek kısırlık oranı gibberellik asit uygulamalarından elde edilmiş ve bu oranlar % 9.34-100 arasında değişmiştir. Salisilik asit uygulamalarında % 9.34-36.0, ethrel uygulamalarında ise % 24.52-42.50 arasında değişmiştir. Gibberellik asitin T3 dönemi % 0.1 ve % 0.2 dozlarının, hibrit ayçiçeği tohumluk üretiminde etkin bir şekilde kullanılabilceği sonucuna varılmıştır. T3 dönemi ise çiçek tomurcuklarının 2.0 cm den büyük olduğu ve yaprak sayısının 12-16 arasında değiştiği dönemdir (Yılmaz, 2010).

Sakata ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışmada buğday, arpa ve ticari olarak önemli diğer çeşitli hububat türlerinde, anter gelişiminin erken evresinin özellikle yüksek sıcaklıklara duyarlı olduğu belirlenmiştir. Bazı bitki dokularında artan sıcaklıklarda oksin biyosentezinin aktivasyonu rapor edilmiştir. Buna karşılık, burada yüksek sıcaklık koşulları altında, arpa ve *Arabidopsis*'in gelişen anterlerinde endojen oksin seviyelerinin özellikle azaldığını bulmuşlardır. Ayrıca oksin biyosentezi genleri artan sıcaklıklarla baskılanmıştır. Oksin uygulaması her iki bitki türünde de erkek kısırlığını tamamen tersine çevirmiştir. Bu bulgular, dokuya özgü oksin azalmasının, polen gelişiminin azalmasına yol açan yüksek sıcaklık yaralanmasının birincil nedeni olduğunu göstermiştir. Bu nedenle, oksin uygulaması, gelecekteki iklim değişikliğine rağmen sabit mahsul veriminin sürdürülmesine yardımcı olabilir.

Tritikalede çiçeklenme sonrası etafon uygulamalarının tane verimi, verim öğeleri ve tane proteine etkileri incelenmiş, 0, 200, 400, 600, 800 g/ha etafon dozları kullanılmıştır. Etafon dozlarının verim üzerinde büyük bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir (Kara, 2013).

Genetik erkek kısırlığı, biber melezleri, CH1 ve CH3 ve iki kavun melezi, Punjab Hybrid ve Punjab Anmol geliştirmek için başarıyla kullanılmıştır. Lahana melezleri, H-64 ve KCH-4 ve havuçtan Pusa Vasudha, CMS kullanılarak geliştirilmiştir (Prasanth ve Kumary, 2014).

Ghebrehiwot ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada *Eragrostis tef*. bitkisinde 4 gametositin erkek kısırlığına etkileri incelenmiştir. Kullanılan gametositler ethrel, asetik asit, E4FO, promalin® (% 1.8 GA₄₇ – giberellinler A₄+A₇ ve % 1.8 6-BA-benzyladenin)'dir. E4FO'nun 1500 ila 3000 ppm oranlarında ve Ethrel'in 5000 ppm'de uygulanmasıyla neredeyse tama yakın polen sterilitesi (% 99,50 ± % 0,50) elde edilmiştir.

Culpan (2015) tarafından yapılan çalışmada gibberellik asit ve salisilik asidin asperide verim ve kalite özelliklerine etkisi incelenmiştir. Salisilik asid 0.1, 0.5 ve 1 mM dozları ile gibberellik asidin kontrol, 100, 200 ve 300 ppm dozları kullanılmıştır. 300 ppm GA₃ uygulamasıyla yağ oranı % 34,3'ten % 41,2'ye kadar artmış, SA uygulamasının yağ oranına önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Sorgumda erkek kısırlığına gametositlerin etkisi incelenmiş, bu amaçla Etil 4-florooksanilat ve ethrel gametositleri uygulanmıştır. Etil 4-florooksanilat dozları 1, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 mg/l ve ethrel dozları 1, 2, 3, 4, 5 ml/l kullanılmıştır. Ethrelinde erkek kısırlığına etkisinin olduğu belirlenmiştir ama etkisinin % 76 civarında olmasından dolayı E4FO'nun etkisinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. E4FO 2 mg/l de neredeyse tam polen sterilitesi (% 97-% 100) belirlenmiştir ve dişi hücrelere hiçbir olumsuz etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Amelework ve ark., 2016).

Bitkilerin büyüme ve gelişmesinde büyüme düzenleyicilerinin kullanımı oldukça önemlidir. İçsel hormonların etkileri sentetik büyüme düzenleyicilerle benzer sonuçlar elde edilebilir. Bu amaçla oksin, sitokinin, giberellinler, absisik asit, ve etilenin yanında brassinosteroidler, salisilik asit, jasmonatlar ve poliaminler gibi çeşitli büyüme düzenleyicilerinin de kullanımı giderek artmaktadır. Büyüme düzenleyicilerinin bilinçsiz bir şekilde kullanılmaları sonucu toprakta ve yer altı sularında birikim meydana gelerek canlılarda toksik etkiler görülebilmektedir. Sentetik büyüme düzenleyicilerinin canlılara olumsuz etkilerinin olması ve kullanımının pahalı olması, çevreye zarar vermeyecek doğal alternatif yöntemleri akla getirmektedir. Mikroorganizma kullanımı, yaralama işlemi, alternatif hormon kullanımı, eğme-bükme, etiolasyon ve gama ışını gibi uygulamalarla içsel hormonların biyosentezini ve konsantrasyonlarını arttırmak mümkün olmuştur. Bu sayede kullanılan büyüme düzenleyicilerinin etkinliği artabilmekte ya da kullanım düzeyleri düşmektedir (Algül ve ark., 2016).

Küresel düzeyde, sitoplazmik erkek kısırlığı (CMS) ve sitoplazmik genetik erkek kısırlığı (CGMS), sebzelerin çoğunda yaygın olarak kullanılmaktadır. Hindistan'da CMS ve CGMS sistemine dayalı sebze hibritleri sınırlandırılmıştır. Hindistan'da ticari olarak yalnızca F1 hibrit geliştirmek için genetik erkek kısırlığı (GMS) biber ve kavunda, CGMS sistemi ise biber, soğan ve havuçta kullanılmıştır (Hussain ve ark., 2018).

Hibrit karnabahar tohumunun maliyetini azaltmak ve zamandan tasarruf etmek için elle emaskülasyon teknikleri yerine sitoplazmik erkek kısırlığı kullanılmıştır (Sekhon ve ark., 2018).

Arpada 200, 400, 600 ve 800 ppm GA₃'ün erkek kısırlığına etkisi incelenmiştir. Tamamen erkek kısırlığı elde edilememiş, ancak 800 ppm GA₃ önyükleme döneminde uygulanırsa en yüksek erkek kısırlığını oluşturduğu tespit edilmiştir (Altındal, 2019).

Kavunda çeşitli konsantrasyonlarda % 40 ethrel (100, 200 ve 400 µL·L⁻¹) uygulamaları, ana gövdede erkek ve erselik çiçeklerin ortaya çıkmasını geciktirmiş ve yan dallarda dişi ve erselik çiçek oluşumunu engellemiştir. Ayrıca, ethrel ana gövdedeki çiçek cinsiyetini değiştirmiştir. Kavun eşey tiplerinin andromonoecious'tan hermafrodit'e, monoecious'tan gynoecious'a ve hermafroditikten gynomonoecious/gynoecious'a dönüştürülebileceği ve sadece dişi çiçeklere sahip kavun bitkilerinin elde edilmesi için büyük bir olanak sağlayacağı bulunmuştur (Ye ve ark., 2020).

Kupke ve ark. (2021) tarafından yapılan çalışmada arpanın gelişimine ve çiçeklenme zamanının geciktirilmesine bitki büyüme düzenleyicilerinin etkileri incelenmiştir. Gibberellin (GA) ürünleri, gelişimi değiştirmek için en büyük potansiyeli göstermiştir. GA inhibitörü trinexapac-etil, kontrollü koşullar altında genetik olarak farklı arpa çeşitlerinde çiçeklenme süresini geciktirmiştir.

3 . MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 . Materyal

3.1.1. .Bitkisel Materyal

Çalışma Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümüne ait cam sera ve bahçe bitkileri laboratuvarında 2021 yılı ilkbahar döneminde yürütülmüştür. Çalışmada yaprak tipi bakımından göbekli marul tipine sahip Mylight352 F1, Presidential ve Yedikule çeşitleri kullanılmıştır (Şekil 3-1).



Şekil 3-1. Denemede kullanılan çeşitler (Orijinal). Mylight352 F1 (üst sol), Presidential (üst sağ), Yedikule (alt)

MyLight 352 F1 : Yedikule tipi (cos) hibrit düz marul çeşididir. İlkbahar , Erken Yaz ve Erken Sonbahar hasatlarına uygundur. Dış yaprakları koyu parlak yeşil ve hafif kabarcıklı olup dik büyüme gösterir. Sapa kalkmaya dirençli, çok iyi dürülebilen, göbekli ve meyve ağırlığı yüksek bir çeşittir. Kalın yaprak yapısı ile uzun raf ömrü ve nakliyeye dayanıklılık sağlar. Fusarium solgunluğu (*Fusarium oxysporium* f.sp. *lactucae* (Fol) 1 ırkına, uç yanıklığı (Tipburn) ve Marul Mildiyösünün (*Bremia lactucae*) 16, 17, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31 ırklarına dayanıklıdır.

Presidential : Baharlık ve yaz üretimine uygundur. Yağlı ve gevrek yapısı ile lezzetli, sapa kalkmaya mukavemetlidir. Örtü altı ve açık alan üretimine uygun, kapalı baş yapısı ile verimlidir. Güçlü yaprakları ile iri göbek yapısına sahiptir. Dekara dikilecek bitki sayısı 5.500 - 6.500 arasındadır. Kapalı hava koşullarında göbek yapmaya mukavemetlidir. Fusarium solgunluğu (*Fusarium oxysporium* f.sp. *lactucae* (Fol) 1 ırkına ve marul mildiyösünün (*Bremia lactucae*) 16, 17, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32 ırklarına dayanıklıdır.

Yedikule : Yaprakları uzun, sarımtırak yeşil, ince, narin ve gevreklerdir. Ayrıca yaprak damarları da ince ve yüzeyi kabarcıklıdır. Yağlı, geniş ve gevrek yaprak yapılı olup, güçlü, dik büyüyen, yeşil renkli, iri ve sıkı göbeklidir. Baş ağırlığı ortalama 800 gr. dır. Soğuğa dayanıklı, sıcağa toleranslıdır. Sonbahar ve ilkbahar ekimine uygundur. Aşırı sıcaklarda sapa kalkar. Dikimden itibaren ilk hasada ortalama 85 günde gelir.

3.1.2. Kullanılan Gametositler

Çalışmada kullanılan gametositlerle ilgili bilgiler Tablo 3-1’de verilmiştir.

Tablo 3-1. Gametositler, kimyasal formülleri ve uygulama dozları.

Gametositler	Kimyasal Formülleri	Uygulama Dozları (ppm)
GA₃ (Giberellik asit)	C ₁₉ H ₂₂ O ₆	50, 100, 150, 200, 250, 300
Ethyl 2-(4-fluoroanilino)-2-oxoacetate	C ₁₀ H ₁₀ FNO ₃	1500, 2000
Etafon	C ₂ H ₆ ClO ₃ P	1000, 1500, 2000, 3000, 4000

Gametositlerden GA₃ (Giberellik asit) ticari Berelex formunda, Etafon ticari Maysal formunda kullanılmış, Ethyl 2-(4-fluoroanilino)-2-oxoacetate ChemCruz firmasından temin edilmiştir (Şekil 3-6).



Şekil 3-2. Kullanılan gametositlerin görüntüleri

Giberellik Asit : Sürgün ve gelişen tohumların genç dokularında sentezlenir. Hem ksilem hem de floem içerisinde taşınır. Bugün bilinen 100'e yakın GA serisi bulunmakta olup, bunların 50'den fazlası bitki tohumlarında bulunmuştur. Ancak, ticari amaçla en yaygın kullanılan GA₃'tür (Walsh ve ark., 2003). Tohum çimlenmesini, meristemden gövde büyümesine kadar geçişi, yaprak gelişimini, vejetatif aşamadan çiçeklenmeye geçişi, cinsiyet belirimini ve çevresel faktörlere bağlı olarak tahıl gelişimini tetikler, dormansinin kırılmasını sağlar. Giberellik asitin en aktif olduğu yer stamenlerdir ve erkek çiçek üretimini ve çiçek sapı gelişimini etkiler. Meyve tutumunu, kaliteli ve bol ürün alınmasını, meyvelerin ağaçta daha uzun süre kalmasını, meyvedeki kalite bozukluklarının giderilmesini, erkenciliği ve verim artışı sağlayan, bazı meyve

türlerinde partenokarpik meyve gelişimini teşvik eden sitokin grubu bir hormondur. Bitkilerde çiçeklenme ve meyvelerde daha iyi bir büyüme sağlamak için kullanılan doğal bir bileşiktir. Gibberellinlerin insan sağlığına zarar verdiğine dair bulguya rastlanmamıştır.

Etafon : Etilen içeren ve ethrel adıyla da bilinen yapay bir hormondur. Bitkilerde verimliliği artırmada, ürün kalitesini yükseltmede ve bitkileri hastalık ve zararlılara karşı direncini artırmak için kullanılan bir hammaddedir. Genel olarak bitkilerde gelişim düzenleyici olarak kullanılır. Olgun yeşil domateslerin kızarmasını hızlandırmak, erken yoğun ve yeknesak hasat sağlamak, pamukta koza açımını teşvik etmek, meyvelerde olgunlaşmayı sağlamak, dormansiyi kırmak gibi sebeplerle kullanılmaktadır. Lahana, kereviz, havuç, turp, patlıcan, domates, kabak gibi sebze fidelerinin büyümesini yavaşlatmak amacıyla fide yetiştiren kuruluşlarca kullanılmaktadır. pH 4-5'in üzerindeki sulu çözeltilerde fosfat ve klorid iyonlarına ayrılarak biyolojik sisteme zarar verir.

3.2 . Yöntem

3.2.1 .Bitkilerin Yetiştirilmesi

Çeşitlere ait tohumlar 1 Şubat ve 1 Nisan 2021 tarihlerinde iklimlendirme odası koşullarında içerisinde torf bulunan plastik kaplara ekilmiş, belli bir büyüklüğe gelen fideler torfla doldurulmuş 45'lik viyollere şaşırtılmıştır (Şekil 3-2). İlk dönem ekimleri hormon uygulamalarının gerçekleştirilmesi, 2. dönem ekimleri ise uygun bulunacak hormon doz/dozları ile kontrollü tozlama ve tohum oluşturma çalışmalarının yapılması amacıyla yapılmıştır.



Şekil 3-3. Çimlenmekte olan tohumlar (üst sol), şaşırtma büyüklüğüne gelmiş marullar (üst sağ) ve şaşırtılmış fideler (alt).

Dikim boyuna gelen 3-4 yapraklı aşamadaki fideler 1. dönem için 15-20 Mart, 2. dönem için 1-5 Mayıs tarihlerinde her çeşitten 45'er bitki olacak şekilde 0.7 x 0.4 m aralık ve mesafelerle Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Deneme Serasına dikilmiştir. Dikim sonrası, seraya yerleştirilmiş olan damlama sulama sistemiyle can suyu verilmiştir (Şekil 3-3).



Şekil 3-4. Seraya dikilmiş fideler ve büyümekte olan bitkiler.

Serada yapmış olduğumuz toprak analizi sonuçlarına göre (Çizelge 3.1) bitkiler gelişme dönemleri boyunca her hafta Amonyum Sülfat (% 20 azot ve % 22 kükürt) ve Potasyum Sülfat (%50 potasyum ve %16-20 kükürt) gübrelere kullanılarak damla sulama sistemiyle gübrenilmiş ve sağlıklı bir şekilde büyütülmüştür.

Tablo 3-2. Sera 0-30 cm derinlikteki toprak analiz sonuçları

Analiz Adı		Birimi	Sonuç
Tekstür	Kum	(%)	
	Silt	(%)	
	Kil	(%)	
	Tekstür sınıfı		Tın
pH (1:2,5, Toprak:Su)			7,27
EC (Tuz) (1:5, Toprak:Su)		(μ /cm)	209
CaCO ₃ (Kireç)		(%)	39,2
Organik Madde		(%)	1,64
İnorganik azot (NH ₄ +NO ₃ -N)		mg/kg	13,7
Fosfor (P)		mg/kg	122,7
Potasyum (K)		mg/kg	327
Kalsiyum (Ca)		mg/kg	5536
Magnezyum (Mg)		mg/kg	552
Sodyum (Na)		mg/kg	91
Değişebilir Na Yüzdesi		%	1,18
Bor (B)		mg/kg	0,70
Bakır (Cu)		mg/kg	2,3
Demir (Fe)		mg/kg	4,2
Çinko (Zn)		mg/kg	2,5
Mangan (Mn)		mg/kg	6,6

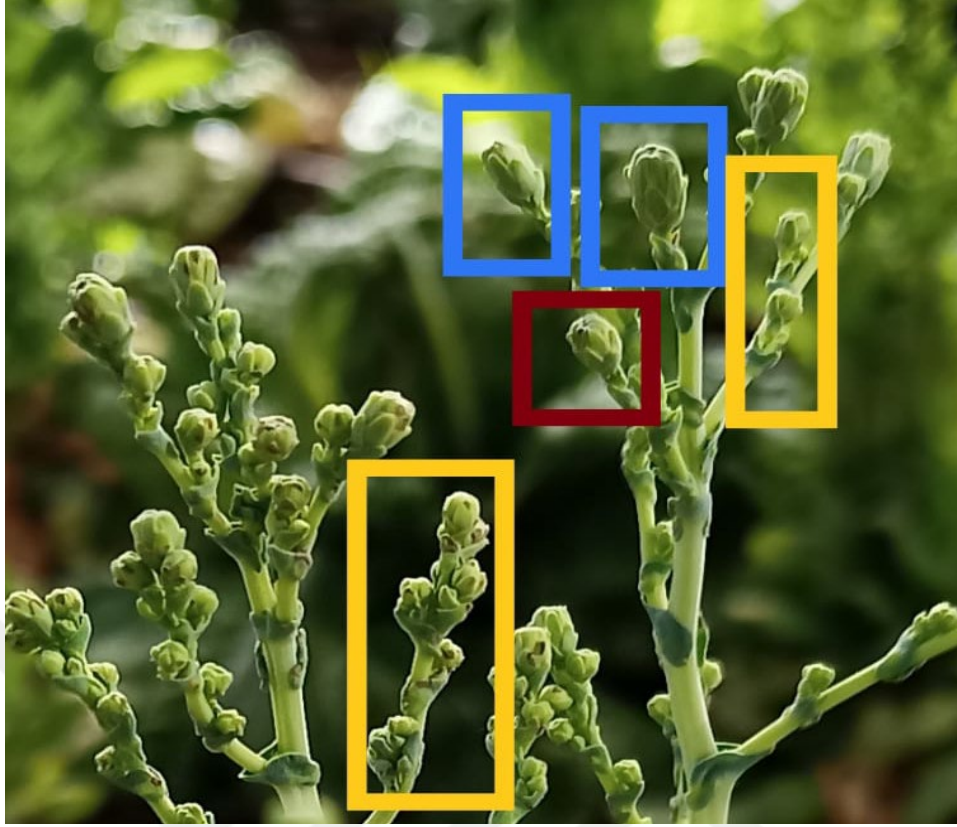
Bitkilerde ot alma, çapalama, hastalık ve zararlılarla mücadele gibi gerekli kültürel işlemler gerektiği gibi ve zamanında aksatılmadan uygulanmıştır. Dönemsel olarak görülen beyazsinek ve yaprak bitleriyle mücadelede “Movento SC 100”, mildiyo’ya (*Bremia lactucae*) karşı “Flo-Captan 50 WP” kullanılmıştır. Yüksek sıcaklık ve ışık koşullarında erken sapa kalkmayı önlemek amacıyla bitkilerin üzeri gölge tülü ile örtülmüştür (Şekil 3-4).



Şekil 3-5. Serada gölge tülü çekildikten sonraki bitkilerin durumu.

3.2.2 .Gametositlerin Uygulama Aşamasının Belirlenmesi

Marulda erkek kısırılığı için gametositlerin erken tomurcuk döneminde uygulanması gerekmektedir. En uygun tomurcuk büyüklüğü 2-3 mm olarak hesaplanmıştır. Zira bu dönem mayoz bölünmenin ve mikrospor ana hücresi oluşumunun ilk aşamalarıdır ve olgun polene dönüşümün engellenebildiği aşama olarak kabul edilmektedir (Eenink ve Vereijken, 1978). Şekil 3-5’de de görüleceği üzere sarı alanla işaretlenmiş tomurcuklar en uygun boyuttaki tomurcuklardır. Mavi ve kırmızıyla işaretli alandaki tomurcuklar uygulama yapmak için uygun değildir ve gametosit uygulamasından önce kesilerek bitkilerden uzaklaştırılmıştır.



Şekil 3-6. Marulda farklı gelişme aşamalarındaki çiçek tomurcukları (Presidential)

3.2.3 .Gametosit Uygulamaları

Uygulama öncesinde kimyasallara ait stok çözeltiler hazırlanmış ve her uygulama öncesi bu stok çözeltilerden uygun miktarlarda alınarak final konsantrasyonlar oluşturulmuştur. Stok çözeltiler buzdolabında -18 °C’de muhafaza edilmiştir.

Çiçek tomurcuklarına gametosit uygulamaları sabah erken saatlerde gün aydınlanırken ya da hemen aydınlandıktan sonra yapılmıştır. Öğle ya da sıcak saatlerde uygulama yapmak gametosit’in etkinliğini azaltacağı için serin ve erken saatlerde uygulamalara başlanmıştır. Bitkilerde gametosit uygulamasından önce uygun olmayan tomurcuklar kesilerek uzaklaştırılmış, daha sonra her bir bitkide çiçek salkımı şeklinde belirlenen dozlarda gametositler uygulanmıştır. Eşit dozda uygulama yapabilmek için her salkıma hazırlanan gametositlerden 3’er kez spreyleneş (yaklaşık 1 ml), uygulamaların diğer bitki salkımlarına ulaşmaması için salkımlar arka taraftan perdeleneşmiştir (Şekil 3-7).



Şekil 3-7. Gametositlerin spreyleneşi

İlk gametosit uygulamasından sonra diğer gametosit uygulamaları, salkımda sonradan meydana gelmesi muhtemel çiçeklere de kimyasalı ulaştırmak amacıyla, 3'er gün arayla gerçekleştirilmiş 3 kez yapılmıştır (Şekil 3-8). İlk gametosit uygulamasının ardından gametosit uygulanan tomurcuklar yabancı tozlaşma olmaması için keselerle izole edilmiştir ve etiketlenerek kayıt altına alınmıştır (Şekil 3-9). Kontrol olarak seçilen çiçek salkımlarına sadece su püskürtülmüştür.



Şekil 3-8. E4FO uygulanan tomurcuklar (üst sol), giberellik asit uygulanan tomurcuklar (üst sağ), Etafon uygulanan tomurcuklar (alt)

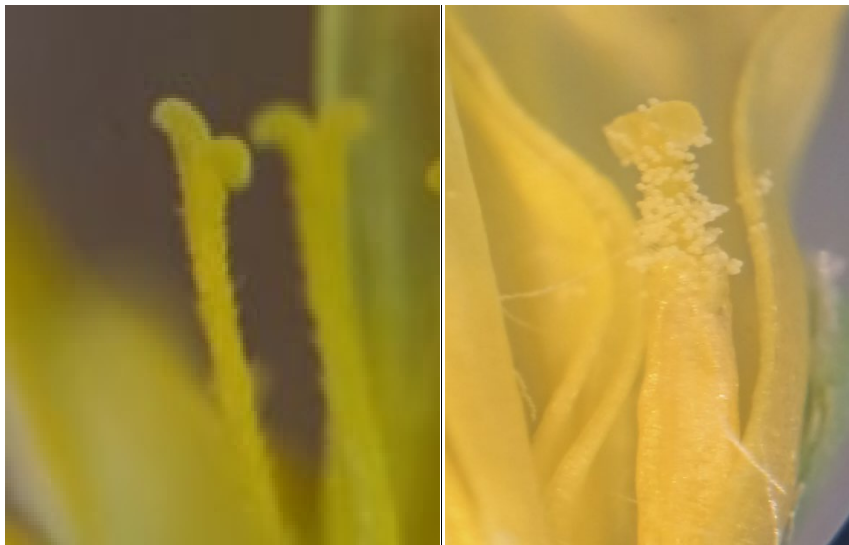


Şekil 3-9. Keselere alınan tomurcuklar.

3.2.4 .Çalışmada İncelenen Özellikler

3.2.4.1 . Polen ve Tohum Oluşumunun İncelenmesi

Gametosit uygulamalarını takiben 4 ya da 5 gün sonra açan çiçeklerden her bir uygulama ve çeşitten her bir tekerrür için 5'er çiçek tesadüfi olarak toplanarak laboratuarda mikroskop altında anterlerdeki polen varlığına bakılmıştır (Şekil 3-10). Bu amaçla çiçekler boyuna kesilerek ikiye ayrılmış ve mikroskopta incelenmiştir.



Şekil 3-10. Polen oluşumu gerçekleşmemiş (kısır) bir çiçek (sol), polen oluşturmuş (fertil) bir çiçek (sağ).

Ayrıca çiçek salkımlarında tohum oluşum aşamasında da her bir uygulama ve tekerrür için 5'er çiçek kapsülü tesadüfi olarak toplanarak laboratuarda mikroskop altında tohum varlığına bakılmıştır (Şekil 3-11).



Şekil 3-11. Çiçekteki tohum varlığının incelenmesi. Dolu tohumlar (sağ) ve boş tohumlar (sol).

Uygulamalar yapıldıktan sonra bitkilerin çiçek tomurcuklarını olgunlaştırması beklenmiş, salkımdaki tomurcukların tamamı kuruduktan sonra izolasyon keseleriyle beraber dikkatlice alınmış, her bir genotip ve her bir uygulama için 3 tekerrürlü olarak tesadüfi şekilde seçilen 100'er tomurcuk da tohum sayımı (adet) yapılmıştır (Şekil 3-12). Yine sayılan tohumlardan tesadüfi olarak seçilen 100'er tohumda tohum ağırlığı (g) belirlenmiştir.



Maylight 352, E4FO, 1500 ppm

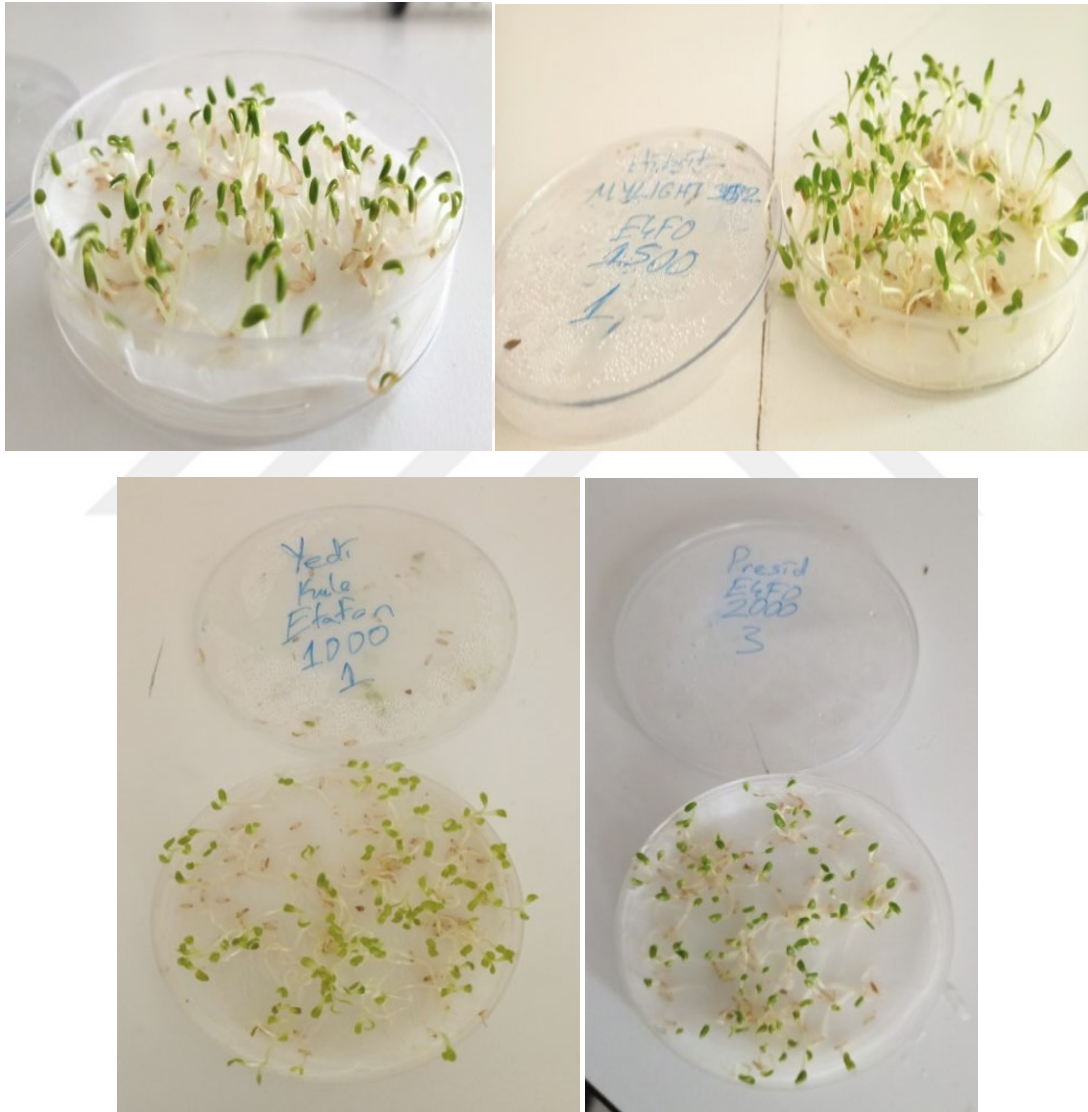
Yedikule, Etafon, 1500 ppm

Presidential, E4FO, 2000 ppm

Şekil 3-12. Hasat edilmiş tomurcuklar.

3.2.4.2 .Tohumlarda Çimlendirme Çalışmaları

Çimlendirme çalışmalarında tohumlar 9 x 1.5 cm çaplı tek kullanımlık steril petrilerde 3 tekerrür ve her tekerrürde 100'er adet olacak şekilde karbendazol karışımı (0.75 g/l) su ile sulanmış kaba filtre kağıtları üzerinde 20 ± 1 °C'lik oda koşullarında çimlenme testine tabi tutulmuştur (Şekil 3-13). Sadece sınırlı sayıda tohumun elde edilebildiği Etafon 1000 ppm uygulamasında elde edilen tohum sayısına göre çimlendirme çalışması yapılmıştır. Çimlendirme çalışmasına 14 gün boyunca devam edilmiş ve 14. günün sonunda çimlenme oranları (%) hesaplanmıştır.



Şekil 3-13. Petri kaplarındaki tohumların çimlendirilmesi işlemleri

3.2.4.3 .Erkek Kısırlığına Ortaya Çıkaran Uygulamalarla Kontrollü Tozlama Çalışmaları

Gametosit kökenli kısırlık çalışmalarında kısırlığı ortaya çıkarmak kadar önemli ve mutlak gerekli diğer konu ise aynı zamanda dişi bireyin fertilitésinin de (tohum veriminin) sürdürülebilirliğinin sağlanmasıdır. Bu amaçla çalışmamızda kısırlığı ortaya çıkaran uygulamalarla kontrollü tozlamalar yapılarak tohum oluşumu incelenmiş ve oluşan tohumlarda çimlendirme çalışmaları da yapılmıştır. Bu çalışmalar dönem itibariyle en iyi gelişmeyi gösteren Yedikule marul çeşidinde gerçekleştirilmiştir.

Kontrollü tozlama çalışmalarında gametosit uygulamalarını takiben keselere alınmış olan çiçek demetleri çiçeklenme döneminde her sabah kontrol edilmiş ve açmış olan çiçekler gametosit uygulamaları yapılmamış olan bitkilerden alınan ve polen içeren çiçeklerle tozlanmıştır. Tozlama işlemine 1 hafta boyunca devam edilmiş ve her bir çiçek demetinde mümkün olduğunca fazla sayıda çiçek tozlanmaya çalışılmıştır. Çiçek tomurcuklarının tamamı kuruduktan sonra keselerle beraber hasat edilmiş ve her bir uygulama için 3 tekerrürlü olarak tesadüfi olarak seçilen 100'er tomurcuk da tohum sayısı (adet) ve 100 tohum ağırlığı (g) değerleri belirlenmiştir. Çimlendirme çalışmaları ise yukarıda anlatıldığı şekilde gerçekleştirilmiştir.

3.3 .Verilerin Değerlendirilmesi

Çalışma her bir uygulama için 3 tekerrürlü olacak şekilde yürütülmüştür. Ancak bazı uygulamalarda hiçbir verinin elde edilememesi (Etafon'un yüksek dozlarında) sonucunda istatistiksel analiz yapılmamış sadece standart sapmaların verilmesiyle yetinilmiştir. Sadece kontrollü tozlamaların yapıldığı kısımda veriler % 5 önem düzeyine göre LSD önemlilik testi esas alınarak JMP bilgisayar paket programı kullanılarak gruplandırılmıştır.

4 . ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1 . Uygulamaların Polen Oluşumu Üzerine Etkileri

Çalışmada kullanılan kimyasallar ve dozlarının marul çeşitlerinde polen oluşumu üzerindeki etkileri Tablo 4-1’de sunulmuştur.

Tablo 4-1. Uygulamalara ve çeşitlere göre polen içeren çiçek oranı (%).

Uygulamalar	Çeşitler	Dozlar (ppm)	PO (%)	Ortalama	
KONTROL	P	-	100	100	
	Y		100		
	M		100		
ETA FON	P	1000	100	100	
	Y		100		
	M		100		
	P	1500	Çiçek oluşmadığından İncelenemedi		
	Y				
	M				
	P	2000			
	Y				
	M				
	P	3000			
	Y				
	M				
P	4000				
Y					
M					
GİBERELLİK ASİT	P	50	100	100	
	Y		100		
	M		100		
	P	100	100	100	
	Y		100		
	M		100		
	P	150	93.3	91.1	
	Y		86.7		
	M		93.3		
	P	200	93.3	91.1	
	Y		93.3		
	M		86.7		
	P	250	20.0	24.5	
	Y		26.7		
	M		26.7		
P	300	0	0		
Y		0			
M		0			
E4FO	P	1500	100	100	
	Y		100		
	M		100		
	P	2000	66.7	71.1	
	Y		73.3		
	M		73.3		

P: Presidential; **Y:** Yedikule; **M:** Mylight352; **PO:** Polen İçeren Çiçek Oranı

Çalışmanın başlangıcında 1500, 2000, 3000 ve 4000 ppm olarak seçilen Etafon uygulamalarında 1500 ppm ve üzerindeki dozlarda tüm çeşitlerde çiçeklerde

deformasyonlar gerekleŒmiŒ ve olgun tomurcuk elde edilemediğinden polen oluŒumu da incelenememiŒtir. Daha sonra denenen 1000 ppm Etafon dozunda az da olsa iek elde edilmiŒ ancak bu çiçeklerin tamamında polen tespit edilmiŒtir. Bu iekler daha sonra olgun tomurcuklar ve tohumlar vermiŒtir. Öte yandan *Eragrostis tef.* bitkisinde Ethrel'in 5000 ppm gibi yüksek dozunda da tama yakın polen sterilitesi (% 99,50 ± % 0,50) elde edildiğinin bildirilmesi (Ghebrehiwot ve ark. (2015) kullanılan gametositler ile gametosit kaynaklarının da önemli olabileceğini, tür bazında farklı sonuçlar ortaya koyabileceğini göstermiŒtir. Nitekim alıŒmamızda kullanmış olduğumuz etafon her ne kadar ethrel içerikli bir kimyasal olsa da maruldaki etkileŒimi negatif yönde gerekleŒmiŒtir.

Elde edilen sonuçlara göre daha sonra yapılacak alıŒmalarda 1000-1500 ppm arasında ki Etafon dozların kullanılması ya da düşük konsantrasyonlarla daha sık uygulama yapılması gerektiğini ortaya koymuŒtur.

Giberellik asidin 50 ve 100 ppm dozlarında kullanılan eŒitlerin çiçeklerinin tamamında polen oluŒumu gözlenirken 150 ve 200 ppm dozlarında çiçeklerin ortalama % 91'inde, 250 ppm uygulamasında % 24'ünde polen oluŒumuna rastlanmış, 300 ppm Giberellik asit uygulamasında ise çiçeklerin tamamı steril olarak tespit edilmiŒtir. Nitekim Eenink ve Vereijken (1978) giberellik asit ile yapmış oldukları kısırılık alıŒmasında yüksek dozlarda polen oluŒumuna rastlanmadığını ifade etmişlerdir.

Her ne kadar eltikte Ali ve ark. (1999) ve buğdayda Devakumar (2006) 1.5 mg/l E4FO'nun % 100'e ulaşan erkek kısırılığı ortaya çıkardığı ifade edilse de alıŒmamızda bu dozlardan hiçbir olumlu sonuç alınamamıştır. E4FO'nun 1500 ppm dozunda eŒitlerin çiçeklerinin tamamında polen tespit edilirken, 2000 ppm uygulamasında çiçeklerin ortalama % 71 kadarında polene rastlanmıştır. Elde edilen sonuçlar E4FO gametositinin de dozunun düşük olduğunu ve daha sonra yapılacak alıŒmalarda daha yüksek dozların kullanılması gerektiğini ortaya koymuŒtur. Nitekim Ghebrehiwot ve ark. (2015) *Eragrostis tef.* bitkisinde E4FO'nun 1500 ila 3000 ppm oranlarında % 100'e yakın sterilite sağlandığını bildirmişlerdir.

Tüm eŒitler uygulamalara benzer oranlarda cevaplar vermiş, genotipsel farklılık oluşmamıştır. Bu durum marulda erkek kısırılığının uyarımı için önerilecek kimyasal ve dozlarının alıŒılması planlanan tüm genotiplerde aynı oranda kısırılığı ortaya çıkaracağını ve güvenle kullanılabileceğini göstermiŒtir.

4.2 .Uygulamaların Tohum Oluşumu Üzerine Etkileri

Çalışmada kullanılan kimyasallar ve dozlarının marul çeşitlerinde tohum sayısı (adet) ve 100 tohum ağırlığı (g) üzerindeki etkileri Tablo 4-2’de sunulmuştur.

Tablo 4-2. Uygulamalara ve çeşitlere göre 100 tomurcuktaki tohum sayısı (adet) ve 100 tohum ağırlığı (g).

Uygulamalar	Dozlar (ppm)	Çeşitler	TS (adet)	100 TA (g)	
KONTROL	-	P	1238.0 ± 51.0	0.094 ± 0.008	
		Y	1989.4 ± 57.6	0.096 ± 0.019	
		M	1830.0 ± 45.2	0.090 ± 0.015	
ETA FON	1000	P	142.0 ± 64.9	0.065 ± 0.009	
		Y	642.4 ± 122.5	0.056 ± 0.044	
		M	121.4 ± 98.0	0.042 ± 0.006	
	1500	P	İNCELENEMEDİ		
		Y			
		M			
	2000	P			
		Y			
		M			
	3000	P			
		Y			
		M			
4000	P				
	Y				
	M				
GİBERELLİK ASİT	50	P	1348.6 ± 82.7	0.060 ± 0.018	
		Y	1292.6 ± 76.3	0.054 ± 0.024	
		M	1011.6 ± 61.1	0.049 ± 0.033	
	100	P	1271.6 ± 80,0	0.047 ± 0.012	
		Y	1198.2 ± 65,7	0.056 ± 0.023	
		M	1003,5 ± 83,4	0.051 ± 0.029	
	150	P	1102.4 ± 58.7	0.049 ± 0.047	
		Y	1073.2 ± 76,3	0.051 ± 0.034	
		M	971,9 ± 82,5	0.050 ± 0.042	
	200	P	1189.4 ± 72.1	0.020 ± 0.014	
		Y	1201.7 ± 86.6	0.024 ± 0.022	
		M	1061.1 ± 49.4	0.017 ± 0.034	
	250	P	1067.0 ± 61.1	0.016 ± 0.039	
		Y	1101.6 ± 63.3	0.017 ± 0.031	
		M	989.5 ± 42.2	0.012 ± 0.019	
	300	P	1115.8 ± 54.8	0.019 ± 0.011	
		Y	1001.1 ± 88.3	0.016 ± 0.027	
		M	865.4 ± 55.5	0.014 ± 0.051	
E4FO	1500	P	961.4 ± 79.7	0.078 ± 0.036	
		Y	1014.1 ± 48.3	0.079 ± 0.025	
		M	909.4 ± 75.3	0.064 ± 0.030	
	2000	P	953.3 ± 30.7	0.070 ± 0.029	
		Y	869.0 ± 72.9	0.065 ± 0.022	
		M	963.0 ± 38.5	0.077 ± 0.034	
P: Presidential; Y: Yedikule; M: Mylight352 TS: Tohum Sayısı; TA: Tohum Ağırlığı					

Etafon uygulamalarının tomurcuk deformasyonuna neden olmasından dolayı ya tohum oluşmamış ya da çok az tohum meydana gelmiştir. Sadece 1000 ppm Etafon uygulamasında sınırlı sayıda tomurcuk hasat edilmiş ve bunlardan da kontrole göre daha düşük sayıda tohum elde edilmiştir. Güler (2009)'in belirttiği gibi etafonun bitkilerdeki kullanımında ortaya çıkabilecek en temel risk çürütücü (deformatif) özelliğinin olmasıdır.

E4FO'nun 1500 ve 2000 ppm uygulamaları kontrole yakın değerler vermiş ve tohum oluşumuna herhangi bir olumsuz etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Gibereellik asit uygulamasında ise 150 ppm dozuna kadar özellikle 100 tohum ağırlığında kontrole yakın değerler elde edilmiş daha yüksek dozlarda ise tohum ağırlığında fark edilir derecede düşüşlerin olduğu görülmüştür. Bu durum 200 ppm ve üzerindeki Gibereellik asit dozlarında tohum oluşumu gerçekleşse dahi bu tohumların nispeten boş ve cansız olabileceğini düşündürmüştür. Ayrıca, istatistiksel bir veri olmasa da, 200 ppm'in üzerindeki Gibereellik asit uygulamalarının çiçek saplarında uzamaya neden olduğu da belirlenmiştir. Nitekim Yılmaz ve ark. (2002)'da marulda GA'nın gövde uzunluğunu arttırdığını tespit etmişlerdir.

4.3 . Uygulamaların Tohumların Çimlenmesi Üzerine Etkileri

Çalışmada kullanılan kimyasallar ve dozlarının marul çeşitlerinin tohumlarının çimlenmesi (%) üzerindeki etkileri Tablo 4-3'de sunulmuştur.

Etafon'un 1500 ppm ve üzerindeki dozlarında aşırı düzeyde meydana gelen tomurcuk deformasyonları sebebiyle tohum elde edilememiş ve dolayısıyla çimlenme gözlemleri de yapılamamıştır. 1000 ppm Etafon uygulaması ise kısırlığı oluşturma yönünde hiçbir etki göstermemiş ve oluşan tohumlar kontrole yakın çimlenme değerleri vermiştir. Benzer etkiler E4FO'nun 1500 ve 2000 ppm uygulama dozlarında da belirlenmiştir. Bu durum marulda ileride yapılması planlanan kısırlık çalışmalarında Etafonun 1000-1500 ppm arasındaki dozlarının denenmesini ya da uygulama sayısının azaltılmasını, E4FO'nun ise 2000 ppm'in üzerindeki dozlarının çalışılması gerektiğini ortaya koymuştur.

GA₃'ün 50 ppm uygulamasında çimlenme oranları % 50'nin altına düşmüş, 100 ppm uygulamasında % 10'lara, 150 ppm uygulamasında ise % 3'lere kadar gerilemiştir. 200, 250 ve 300 ppm uygulamalarında ise çimlenen tohum tespit edilememiş, tam bir

kısırlık sağlanmıştır. Elde ettiğimiz sonuçlar Khatib ve ark. (2016)'nın elde etmiş olduğu sonuçlar ile benzerlik göstermektedir. Khatib ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada GA₃'ün 200 ppm dozunu en etkili doz olarak belirlemişlerdir.

Tablo 4-3. Uygulamalara ve çeşitlere göre çimlenme oranları (%)

Uygulamalar	Dozlar (ppm)	Çeşitler	Çimlenme Oranı (%)
KONTROL	-	P	95.7 ± 1.2
		Y	97.4 ± 0.6
		M	98.0 ± 2.0
ETA FON	1000	P	96.0 ± 2.1
		Y	95.4 ± 1.2
		M	97.2 ± 2.7
	1500	P	İNCELENEMEDİ
		Y	
		M	
	2000	P	
		Y	
		M	
	3000	P	
		Y	
		M	
4000	P		
	Y		
	M		
GİBERELLİK ASİT	50	P	48.3 ± 15.2
		Y	44.1 ± 11.7
		M	46.9 ± 9.6
	100	P	13.0 ± 4.2
		Y	15.5 ± 6.7
		M	12.0 ± 4.2
	150	P	2.7 ± 0.4
		Y	3.5 ± 1.1
		M	2.3 ± 0.9
	200	P	0.0
		Y	0.0
		M	0.0
	250	P	0.0
		Y	0.0
		M	0.0
300	P	0.0	
	Y	0.0	
	M	0.0	
E4FO	1500	P	95.7 ± 2.6
		Y	95.0 ± 3.0
		M	96.0 ± 2.0
	2000	P	95.4 ± 2.4
		Y	94.7 ± 7.7
		M	96.0 ± 1.0

P: Presidential; **Y:** Yedikule; **M:** Mylight352

4.4 . Erkek Kısırlığını Ortaya Çıkaran GA₃ Dozlarıyla Kontrollü Tozlama Çalışmaları

200, 250 ve 300 ppm GA₃ dozları uygulanmış Yedikule marul çeşidinde kontrollü tozlamaların tohum sayısı (adet), tohum ağırlığı (g) ve çimlenme oranı (%) üzerindeki etkileri Tablo 4-4'de sunulmuştur.

Tablo 4-4. GA₃ dozlarına göre Yedikule çeşidinde tohum sayısı (adet), tohum ağırlığı (g) ve çimlenme oranı (%)

Uygulamalar	Tohum Sayısı (g)	Tohum Ağırlığı (g)	Çimlenme Oranı (%)
KONTROL	1198.3 a	0.107 a	97.8 a
200 ppm	1064.8 b	0.98 a	96.5 a
250 ppm	919.6 c	0.92 a	88.1 b
300 ppm	612.4 d	0.65 b	67.8 c
	LSD: 112.7	LSD: 0.24	LSD: 5.4

Erkek kısırlığını ortaya çıkaran GA₃ dozları tohum sayısı, tohum ağırlığı ve çimlenme oranlarında farklı sonuçlar ortaya koymuştur. 200 ppm uygulaması kontrole oldukça yakın değerler vermiş, hem sterilite hem de fertilité üzerinde en iyi sonuçları ortaya koyan uygulama olarak belirlenmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlar Duca ve ark. (2008) ile Yılmaz (2010)'ın ayçiçeğinde, Baydar (2000)'in aspirde yapmış olduğu çalışmalarla uyumlu olarak belirlenmiştir. Yılmaz (2010) gibberellik asit uygulamalarının % 100'e varan kısırlık oluşturduğunu, % 0.1 ve % 0.2 dozlarının T3 döneminde (çiçek tomurcuklarının 2.0 cm den büyük olduğu ve yaprak sayısının 12-16 arasında değiştiği dönem) hibrit ayçiçeği tohumluk üretiminde etkin bir şekilde kullanılabileceğini ifade etmiştir.

5 . SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Marul dünyada ve ülkemizde yüksek talep gören bir sebzedir ve üretimini her geçen gün artmaktadır. Ancak ülkesel marul tohumluğu ihtiyacımızın neredeyse tamamını yabancı kökenli çeşitler oluşturmaktadır. Günümüz sebze yetiştiriciliğinde sahip oldukları üstün agronomik özellikler sebebiyle F1 hibrit çeşitler yaygın olarak kullanılmaktadır. Ülkemiz tohumculuğunu geliştirmek ve dışarıya olan bağımlılığımızı minimize etmek amacıyla ülkesel F1 hibrit çeşitlerimizin geliştirilmesi gerekmektedir. Özellikle çiçek yapıları ve morfolojileri sebebiyle emaskülasyon işleminin pratik olmadığı ve yeni F1 hibrit çeşitlerin geliştirilmesi amacıyla erkek kısırılığı mekanizmasından faydalanmanın zorunlu olduğu türlerde erkek kısır hatların üretilmesi mecburidir. Sunmuş olduğumuz çalışmada marulda F1 hibrit tohumluk üretimine yönelik olarak kimyasal erkek kısırılığını uyartım yönünde bazı gametositlerin etkinliği ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Elde ettiğimiz sonuçlara göre en etkili olan gametosit giberellik asit olmuştur. Giberellik asit düşük dozlarda etki göstermemiş, en etkili dozu 200 ppm olarak belirlenmiştir. Diğer gametositler ise beklenen etkiyi oluşturmamıştır. Etafon uygulamalarından sadece 1000 ppm dozunda çiçek ve tomurcuk oluşumu sağlanmış, 1500 ppm ve üzerindeki dozlar ise çiçek salkımlarında deformasyonlara neden olmuştur. Bu sebeple Etafonun 1000-1500 ppm arasındaki dozlarının denenmesi önerilmektedir. E4FO'nun kullanılan 1500 ve 2000 ppm dozları da erkek kısırılığı üzerine etkili olmamış, kontrole yakın değerler vermiştir. Marulda daha sonra yapılacak çalışmalarda daha yüksek E4FO dozlarının çalışılması faydalı olacaktır. Ayrıca spreyleme miktarı ve aralığı da çalışılması gereken diğer bir konudur.

Yapılan uygulamalar açısından çeşitlerin benzer değerler vermiş olması, genotip tepkisinin eşit olduğunu (genotip bağımlılığı olmadığını), uygun bulunan gametosit ve dozunun tüm marul genotiplerinde benzer sonuçlar vereceğini ve dolayısıyla marulda yapılacak erkek kısırılığı çalışmalarında güvenle kullanılabilceğini göstermiştir.

Bu tez çalışmasının sonuçlarının marulda ileriki dönemlerde yapılacak olan erkek kısırılığı tabanlı ıslah çalışmalarına ışık tutacağını ve marulda yerel gen kaynaklarının kullanılarak ülkesel hibrit tohumların üretiminin kolaylaşmasını sağlayacağı kanaatindeyiz.

KAYNAKLAR

- Adhikari, N., 2012, Chemical emasculation in plant breeding, *Institute of Agriculture and Animal Science Tribhuvan University*.
- Algül, B. E., Tekintaş, F. E. ve Dalkılıç, G. G., 2016, Bitki Büyüme Düzenleyicilerinin Kullanımı ve İçsel Hormonların Biyosentezini Arttırıcı Uygulamalar, *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13 (2), 87-95.
- Ali, A. J., Devakumar, C., Zaman, F. ve Siddiq, E., 1999, Identification of potent gametocides for selective induction of male sterility in rice, *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 59 (04), 429-436.
- Altındal, D., 2019, Effect of gibberellic acid (GA₃) application on male-sterility in barley (*Hordeum vulgare* L.).
- Amelework, A., Laing, M. ve Shimelis, H., 2016, Evaluation of effective gametocides for selective induction of male sterility in sorghum, *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 52 (4), 163-170.
- Ananthi, M., Selvaraju, P. ve Srimathi, P., 2013, Transgenic male sterility for hybrid seed production in vegetables-A review, *Weekly Sci. Res. J*, 1 (16), 1-10.
- Balkaya, A. ve Özgen, R., 2019, Türkiye’de marul yetiştiriciliğinin tarımsal üretimdeki yeri ve ekonomik önemi, *Tarım Gündem Dergisi Marul Tarımı (Özel sayı)*.
- Baydar, H., 2000, Gibberellik Asidin Aspir (*Carthamus tinctorius* L.)’de Erkek Kısırlık, Tohum Verimi ile Yağ ve Yağ Asitleri Sentezi Üzerine Etkisi. Tr, *J. Biology*, 24, 159-168.
- Berninger, E., 1965, Contribution to the study of male sterility in the onion (*Allium cepa* L.), *Annales de l'Amélioration des Plantes*.
- Billore, M., 2015, Male-Sterility And Its Exploitation, *Genetic Improvement of Field Crops*, 254.
- Budar, F. ve Pelletier, G., 2001, Male sterility in plants: occurrence, determinism, significance and use, *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Series III-Sciences de la Vie*, 324 (6), 543-550.
- Bulman, P. ve Smith, D. L., 1993, Yield and grain protein response of spring barley to ethephon and triadimefon, *Crop science*, 33 (4), 798-803.
- Chakraborty, K. ve Devakumar, C., 2005, N-Acylanilines, Herbicide–CHA Chimera, and Amino Acid Analogues as Novel Chemical Hybridizing Agents for Wheat (*Triticum aestivum* L.), *Journal of agricultural and food chemistry*, 53 (20), 7899-7907.
- Chakraborty, K. ve Devakumar, C., 2006, Ethyloxanilates as specific male gametocides for wheat (*Triticum aestivum* L.), *Plant breeding*, 125 (5), 441-447.
- Collantes, E. R., Xing, L., Miller, P. C., Welsh, W. J. ve Profeta, S., 1999, Comparative molecular field analysis as a tool to evaluate mode of action of chemical hybridization agents, *Journal of agricultural and food chemistry*, 47 (12), 5245-5251.
- Colombo, N. ve Galmarini, C. R., 2017, The use of genetic, manual and chemical methods to control pollination in vegetable hybrid seed production: a review, *Plant breeding*, 136 (3), 287-299.
- Culpan, E., 2015, Gibberellik asit ve salisilik asit uygulamalarının aspir (*Carthamus tinctorius* L.)’in tohum verimi ve kalite özelliklerine etkisi, *Namık Kemal Üniversitesi*.
- Curtis, I. S., He, C., Scott, R., Power, J. B. ve Davey, M. R., 1996, Genomic male sterility in lettuce, a baseline for the production of F1 hybrids, *Plant Science*, 113 (1), 113-119.

- Devakumar, C., 2006, Evaluation of chemical compounds for induction of male sterility in wheat (*Triticum aestivum* L.), *Euphytica*, 147 (3), 329-335.
- Dotlacil, L. ve Apltauerová, M., 1978, Pollen sterility induced by ethrel and its utilization in hybridization of wheat, *Euphytica*, 27 (2), 353-360.
- Duca, M., Port, A., Orozco-Cardenas, M. ve Lovatt, C., 2008, Gibberellin-induced gene expression associated with cytoplasmic male sterility in sunflower, *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 22 (2), 691-698.
- Eenink, A., 1977, Induction of male sterility in lettuce (*Lactuca sativa* L.) by application of gibberellic acid: a technical note, *Euphytica (Netherlands)*.
- Eenink, A. ve Vereijken, A., 1978, Anatomical changes in flower buds of lettuce (*Lactuca sativa* L.) treated with a GA₃-solution for induction of male sterility, *Acta botanica neerlandica*, 27 (3/4), 199-204.
- Eşiyok, D., 2012, Kışlık ve yazlık sebze yetiştiriciliği, *Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü*, 410s.
- Feráková, V., 1977, genus *Lactuca* L. in Europe.
- Ghebrehiwot, H., Burgdorf, R., Hussein, S. ve Laing, M., 2015, The efficacy of four gametocides for induction of pollen sterility in *Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter, *African Journal of Biotechnology*, 14 (9), 774-780.
- Goetz, M., Godt, D. E., Guivarc'h, A., Kahmann, U., Chriqui, D. ve Roitsch, T., 2001, Induction of male sterility in plants by metabolic engineering of the carbohydrate supply, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98 (11), 6522-6527.
- Goubara, M. ve Takasaki, T., 2003, Flower visitors of lettuce under field and enclosure conditions, *Applied entomology and zoology*, 38 (4), 571-581.
- Goubara, M. ve Takasaki, T., 2004, Pollination effects of the sweat bee *Lasioglossum villosulum* trichopse (*Hymenoptera: Halictidae*) on genic male-sterile lettuce, *Applied entomology and zoology*, 39 (1), 163-169.
- Güler, M., 2009, Ethephon Dozları ve Uygulama Zamanlarının Nohut (*Cicer arietinum* L.)'ta Verim ve Verim Ögelerine Etkileri, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 15 (4), 301-309.
- Havey, M. J., 2004, The use of cytoplasmic male sterility for hybrid seed production, In: *Molecular biology and biotechnology of plant organelles*, Eds: Springer, p. 623-634.
- Hayashi, M., Ujiie, A., Serizawa, H., Sassa, H., Kakui, H., Oda, T. ve Koba, T., 2011, Development of SCAR and CAPS markers linked to a recessive male sterility gene in lettuce (*Lactuca sativa* L.), *Euphytica*, 180 (3), 429-436.
- Huang, S., Cerny, R. E., Qi, Y., Bhat, D., Aydt, C. M., Hanson, D. D., Malloy, K. P. ve Ness, L. A., 2003, Transgenic studies on the involvement of cytokinin and gibberellin in male development, *Plant Physiol*, 131 (3), 1270-1282.
- Hussain, S. M., Hussain, K., Farwah, S., Rizvi, S., Rashid, M., Saleem, S., Andrabi, N. ve Rashid, H., 2018, Male sterility in vegetable crops, *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7 (3), 3390-3393.
- Jones, H. A., 1943, Inheritance of male sterility in the onion and the production of hybrid seed, *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 189-194.
- Kara, S., 2013, Tritikalede çiçeklenme sonrası ethephon uygulamalarının tane verimi, verim ögeleri ve tane proteinine etkisi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Karaağaç, O. ve Balkaya, A., 2009, Sebzeerde Erkek Kısırlığı Mekanizmasından Yarlanılarak F1 Hibrit Tohum Üretimi, *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 24 (2), 114-123.
- Karaağaç, O. ve Balkaya, A., 2017, Türkiye'de Yerel Sebze Çeşitlerinin Mevcut Durumu ve Islah Programlarında Değerlendirilmesi, *Türktob Dergisi*, 23, 8-15.

- Karaağaç, O. ve Balkaya, A., 2019, Günümüz Üretiminde Kullanılan Çeşit Grupları ve Özellikleri, *Tarım Gündem*.
- Khatib, P., Olfatı, J. ve Hadımoğlu, Y., 2016, Efficiency Of Different Lettuce (*Lactuca Sativa* L.) Emasculation Methods For Hybrid Seed Production.
- Kumar, S., 2013, Male sterility in vegetables, *Olericulture Fundam. Veg. Prod*, 1, 431-439.
- Kupke, B. M., Tucker, M. R., Able, J. A. ve Porker, K. D., 2021, Manipulation of Barley Development and Flowering Time by Exogenous Application of Plant Growth Regulators, *Front Plant Sci*, 12, 694424.
- Michel, H. ve Soussin, T., 2014, Production of hybrid *Lactuca sativa* seeds, Google Patents.
- Nagata, R., 1992, Clip-and-wash method of emasculation for lettuce, *HortScience*, 27 (8), 907-908.
- Nelson, P. M. ve Rossman, E., 1958, Chemical induction of male sterility in inbred maize by use of gibberellins, *Science*, 127 (3313), 1500-1501.
- Nortin, J., 1966, Testing of plum pollen viability with tetrazolium salts, *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 132-134.
- Perez-Prat, E. ve van Lookeren Campagne, M. M., 2002, Hybrid seed production and the challenge of propagating male-sterile plants, *Trends in plant science*, 7 (5), 199-203.
- Prasanth, K. ve Kumary, I. S., 2014, Utilization of male sterility for hybrid seed production in vegetables, *Current Horticulture*, 2 (2), 3-14.
- Prohens, J. ve Nuez, F., 2008, Vegetables I: *Asteraceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae, and Cucurbitaceae*, BOOK, Springer, p.
- Ryder, E. J. ve Ryder, E. J., 1999, Lettuce, endive and chicory, 04; SB351. L6, R8., CABI Pub., p.
- Saimbhi, M. ve Brar, J., 1978, A review of the practical use of gametocides on vegetable crops, *Scientia Horticulturae*, 8 (1), 11-17.
- Sakata, T., Oshino, T., Miura, S., Tomabechi, M., Tsunaga, Y., Higashitani, N., Miyazawa, Y., Takahashi, H., Watanabe, M. ve Higashitani, A., 2010, Auxins reverse plant male sterility caused by high temperatures, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107 (19), 8569-8574.
- Sawhney, V. K. ve Shukla, A., 1994, Male sterility in flowering plants: are plant growth substances involved?, *American Journal of Botany*, 81 (12), 1640-1647.
- Sekhon, B. S., Singh, Y., Sharma, S. ve Sharma, S., 2018, Cytoplasmic Male Sterility (CMS) in Cauliflower Breeding: A Review.
- Şalk, A., Arın, L., Deveci, M. ve Polat, S., 2008, Özel sebzecilik kitabı, *Tekirdağ: Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü*.
- Takada, K., Kamada, H. ve Ezura, H., 2005, Production of male sterile transgenic plants, *Plant biotechnology*, 22 (5), 469-476.
- Takada, K., Watanabe, S., Sano, T., Ma, B., Kamada, H. ve Ezura, H., 2007, Heterologous expression of the mutated melon ethylene receptor gene Cm-ERS1/H70A produces stable sterility in transgenic lettuce (*Lactuca sativa*), *Journal of plant physiology*, 164 (4), 514-520.
- Thompson, R. C., 1958, Natural cross-pollination in lettuce, *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, 403-409.
- Tinna, D., 2019, Chemically induced male sterility in hybrid breeding of vegetables: A review, *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8, 430-434.
- TÜİK, 2020, Bitkisel Üretim İstatistikleri. 28 Aralık 2020.

- Walsh, D., Waldren, S. ve Martin, J., 2003, Monitoring seed viability of fifteen species after storage in the Irish threatened plant genebank, *Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy*, 59-67.
- Welch, J. ve Grimbball Jr, E., 1947, Male sterility in the carrot, *Science*, 106 (2763), 594-594.
- Ye, H., Wang, T., Lv, L., Hu, Y. ve Wang, B., 2020, Ethylene Control of Flowering and Sex Differentiation in Three Sex Types of Inbred Melon Lines.
- Yılmaz, C., Yetişir, H. ve SARI, N., 2002, Bazı kimyasal uygulamalarının lital marul (*Lactuca sativa* L.) çeşidinde baş oluşumu üzerine etkileri, *Alatarım*, 1 (2), 36-41.
- Yılmaz, M. İ., 2010, Bazı büyüme düzenleyici maddelerin ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.)'nde hibrit tohum üretiminde erkek kısırlık etkisinin araştırılması, *Namık Kemal Üniversitesi*.

