

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**MÜRDÜMÜKTE (*Lathyrus sativus* L.) EMS MUTAGENİ UYGULANARAK
İLERİ HATLARIN GELİŞTİRİLMESİ**

Emine DOĞAN ÇETİN
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARLA BİTKİLERİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

EKİM 2021

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**MÜRDÜMÜKTE (*Lathyrus sativus* L.) EMS MUTAGENİ UYGULANARAK
İLERİ HATLARIN GELİŞTİRİLMESİ**

Emine DOĞAN ÇETİN
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARLA BİTKİLERİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

EKİM 2021

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MÜRDÜMÜKTE (*Lathyrus sativus* L.) EMS MUTAGENİ UYGULANARAK
İLERİ HATLARIN GELİŞTİRİLMESİ**

Emine DOĞAN ÇETİN
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARLA BİTKİLERİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Bu Tez Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FYL-2020-
5330 nolu proje ile desteklenmiştir.**

EKİM 2021

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MÜRDÜMÜKTE (*Lathyrus sativus* L.) EMS MUTAGENİ UYGULANARAK
İLERİ HATLARIN GELİŞTİRİLMESİ**

Emine DOĞAN ÇETİN
TARLA BİTKİLERİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 26/10/2021 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Mehmet ARSLAN

Prof. Dr. Mevlüt TÜRK

Doç.Dr. Bilal AYDINOĞLU

ÖZET

Mürdümükte (*Lathyrus sativus* L.) EMS mutageni uygulanarak ileri hatların geliştirilmesi

Emine DOĞAN ÇETİN

Yüksek Lisans, Tarla Bitkileri

Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Mehmet ARSLAN

Ekim 2021; 51 Sayfa

Mürdümük (*Lathyrus sativus* L.), zorlu çevre koşullarında hayatta kalabilen, protein açısından zengin, tek yıllık önemli bir baklagil bitkisidir. Mürdümüğün genetik olarak iyileştirilmesi, üretimini genişletmek için son derece önemlidir ve mutasyon ıslahı daha geniş genetik varyasyon yaratmada etkili bir araç olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen mürdümük çeşidi Gürbüz-2001'in tohumlarına iki farklı konsantrasyonda (%0,5 ve %1) mutajen etil metan sülfonat (EMS) ile 4 saat muamele edilmiştir. M1 generasyonunda %0.5 ve %1 EMS konsantrasyonları için çimlenme oranları sırasıyla %71.6 (1074 bitki) ve %42.4 (636 bitki) olarak hesaplanmıştır. Ancak, tohum üretebilen toplam 776 bitkinin tohumları ayrı ayrı hasat edilerek (M2) bir sonraki yıl tekrar ekilmiştir. Yapılan gözlemlerde, hem M1 hem de M2 popülasyonlarında fide büyüme kusurları, anormal dallanma, klorofil mutantları, çiçeklenme yokluğu ve kısırılık gibi birkaç mutant fenotip belirlenmiştir. Mutantların agronomik, kalite ve kaba yem özelliklerinin belirlenmesi için M2 popülasyonundan vejetatif karakterler açısından kontrol çeşidinden üstün olan toplam 40 mutant bitki seçilmiştir. Mutant hatların bitki boyu 48 (GMP29) ile 164 cm (GMP4) arasında değişmekte olup, ortalama bitki boyu 109.7 cm iken, kontrol çeşidinde 75 cm'dir. Tohum verimi 7.19 ila 87.18 g arasında değişmiştir ve GPM6 ve GMP11 hatları, kontrol çeşide (13.6 g) kıyasla üstün değerler göstermiştir. Bu durum arzu edilen özelliklerin elde edilmesinde mutasyonun pozitif etkisini göstermektedir. Mutasyona uğramış hatlar arasında protein içeriği en düşük %9.08 (GPM4) en yüksek % 35.26 (GPM37) ortalama değer %21.74 iken kontrol çeşit %26.71 oranına sahiptir. Lakin umut verici hatlarda bulunmuştur. Mürdümük tohumlarının β -ODAP (β -N-Oxalyl-L- α , β -diaminopropionic asit) içeriği, seçilen M2 popülasyonunda %0.139 ile %7.39 arasında değişirken, başlangıç materyali olan Gürbüz-2001'de %0.523 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen değerler bütün olarak incelendiğinde, GPM6 ve GPM11 genotipleri, yüksek ham protein içeriği, düşük asit deterjan lifi (ADF) ve nötr deterjan lifi (NDF) oranlarının yanı sıra yüksek tohum ve biyolojik verim ile kaba yem ıslahı için ön plana çıkmaktadır. Bu çalışmada elde edilen bu mutantların faydalı özelliklerinin, mürdümük iyileştirme programlarında kullanılmak üzere yeni genetik kaynaklar olarak entegre edilmek üzere izlenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

ANAHTAR KELİMELEER: Latyhrus sativus, mutasyon ıslahı, EMS, verim, β-ODAP

JÜRİ: Doç. Dr. Mehmet ARSLAN

Prof. Dr. Mevlüt TÜRK

Doç. Dr. Bilal AYDINOĞLU



ABSTRACT

Grass pea (*Lathyrus sativus* L.) development of forward lines by applying EMS mutagen

Emine DOĞAN ÇETİN

MSc Thesis in Department of Field Crops

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mehmet ARSLAN

October 2021; 51 pages

Grass pea (*Lathyrus sativus* L.) is an important protein-rich annual legume crop that can survive harsh environment conditions. Genetic improvement of grass pea is highly important for expanding its production, and mutation breeding can be a valuable tool in creating additional genetic variability. In the present study, we treated seeds of widely cultivated grass pea cultivar, Gürbüz-2001, with two different concentrations (0.5% and 1%) of mutagen ethyl methane sulfonate (EMS) for 4 hours. The germination rates were calculated as 71.6% (1074 plants) and 42.4% (636 plants) for 0.5% and 1% EMS concentrations in M₁ generation, respectively. However, the seeds of a total of 776 plants capable of producing seeds were harvested separately (M₂) and replanted the following year. In the observations, several mutant phenotypes were identified, including seedling growth defects, abnormal branching, chlorophyll mutants, absence of flowering and sterility in both M₁ and M₂ populations. A total of 40 mutant plants which were superior than control variety in terms of vegetative components from M₂ population were selected for agronomic, quality and forage traits analysis. Plant height of mutant lines ranged from 48 (GMP29) to 164 cm (GMP4), with an average value of 109.7 cm, while the average value was 75 cm for the control. The seed yield ranged from 7.19 to 87.18 g, and the lines GPM6 and GMP11 showed superior values compared to the control (13.6 g), indicating the positive effect of mutation in obtaining desired traits. There were promising mutants that showed higher levels of protein content among mutated lines. The β -ODAP (β -N-Oxalyl-L- α , β -diaminopropionic acid) content of grass pea seeds ranged from 0.139% to 7.39% in selected M₂ population, while the control cultivar was 0.523%. GPM6 and GMP11 were important for forage breeding with their high crude protein content, low acid detergent fiber (ADF) and neutral detergent fiber (NDF) ratios, as well as high seed and biological yield. The beneficial traits of these mutants obtained in this study should be followed to integrate as genetic resources for use in grass pea improvement programs.

KEYWORDS: *Latyhrus sativus*, mutation breeding, EMS, Yield, β -ODAP

COMMITTEE: Assoc. Prof. Dr. Mehmet ARSLAN

Prof.Dr. Mevlüt TÜRK

Assoc. Prof. Dr. Bilal AYDINOĞLU



ÖNSÖZ

Tezimin her aşamasında benden yardımlarını esirgemeyen, bilgi ve tecrübeleriyle bana hep yol gösteren çalışmalarımın tamamlanabilmesi için gerekli her türlü desteği veren ve hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Mehmet ARSLAN' a teşekkür ederim.

Ayrıca birim imkânlarından yararlandığım Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü ile bu çalışmayı maddi olarak destekleyen Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Koordinasyon Birimine ve ihtiyaç duyulduğunda desteklerini esirgemeyen lisans arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Son olarak bende büyük emekleri olan, benim için hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan, her zaman yanımda olan annem, babam, kardeşlerim ve hayat arkadaşşıma tezin hazırlanması sırasında gösterdikleri sabır, fedakârlık ve desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	v
AKADEMİK BEYAN	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1.GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	7
2.1. Bitkisel Özellikler	7
2.2. ODAP İçeriği	9
2.3. Mutasyon Islahı	10
3. MATERYAL VE METOD	13
3.1. Materyal.....	13
3.1.1. Deneme yeri ve yılı	13
3.1.2. Deneme alanının iklim özellikleri.....	13
3.1.3.Deneme alanının toprak özellikleri	14
3.2. Metod.....	15
3.2.1. Deneme yöntemi	15
3.2.2. Mutant mürdümük popülasyonunun gelişimi... ..	19
3.2.3. Yapılan gözlem ve ölçümler.....	19
3.2.3.1. Bitki boyu (cm).....	19
3.2.3.2. Dal sayısı (adet).....	19
3.2.3.3. Bakla boyu (cm).....	19
3.2.3.4. Bakla eni (cm).....	19
3.2.3.5. Bitkide bakla sayısı (adet).....	19
3.2.3.7. Biyolojik verim (kg/da).....	19
3.2.3.8. Tohum verimi (kg/da)	19
3.2.3.9. Bin tane ağırlığı (g)	20
3.2.3.10. Gövde eni (mm)	20

3.2.4. Kimyasal analizler.....	21
3.2.4.1. β -ODAP (β - N-oxalyl-L- α,β -diaminopropionic acid) analizi (%).....	23
4. BULGULAR.....	24
4.1. Bitki Boyu.....	24
4.2. Dal Sayısı.....	24
4.3. Bakla Boyu ve Bakla Eni.....	24
4.4. Biyolojik Verim.....	24
4.5. Tohum Verimi.....	25
4.6. 1000 Dane Ağırlığı.....	25
4.7. Gövde Eni.....	25
4.8. ODAP İçeriği.....	27
4.9. Protein ADF Ve NDF Oranı.....	27
4.10. Çiçek Rengi Ve Tohum Özellikleri.....	29
5. TARTIŞMA.....	33
6. SONUÇLAR.....	36
7. KAYNAKLAR.....	37
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum " Mürdümükte (Lathyrus sativus L.) EMS Mutageni Uygulayarak İleri Hatların Geliştirilmesi" adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

26/10/2021

Emine DOĞAN ÇETİN



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler:

cm	:Santimetre
°C	:Santigrat derece
da	:Dekar
g	:Gram
kg	:Kilogram
mm	:Milimetre
pH	:Hidrojen gücü
ppm	:Milyonda bir birim

Kısaltmalar

ADF	: Asit Deterjan Fiber
β-ODAP	:β- N-oxalyl-L-α,β-diaminopropionic acid
CP	:Ham Protein
DDM	:Sindirilebilir Kuru Madde
DMI	:Kuru Madde Alımı
IPGRI	:International Plant Genetic Resources Institute
NDF	:Nötral Deterjan Fiber
RFV	:Bağıl Besleme Değeri
TDN	:Toplam Sindirilebilir Besin Maddeleri

ŞEKİLLERDİZİNİ

Şekil 3.1. EMS uygulama süreci; a) Uygulanan kimyasal; b) Rotamax cihazında çalkalanan tohumlar; c) Akan suda yıkama işlemi.....	15
Şekil 3.2. İlk yılki ekimden görüntüler; a) Bitkilerin topraktan çıkışı; b) Çıkış sağlamış olan bitkiler; c) Tek bitki hasadı yapılmış olan tohumların paketlenmesi	15
Şekil 3.3. Denemenin ikinci yılından görüntüler;) Ekim yapılacak alanın hazırlanması; b) Bloklara yapılan ekimler; c) Denemenin İlaçlanması	16
Şekil 3.4. Mutasyon etkileri) Anormal yaprak (M1 Bitkisi) b) Kloroz (M1 Bitkisi) c) Solma (M1 Bitkisi) d) Anormal dallanma (M1 Bitkisi) e) Yayılan büyüme tipi (M2 Bitkisi) f) Bodur tip (M2 Bitkisi)	17
Şekil 3.5. Hasat öncesi bitki ölçümleri; a) Bitki boyu ölçülmesi; b) Kumpas ile bakla eni ve boyu ölçümleri.....	18
Şekil 3.6. Hasat işlemleri	18
Şekil 3.7. RHS mini colour chart renk skalası	20
Şekil 3.8. Analizler için numunelerin hazırlanması; a) Tohumların öğütülüp tartılması; b)Öğütülen tohumların paketlenmesi	21
Şekil 3.9. F-57 torbalarının hazırlanması a) F-57 torbalarının tartılması; b) Heat Sealer ile torbaların kapatılması; c) Analiz için hazırlanmış F-57 torbaları.....	21
Şekil 3.10. NDF Analizinin hazırlıkları; a) Analizde kullanılacak kimyasallar; b) Kimyasalların tartılması; c) Solisyon hazırlığı	22
Şekil 3.11. NDF Analizi aşamaları a) F-57 torbalarının Ankom Fiber Analizatörünün haznesine yerleştirilmesi b) F-57 torbalarının asetonla yıkanması c) F-57 torbalarının etüvde kurutulması.....	22
Şekil 3.12. ADF Analizinde kullanılan kimyasallar	22
Şekil 4.1. Çiçek rengi üzerine mutasyon etkileri a) Kontrol çeşidi rengi (Mavi) b) Beyaz (M2 Bitkisi) c) Mor (M2 Bitkisi) d) Pembe (M2 Bitkisi).....	30
Şekil 4.2. Seleksiyon sonucu seçilen tohumlar	30

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3. 1. Denemenin yürütüldüğü ayların iklim verileri	14
Çizelge 3.2. Deneme Alanının Toprak Özellikleri	14
Çizelge 4.1. Mürdümük Genotipinin Agro-Morfolojik Özellikleri	26
Çizelge 4.2. Seleksiyon sonucu seçilen bitkilerin kalite ve yem özellikleri	27
Çizelge 4.3. Seçilen tohumların kabuk rengi,tohum şekli,bakla çatlaması ve çiçek rengi.....	31



1.GİRİŞ

Dünya’da olduğu gibi Türkiye’de de hayvancılık artan nüfusun dengeli ve yeterli beslenmesinde ve birçok alanda endüstri hammadresi olarak kullanılması açısından önemli yer tutmaktadır (Açıkgöz, 2001). Dengeli beslenme, yeterli düzeyde ve kaliteli hayvansal protein tüketimiyle ilişkilidir. Bu noktada en önemli hayvansal protein kaynaklarının başında sığır eti ve sütü gelir. Dünya’da üretilen sütün % 90’ı, etinde % 31,6’sı sığırdan karşılanmaktadır (Kumlu, 1999). Ülkemizde de süt üretiminin % 90’ı, kırmızı et üretiminin de % 68’i sığırdan sağlanmaktadır. Ülkemizde sığır sayısına bakıldığı zaman karkas ağırlığı ortalama 170 kg’da kalmaktadır. Bu karkas ağırlığı Avrupa Birliği ülkelerinde üretilen ortalama 270 kg’lık karkasın oldukça altındadır (Akman vd. 2000). Hayvan başına düşen karkas verimini arttırmada ve beslenme maliyetinin aşağı çekilmesinde iyi, kaliteli kaba yemlerin son derece önemli olduğu bilinmektedir (Kaya ve Bilgen, 1996; Alçiçek vd. 1999).

Ülkemizde yaklaşık tarım arazisi varlığı 26 milyon ha kadardır. Yem bitkileri ekilen alanın miktarı ise son yıllarda 2.608.197 ha olup, toplam tarım alanının % 10’luk bir kısmını oluşturmaktadır. Hayvancılığı gelişmiş ülkelerle bu rakamları karşılaştırdığımızda oldukça düşük kalmaktadır. Dolayısıyla yem bitkilerinin ekim alanları ve üretim miktarının artırılması zorunluluk haline gelmiştir. Bu açıdan bakıldığında yem bitkilerinin geliştirilmesi, işletmelerin ucuz yem ihtiyacının sağlanmasına katkı sunmanın yanı sıra çayır ve meralardaki aşırı tahribat engellenecek, nadas alanları azaltılmasına yardımcı olacak, ekim nöbeti sistemi verimli hale gelecek ve ülkemizde büyük boyutlara ulaşmış olan erozyonu azaltacaktır (Serin ve Tan, 2009).

Bilindiği üzere hayvansal üretim yapan işletmelerin toplam maliyetlerinin % 70’i yem giderlerinden oluşmaktadır. Hayvan beslenmesindeki yem bitkilerinin kullanımı yonca, korunga, çim, ayrik, brom vb. bitkilerin otları kaba yem olarak burçak, koca fiğ, arpa ve yulaf gibi bitkilerin taneleri de kesif yem olarak değerlendirilmesi şeklinde olmaktadır. Ülkemizde devam etmekte olan kaba yem sorununun çözümü meraları ıslah etmek, bu soruna kaynak olan yem bitkilerinin tarımını geliştirmek, doğru üretim yöntemiyle birim alandan daha fazla verim almak, farklı iklim koşullarına adapte olarak münavebeye girebilecek ve alternatif yem bitkisi olabilecek tür ve çeşitleri arttırmakla mümkündür (Altın vd. 2009).

Geçmişte Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde daneleri çift süren hayvanlara yedirilmek için yetiştirilen mürdümük, kurak geçen yıllarda insan beslenmesinde de kullanılmıştır. Kuraklığa ve aşırı yağışlara dayanım gösteren mürdümüğün ekim nöbeti sistemi içerisinde yer alarak Türkiye Hayvancılığının ihtiyaç duyduğu kaliteli hayvan yemini sağlayacağı ve toprağa azot bağlayarak toprak yapısının iyileşmesine katkıda bulunacağı bilinmektedir (Sayar ve Han, 2015).

Bu bilgiler doğrultusunda bakıldığı zaman ülkemizde özellikle kıraç alanlarda yetiştirilebilecek tek yıllık yem bitkileri türlerinden birisi de mürdümük (*Lathyrus*

sativus L.)'tür. Şu an özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde kıraç alanlarda "Cılban" yöresel ismi ile sınırlı miktarda tarımı yapılan mürdümük, baklagiller familyasının *Viciaea* oymağından kendine döllenerek tek yıllık bir baklagildir. Tüik (2021) verilerine göre ülkemizde 2020 yılı itibarıyla 87.694 da'lık alanda tarımı yapılan mürdümüğün yeşil ot üretimi yaklaşık 82.026 ton olmuştur.

Mürdümük (*Lathyrus*) cinsi *Fabaceae/Leguminosea* familyasında yer almaktadır ve bu cins içerisinde tek ve çok yıllık olmak üzere yaklaşık 160 tür bulunmaktadır (Plitmann vd. 1995). Türkiye de bu türlerden 58 tanesi bulunmakta ve 18 tanesi endemik olarak yer almaktadır (Davis, 1970) Dünyada en yaygın yetiştiriciliği yapılan tür *Lathyrus sativus*'dur. *Lathyrus sativus*'un yanı sıra ekonomik öneme sahip olan diğer türleri *L. cicera*, *L. ochrus* ve bunların yanı sıra çok az bilinen *L. sylvestris*, *L. latifolius* ve *L. tinginatus*'dur. Bu türler daha çok yem bitkisi olarak yetiştirmekte fakat tek yıllık olarak yetiştirilen *L. sativus* türünde tane üretimi için yetiştiriciliği yapılmakta ve hayvan tüketiminden ziyade insan beslenmesinde de kullanılmaktadır (Smartt ve ark, 1994, Campbell, 1997). Ülkemizde ise gerek ekim alanı gerek üretim miktarı sınırlı sayıda olup var olan üretimde mürdümük ve nohut mürdümüğü (*Lathyrus cicera* L.) üzerine yapılmaktadır. Bu iki türünde yem bitkisi olma özelliğinin yanında tohumları insan beslenmesinde de kullanılmaktadır (Genç ve Şahin, 2001).

Mürdümük farklı büyüme evrelerinde tüketilme özelliğine sahiptir. Vejetatif dönemde büyüme ve gelişmesini engellemeyecek şekilde küçükbaş hayvanlar tarafından tüketilebilirken, kalan kısmında büyüme devam ederek tohumla bırakılır. Mürdümük samanı protein kaynağı olmasından dolayı samanına üretici tarafından tanesi kadar değer verilir (Campbell, 1997). Tüketim amacına göre biçim dönemine de dikkat edilmelidir. Ham protein ve sindirilebilir kuru madde oranının en yüksek olduğu dönem tam çiçeklenme dönemiye, en yüksek kuru ot verimine olgunluk döneminde ulaşmaktadır. Tam çiçeklenme sonrası sindirilebilir kuru madde oranı düşer ve ürün kalitesi azalır (Campbell, 1997, Rihawi vd. 1983). Sitolojik araştırmalar sonucu genel olarak mürdümük cinsinin $2n=14$ kromozoma sahip olduğu görülmüştür. Mürdümük türlerinden 60 tanesinin kromozom sayısı $2n=14$ olarak bulunmuştur (Campbell, 1997).

Dünyada en fazla kültürü yapılan *Lathyrus* türü *Lathyrus sativus*'dur. *Lathyrus sativus* (mürdümük) kurağa en dayanıklı bitkilerden biri olmanın yanı sıra yıllık yağış miktarının yüksek olduğu alanlarda da yetiştirilebilir. Mürdümük erken dönemde su altında kalmaya dayanımı geç dönemde de kuraklığa dayanımı yüksek bir türdür (Tekele-Haimanot vd. 1990; Kumar, 1997). Bu gösterdiği direnç sebebiyle mürdümük türü ve diğer bazı *Lathyrus* türleri Hindistan, Bangladeş, Pakistan, Nepal ve Etiyopya gibi tropik ve subtropik ülkelerde yaygın olarak yetiştirilmektedir (Campbell, 1997). 20.yy ile birlikte Dünya genelinde Avrupa başta olmak üzere *Lathyrus* türünün tarımında bir azalma olmuştur (Hanbury ve Hughes, 2003).

Mürdümük kazık kök sistemine sahip olan tek yıllık bir yem bitkisidir. 30-100 cm arasında boylanabilir, yatık ya da tırmanıcı formda gelişir. Dallı ya da kanatlı gövde

sistemine sahiptir. Yaprak sapı olabildiğince uzun ve geniş kanatlıdır. Sülükler dallanmış şekilde 5-15 cm uzunlukta, yaprakçıklar ise çok ince paralel ve uzun damarlı olup maviye kaçmış bir yeşil renge sahiptir. Çiçekleri mavi, pembe ve beyaz renkte olabilir. 3-4 cm uzunluğunda ve 1-2 cm genişliğinde baklalara sahip olup baklalar 1-6 arası tohum bağlamaktadır (Karadağ 2009).

Mürdümük türleri arasında yapılan melezleme çalışmalarında başarılı olunamamıştır. Sayısız melezleme çalışması yapılmasına rağmen büyük başarılar elde edilememiştir. Yapılan çalışmalardan 16 tanesinde başarılı olunmuştur. Bu türler özellikle *L. sativus* x *L. cicera* ve *L. sativus* x *L. ciliolatus*'dır. Bunun dışında *Lathrus*'lardan 6 türde döllenme ve bakla oluşumu gerçekleşmiş ancak tohum gelişimi olmamıştır (Khawaja, 1988; Smartt vd. 1994). Yapılan çalışmalar sonucunda, *L. sativus* ile *L. cicera* ve *L. ciliolatus* türleri arasında genetik benzerlik olduğu ortaya çıkmıştır. Yapılan başka bir araştırma sonucunda bu türlerin kendine döllendiği çok küçük oranlarda da yabancı döllendiği ortaya çıkmıştır (Brahim vd. 2001). Mürdümükteki yabancı döllenme oranı %9.8-%27.8 oranları arasında değişmektedir (Rahman vd. 1995).

Mürdümükte çiçek rengi ve tohum rengi arasında da yakın bir ilişki vardır. Beyaz renkli çiçekler daha açık renkli tohumlar üretirken pembe, mavi ve kırmızı renkli çiçekler daha koyu renkli ve benekli tohumlar üretmektedir. Aynı zamanda mavi renkli çiçeklerin abiyotik stres koşullarına tolerans ve dayanımı daha fazla olduğu belirlenmiştir (Duke, 1981).

Mürdümük türlerinde tespit edilen ancak protein yapılarında olmayan 3 tane (NPAA) toksik amino asid vardır. Bu amino asidlerden ilki olan β -N-oxalyl-L- α , β diaminopropionic acid (ODAP) mürdümük başta olmak üzere 21 tane *Lathyrus* türünde, L-2, 4 Diamino-butyric acid (DABA) 2 türde (*L. sylvestris* ve *L. latifolius*), beta-aminopropionitrile (BAPN) 4 *Lathyrus* türünde (*L. odoratus*, *L. hirsutus*, *L. pusillus* ve *L. roseus*) belirlenmiştir (Barrow vd. 1974; Roy ve Spencer, 1989).

Mürdümük türlerinin tüketimi sonrası insan ve hayvanlarda kimyasal maddelerin birikiminden dolayı latirizm hastalığı ortaya çıkar. Ayrıca Bangladeş'te yapılan bir çalışma sonucu mürdümük bitkisinin vejetatif kısımlarında ve olgunlaşmamış tohumlarında 2-cyanoethyl-isoxazolin-5-1 isimli bir madde belirlenmiş ve bu maddenin kemiklerde toksik etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir (Enneking, 1998). En tehlikeli olan *latirizm* türü *neurolathyrism*'dir. Neurolathyrism iskelet sisteminde meydana gelen mürdümük tanelerinin uzun bir süre yoğun olarak tüketilmesi ile oluşan kalıcı felçlerdir (Mehta vd.1994).

Latirizm hastalığından hayvanların etkilenme oranları farklılık gösterip en çok etkilenen hayvanlar atlardır. Latirizm çoğu zaman atlarda ölümlere neden olmaktadır (Hanbury vd. 2000). Ruminant hayvanlarda rumen organizma ODAP içeriğini düşürücü etkiye sahiptir ve rumenli hayvanlarda hastalığın görülme sıklığı ve olumsuz etkisi çok

daha düşüktür (Kuo vd. 2000) Aynı zamanda genç hayvanların ODAP'a olan hassasiyeti yaşlı hayvanlardan daha fazladır (Castell vd. 1994).

Latirizmin olumsuz ve ölümcül etkilerinden korunmak için ODAP içeriği düşük mürdümük tür ve çeşitleri yetiştirilmelidir (Hanbury vd. 2005). ODAP içeriği %0.22'nin altında olan tohumlar güvenle tüketilebilir (Abd El Moneim vd. 1999). ODAP içeriği büyük oranda genetik olarak kontrol edilse de ODAP miktarında yetiştirilme şartları da etkili olmaktadır (Geda vd. 1993) Yetiştirilme dönemi boyunca ODAP miktarı üzerine en büyük etki kuraklık stres koşulları altında gerçekleşmektedir. Başlangıçta etkisi olmasa da çiçeklenmenin son dönemindeki su kısıtlılığı ODAP içeriğini arttırmaktadır (Cocks vd. 2000). ODAP miktarının artmasıyla bitkinin kuraklığa direnci artmakta ve yaşamsal faaliyetlerini devam ettirebilmektedir (Malathi vd. 1970).

ODAP, bitkinin çimlenmesinden itibaren tüm gelişim evrelerinde belirli miktarlarda bulunmaktadır. Bitki gelişiminin ilerlemesiyle birlikte ODAP içeriği düşmekte olup olgunlaşma ve tam olum döneminde vejetatif aksamalarda tamamen yok olmaktadır. Fakat, tohumlarda her koşulda yüksek düzeyde ODAP içeriği bulunabilmektedir (Hanbury vd. 1999; Fikre vd. 2008).

Yapılan bazı çalışmalarda ise, mürdümük türünün toksik madde içeriği ve tohum rengi arasında bir ilişki olduğu savunulmuş. Hatta beyaz ve krem rengi tohumlara sahip olan çeşitlerin toksik madde içeriğinin daha düşük olduğu ifade edilmiştir (Dahiya, 1976).

Mürdümükteki ODAP içeriğini kullanım anında düşürmek için suda bekletme işlemi yapılabilir çünkü ODAP suda çözünebilen bir aminoasittir (Tekele-Haimanot vd. 1993; Akalu vd. 1998). Yapılan bir çalışmada ODAP içeriğindeki en büyük azalma 60-70°C sıcaklıktaki suda ortalama 2 saat arayla suyun yenilenmesi ile 8 saat suda bekletme sonrasında olmuş ve bu oran %93 olarak gözlenmiştir. Fakat sıcak suda bekletilen tohumlarda %10 oranında protein azalması da gözlenmiştir (Ur-Rehman vd. 2006). Fakat bu uygulamalarda sadece tüketilecek olan tohumlarda kullanılmakta, bu ODAP düzeyleri gelecek nesillere aktarılamamaktadır.

Mürdümük türlerindeki ıslah çalışmalarının büyük bir kısmı ODAP içeriğini düşürme yönünde yapılmaktadır (Hanbury vd. 2000). Yüksek verim sağlayıp düşük ODAP içeriğine sahip genotiplerin elde edilmesi için iki yol vardır. İlk yol transgenik bitkilerin üretilmesidir (Hanbury vd. 1999; Hanbury vd. 2000). Bir diğer yöntem ise seleksiyon ıslahı yöntemiyle düşük ODAP içerikli genotipleri seçmek ve yüksek ODAP içerikli genotiplilerle melezlemektir (Qayyum ve Abdul, 2001; Brahim vd. 2001). Bu iki yöntemde de ümit verici sonuçlar alınmış fakat ODAP içerikleri büyük ölçüde değişkenlik göstermiştir (Hanbury vd. 1995; Granati vd. 2003). Henüz hiç β -ODAP içermeyen bir genotip veya çeşit bulunamazken, düşük miktarlarda β -ODAP içeren az sayıda çeşit geliştirilebilmiştir. Mürdümük büyük oranda kendine döllen ve %2-3

oranında özellikle arı faaliyeti sonucunda yabancı döllenebilen bir bitkidir. Dolayısıyla, mürdümük gen havuzunda genetik varyasyon çok dardır. Bu nedenle mevcut gen havuzu kullanılarak yeni çeşit elde edilmesi zordur. Bu doğrultu da yapılabilecek en hızlı ve doğru yolun mutasyon ıslahı olduğu gözlemlenmektedir.

Mutasyonlar bitki ıslahında direk ve dolaylı olarak kullanılabilir ve geleneksel ıslah yöntemine göre kıyaslandığında eğer bitki üzerinde bir ya da iki tane özelliğin iyileştirilmesi ve değiştirilmesi için kullanılacak ise klasik ıslah yöntemlerinden daha kısa sürede ve daha ekonomik olarak sonuca ulaşılır. Mutasyon ıslahı sonucunda meydana gelen mutantlarda istenmeyen özellikler ortaya çıksa bile bu mutant çeşitler geleneksel ıslah yöntemlerinde ortaya çıkan üstün özellikleri sayesinde anaç olarak kullanılabilir (Sağel vd. 1994)

Genomik bilgilerin, genin tanımı ve düzenlenmesi, genetik haritaların oluşturulmasında mutantlar kullanılmaktadır. Bitki genomlarının bazılarının sekanslanması tamamlanmış lakin birçok DNA sekans fonksiyonlarının tespiti için gama ışınları ve kimyasal mutagenlerin kullanılması gerekmektedir (Ahloovvalia ve Maluszynski, 2001).

Kimyasal mutagenler mutasyona sahip populasyonların oluşturulmasında sıkça kullanılırken ilk defa (Fare kulağı)'de uygulanmıştır. Lakin diğer bitki türlerine de kolayca adapte edilebilmektedir (McCallum vd. 2000).

Mutasyon ıslahında en çok tercih edilen yöntem kimyasal mutagenler olup bunlar arasında da en çok kullanılan kimyasal ise etil-metan-sulfanat (EMS)'tir. EMS çözeltisinde bekletilen tohumların ekilmesiyle elde edilen tohumlar M1'lerdir ve M2 döllerinde gen mutasyonları gözlenirler (Kodym ve Afza 2003). EMS yöntemi fiziksel mutagenlerden farklı olarak küçük kromozom segmentlerinde değişime sebep olmaktadır (Anonymous 1977, Shu vd. 2012).

Mutant bitkiler doğrudan ve dolaylı olarak iki şekilde kullanılmaktadırlar. Doğrudan kullanımda, hastalık ve zararlılara dayanım, erken hasat, yarı bodurluk gibi özellikler tarıma kazandırılmış karakteristik özelliklerin başında gelir. Özellikle vejetatif olarak neslini devam ettiren bitki türlerinde bu özellik ön plandadır. Meristem dokular, sürgün uçları gibi bitki materyallerinde uygulanan mutagenler kimerik yapıya sebep olurlar ve bu kimerik yapı ilerleyen nesillerde mutant özellik gösterirler. Bu kimerik yapıdan meydana gelen nesil istenilen ve arzu edilen özellikleri taşıyorsa mutant çeşit olarak kabul edilebilir (Anonymous 1977, Shu vd. 2012).

Kalite ve verim tüm ıslah yöntemleri ve tüm çeşitler için temel kuraldır ve bu özellikleri barındıramayan mutantlar dolaylı olarak kullanılırlar. Bazen çevre koşulları bazende mutasyonun şiddetinden dolayı baskın karakter oluşturmamayan bu mutantlar ıslah çalışmalarında potansiyel olarak kullanılabilir (Gottschalk ve Wolff 1983).

Mürdümük çeşitlerinde verim potansiyelinin iyileştirilmesine yönelik ıslah çalışmalarında 3 temel amaç üzerinde durulmaktadır. Bunlar; (i) çok zor olan çevre koşullarında güvenilir gıda üretimini gerçekleştirmek, (ii) düşük girdiyle kaba yem üretimi ve hayvan besleme, (iii) erozyonla mücadelede örtücü bitki olarak kullanılabilmesi olarak sıralanmaktadır. ODAP içeriğinden dolayı bazı ülkelerde tohum satışının bile yasak olması nedeniyle mürdümük bitkisinin ıslah çalışmaları sınırlı sayıda kalmış olmasına rağmen düşük ODAP içeriğine sahip hatlarda elde edilmiştir. Bu haliyle mürdümük tarımı hayvan besleme ve örtücü bitki olarak değerlendirilmesi suretiyle artmaktadır (Hillocks ve Maruthi, 2012).

Mürdümük bitkisinin yararlı yönlerine rağmen bitkiyi tarımsal açıdan geliştirmeye yönelik bilimsel çalışmalar yakın zamana kadar çok sınırlı kalmıştır. Mürdümük geliştirme çalışmaları 1989 yılında ICARDA tarafından başlatılmıştır. Bu gecikmenin en önemli nedeni aşırı tüketimden dolayı hayvanlarda ve insanlarda görülen sinir sistemi bozukluklarıdır. (Jackson ve Yunus, 1984).

Bu çalışmada Gürbüz-2001 çeşidinin tohumlarına EMS (Etil metan sülfonat) mutasyon uygulanarak düşük β -ODAP ve yüksek protein içeriği başta olmak üzere yüksek verimli genotiplerin taraması yapılacaktır. Aranılan özelliklere sahip yüksek verimli genotipler tespit edilirse dar olan mürdümük gen havuzuna yardımcı olacak ve uygun genotiplerle melezleme yapılabilecektir.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Bitkisel Özellikler

Gençkan (1983) mürdümük bitkisinin ortalama 30-100 cm boylandığını kazık köklü bir bitki olup yeşil yem veya tane yemi olarak kullanılabileceğini belirtmiştir.

Campbell (1997) yaptığı çalışmada genotiplerin bazılarında bitki boyu ortalamasının 172 cm'ye kadar çıkabildiğini, mürdümük çiçeklerinin tekli olduğunu ve mavi, pembe, beyaz, kırmızı ve bu renklerin değişik tonlarında olabileceğini tespit etmiştir. Birçok baklagilde olduğu gibi mürdümüklerde bakla çatlaması görülmüştür. Bakla çatlaması küçük tohumlu genotiplerde daha fazla gözlenmiştir. Çatlama olayı büyük tohumlularda çok fazla gözlenmiştir. Küçük tohumlu mürdümük türleri çiçeklenme ve olgunlaşma açısından büyük tohumlulara oranla daha erkenci olduğunu tespit etmiştir. Mürdümük genotiplerinde beyaz çiçeklerin Akdeniz ve Avrupa'da, mavi ve pembe çiçeklerin ise Hindistan ve Doğu Asya kökenli olduğunu belirtmiştir.

Rybinski vd. (2008) bitki boyları üzerine yaptıkları çalışmada; Avrupa ülkeleri orijinli 32 mürdümük hattının Polonya'da yürütülen deneme sonucunda ortalama bitki boyu 31.4-67.4 cm'ler arasında olmuştur.

Kendir (1996) Ankara koşullarında farklı mürdümük hatlarını kullanarak yaptığı araştırmasında bitki boyunu 90.83- 132.83 cm arasında belirlemiştir.

De La Rosa ve Martin (2001) birçoğu İspanya kökenli olan 70 mürdümük genotipinin İspanya koşullarında bitki boyunu ortalama 52 cm olarak, ana dal sayısını ise ortalama 2.46 adet/bitki olarak tespit etmişlerdir.

Sağlamtimur vd. (1986) Çukurova koşullarında yazlık dönemde yürütülen 10 yıllık çalışmada yaygın mürdümüğün bitki boyunu ortalama 63.7 cm, yaş ot verimini 2219 kg/da, tohum verimini 126.6 kg/da ve % 50 çiçeklenme gün sayısını 108 gün olarak tespit etmişlerdir.

Kumar ve Dubey (2001) Hindistan koşullarında yaptıkları çalışmada mürdümük türlerinde dallanma durumunun özellikle ana dallanmanın verim ile olumlu ve yüksek bir ilişki içinde olduğunu tespit etmişlerdir.

Jackson ve Yunus (1984) İngiltere'de 49 mürdümük hattı üzerinde 1982'de yaptığı çalışmada mürdümük türünde varyasyonun en fazla gözlendiği vejetatif kısımlarından birinin yaprak olduğunu ifade etmişlerdir.

Polignano vd. (2005) mürdümükte 76 farklı genotip kullanılarak yürüttükleri çalışma sonucunda bitki başına düşen tane verimini 82.4 g olarak tespit etmişlerdir. Mürdümük genotiplerinin biyolojik verimi bitki bazında incelenmiş biyolojik verimi en düşük 13 g ile 481 g arasında değiştiği tespit edilmiştir. Yaprak uzunluğu ve genişliği değerleri de 6.05-7.9 ve 0.57- 0.7 cm arasında olarak tespit edilmiştir.

Türk vd. (2007) 15 tane mürdümük hattı kullanarak yaptıkları çalışmada bu hatların 1000 tane ağırlığını 51-326 g arasında bakla sayısını ise 11-100 adet arasında tespit etmişlerdir.

Gülcan (1989) yapılan çalışmada bakla başına tohum sayısı ortalama 4-5 adet tohum ve ortalama tohum verimi de 120 kg/da olarak belirlenmiştir.

Cocks vd. (2000) Akdeniz-Avrupa orijinli hatlarda, Hindistan orijinli hatlara oranla tane veriminin daha fazla olduğunu tespit etmiştir.

Robertson ve Abd El Moneim (1995), 272 mürdümük genotipiyle yaptıkları çalışmada biyolojik verimi 51.6-520 kg/da gibi çok geniş aralıkta belirlemişler ve ortalama 216,7 kg/da olarak tespit edilmişlerdir.

Campbell ve Clayton (1997) yaptıkları çalışmada baklaların şişman, hafif kavisli ve dikdörtgen şeklinde olduğunu ve baklaların ortalama 4-6 tohumlu olduğunu belirlemişlerdir.

Hanbury vd. (1995) geniş bir alandan toplanan 451 mürdümük populasyonunda %50 çiçeklenme süresinin 76 ile 123 gün arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

Robertson ve Abd El Moneim (1998) Suriye’de 272 mürdümük hattıyla yürütülen çalışmada, %50 çiçeklenme dönemi ortalama 126 gün, hasat olgunluk süresi ise ortalama 173 gün olarak tespit edilmiştir.

Avcıoğlu ve Soya (1990) tarafından mürdümükte yapılan çalışmada 1000 tane ağırlığının tohum rengine ve çeşite bağlı olduğunu belirlemişlerdir. Beyaz renkli tohumların 1000 tane ağırlığı 230-400 g arasında belirlenmiştir ve renkli tohumların 1000 tane ağırlığından (150-180g) fazla olduğunu tespit edilmişlerdir.

Rotter vd. (1991) mürdümükle ilgili yürüttükleri çalışmada besin içeriklerini belirlemişlerdir ve tanedeki protein oranını %25.6-28.4, nişasta oranını %48-52, kül oranını % 2.9-4.6, yağ oranını % 0.58-0.80, ADF oranını % 4.3-7.3, Ca ve P oranlarını ise sırasıyla % 0.07- 0.12 ve % 0.37-0.49 arasında olduğunu tespit etmişlerdir.

Sammour vd. (2007) birçok mürdümük türüyle yapılan çalışmada ortalama protein içeriği %22.6 ile 49.3 olarak belirlenmiştir.

Acar ve Başaran (2007) 7 yabancı mürdümük türü ile yapılan çalışmada protein içeriği kuru otta %15-21, tanede %20.51-28.36 olarak tespit edilmiştir.

Açıkgöz (1991), yaygın mürdümüğün tek yıllık baklagil yem bitkisi olduğunu ve 30-90 cm ye kadar boylanabildiğini taç yapraklarının mavi-menekşe renkte olduğunu, baklada tohum sayısının 6-12 adet olduğunu, kıraç koşullarda 150-200 kg/da kuru ot ve 50-150 kg/da tane verimi alınabileceğini tespit etmiştir.

Gençkan (1992) tarafından yürütülen bir çalışmada; mürdümüğün 30-100 cm boylanabildiğini, baklaların 30-40 mm uzunluğunda, 10-20 mm genişliğinde ve 6 mm kalınlığında olduğunu, baklada tohum sayısının 2-4 tane, tohumların 6-8 mm çapında, 1000 tane ağırlığının renkli tohumlarda 150-180 g, iri tohumlu beyaz tanelilerde ise

230-400 g arasında olduğunu, yaş ot veriminin 1000-3500 kg/da, dane veriminin 100-200 kg/da ve tohumların ise yaklaşık %28 ham protein içerdiğini çiçek renginin genellikle beyaz olduğunu, fakat pembe ya da mavimsi renkte olanların da bulunabileceğini tespit etmişlerdir.

Aksu (2021) Antalya koşullarında 26 mürdümük genotipiyle 2017-2019 yılları arasında yürüttüğü çalışmada bitki boyunu 56.53 – 73.13 cm, dal sayısını 11.66 – 18.33 adet, bitkide bakla sayısını 12.60 – 21.53 adet, en yüksek tohum verimini 1430.7 kg/ ha ve en yüksek biyolojik verimi 4222,3 kg/ha olarak tespit etmiştir.

2.2. ODAP İçeriği

Mürdümük türleri de diğer birçok baklagil bitkisinin de içerdiği beslenme bozukluğuna sebep olan maddeler içermektedirler. Bunların en önemlisi ODAP olarak bilinen β -N-oxalyl-L- α , β -diaminopropionic asittir (Yan vd. 2006). ODAP protein yapısında bulunmayan bir aminoasittir. Merkezi sinir sistemi üzerindeki yıkıcı etkisiyle motor nöronlarda fonksiyon bozukluğu oluşturmakta ve lathyrism hastalığına sebep olmaktadır. Doğal ortamda ODAP α ve β olmak üzere 2 izomer forma sahiptir. α -ODAP toplam ODAP'ın % 5'i kadar olup zararlı etki bakımından daha az toksik etkiye sahiptir. ODAP'ın % 95'lik kısmını β -ODAP oluşturmaktadır (De Bruyn vd. 1994; Harrison vd 1977). Birçok araştırmacı mürdümüğün beslenmedeki başlıca probleminin tohumların içerdiği β -ODAP olduğunu bildirmektedirler (Akalu vd. 1998; Zhao vd. 1999; Kuo vd. 2000; Kumar vd 2011; Vaz Patto vd. 2006).

Mürdümük türlerinin ODAP içeriği çevre ve iklim şartlarından da büyük ölçüde etkilenmekle birlikte genellikle genetik olarak kontrol edilmektedir (Campbell, 1997). Bitkilerde ODAP sentezine ait fizyolojik esaslar tam olarak bilinemeselerde bazı tespitler yapılabilmektedir. Örneğin ODAP miktarının artmasıyla bitkilerde kuraklığa dayanım artmakta, bu streskoşullarında hücre zarı ve yapraklar fizyolojik işlevlerini sürdürebilmektedir (Grela vd. 2001; Vaz Patto vd. 2006; Başaran vd. 2007). Bunların yanı sıra yapılan bazı araştırmalarda ODAP sentezi ile stres koşullarında salgılanmalarında artış olan oxalic asit ve absisik asit gibi hormonlar arasında bir ilişki olduğu bildirilmektedir (Xiong vd. 2006). Diğer taraftan ekim zamanı ve vejetasyon süresi boyunca düşen yağış miktarının ODAP içeriği üzerine etkisi olduğu ve buna bağlı olarak en yüksek etkinin de kuraklık stresinden kaynaklandığı bilinmektedir (Talukdar, 2011).

Mürdümüğün methionin bakımından zengin olan buğdaygiller ya da soğan, sarımsak gibi antioksidan özelliği olan bitkilerle karışık olarak yetiştirmek nörolathyrism hastalığının etkisini önemli düzeyde azaltmak için yeterli olabilmektedir (Getahun vd. 2003).

Mürdümüğün zararlı etkilerinden korunabilmek için ODAP içeriği düşük çeşitlerin geliştirilmesi büyük düzeyde önem taşımaktadır. ODAP içeriğinin bitkinin yetiştirildiği çevre koşullarında ve yıllar arasında farklılık göstermesi düşük ODAP içerikli çeşitlerin geliştirilmesini zorlaştırmaktadır. Aynı zamanda mürdümük yabancı döllenebildiği için zamanla genetik açılmalar ile çeşit özelliklerinde değişimler olabilmektedir (Hanbury vd. 2005).

Kanada’da ıslah edilen ve ODAP içeriği % 0.03 düzeyinde olan bir hat Etiyopya’da yetiştirildiğinde ODAP oranı % 0.23 seviyesine çıkmıştır (Tadesse,1997).

ICARDA’da çok sayıda mürdümük hattıyla yürütülen ıslah çalışmalarında Hindistan, Pakistan, Etiyopya, Bangladeş ve Nepal orijinli genotiplerin ODAP oranı yüksek (% 0.7-2.4 arasında), Türkiye, Suriye ve Kıbrıs orijinli genotiplerin ODAP oranı ise düşük (% 0.02-1.2) arasında belirlenmiştir (Abd El-Moneim vd. 2001). Hindistan’da 4 farklı lokasyon noktasında 100’ün üzerinde mürdümük hattıyla yürütülen bir çalışmada ise, hatların ODAP içeriği % 0.123- 0. 594 arasında değişmiştir (Pandey vd. 1997).

Pakistan orijinli olup yetiştiriciliği yapılan ve değişik kuruluşlardan temin edilmiş 590 mürdümük genotipinin incelenmesi sonucunda, genotiplerin % 88’inin % 0.1-0.4 arasında birkaç tanesinin ise % 0.09 gibi oldukça düşük miktarlarda ODAP içerdiği belirlenmiştir. Ayrıca, Pakistan orijinli materyallerin ODAP içeriği diğerlerinden daha yüksek olmuştur (Hoqqani ve Arshad, 1995).

Islah çalışmalarının yanı sıra kullanım sırasında yapılacak bazı işlemlerle de mürdümük tanelerinin toksik etkisini azaltmak mümkün olmaktadır. Değişik sıcaklık ve kimyasal uygulamalarıyla ODAP miktarında azalma sağlanmış ancak, bu işlemlerin hiçbirinde ODAP tamamen yok edilememiştir (Tekele-Haimont vd.1993).

Ur-Rehman vd. (2006) tarafından gerçekleştirilen ve (i) suda bekletme, (ii) kaynatma, (iii) çimlendirme ve (iv) kimyasal uygulamaların (H₂SO₄, HCl, kireç ve NaHCO) ODAP içeriğine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, en yüksek ODAP miktarındaki azalma (% 93) 60-70°C sıcaklıktaki suda 8 saat bekletilen bu sürede suyun 7 kez değiştirildiği işlemde belirlemiştir. Bu işlem sonrasında protein oranında ise %10’a yakın azalma gerçekleştiği bildirilmiştir.

2.3. Mutasyon Islahı

β -ODAP’ın zararlı etkilerinden korunmak için β -ODAP içeriği düşük mürdümük çeşitlerinin yetiştirilmesi çok önemlidir. Ancak, β -ODAP içeriğinin çevre koşullarından etkilenmesi ve yıllar arasındaki gösterdiği değişiklikten dolayı β -ODAP içeriği düşük yeni çeşitlerin geliştirilmesini zorlaştırmaktadır (Arslan vd. 2017). Yinede, ıslah çalışmaları sonucu düşük β -ODAP içeriğine (<%0,1) sahip birkaç çeşit elde edildiği bazı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Kumar vd. 2011; Emmrich, 2017; Xu vd. 2017). Mürdümük üzerine yapılan ıslah çalışmaları ODAP içeriği, fenoloji ve verim, yabancı ot direnci, hastalık direnci veya diğer kalite özelliklerine odaklanmıştır (Almeida vd. 2015).

Kendine döllen bir bitki olan mürdümük dar bir genetik varyasyona sahip olduğundan geleneksel ıslah yöntemleri yapılan çalışmalar sınırlı düzeyde gelişme imkânı bulmuştur (Singh ve Sadhukhan, 2019). Mutasyon ıslahı faydalı mutantların elde edilmesiyle bitki gen kaynaklarında genetik kaynakların genişletilmesi açısından geleneksel ıslah yöntemlerine yardımcı olabilir. Mürdümükte genetik farklılığı

sağlamak için mutasyon ıslahı tekniği yaygın olarak kullanılmaktadır (Talukdar, 2009). Fiziksel ve kimyasal mutajenler kullanılarak mürdümükdeki ODAP içeriğinin popülasyon ortalamasında önemli bir değişiklikler belirlenebilmiştir (Nerkar, 1976; Prasad ve Das, 1980).

Uyarılmış mutagenin ıslahçılar tarafından belirli amaçlar için ve belirli adaptasyonlarla çeşitlerin geliştirilmesinde ek genetik değişkenlik oluşturmak için genetik kaynağa ek olarak kullanılabileceğini belirtmiştir (Rybinski 2003). Uyarılmış genetik çeşitliliğin kullanılması tarım ürünlerinin iyileştirilmesinde kanıtlanmış bir yöntemdir ve büyük çeşitlilik sağlamak için mutajenin kullanımı özellikle sınırlı genetik varyasyon olan türlerde değerlidir. Mutagenin üremede kullanımı, ileriye dönük genetik taramayı ve gelişmiş özelliklere sahip bireysel mutantların seçimini ve bunların üreme programlarına dahil edilmesini sağlamaktadır (Parry vd. 2009).

Mutasyonun etki düzeyi türe, mutajene ve kullanılan dozlara göre değişmektedir. Bu nedenle, bir mutagen seçimi ve bir genotip için optimum dozu, herhangi bir bitki türünde mutasyon sıklığını maksimum düzeye getirmede önemlidir (Tripathy vd. 2011). Etil metansülfonat (EMS), nokta mutasyonlarını indüklemek için etkili ve yaygın olarak kullanılan bir kimyasal mutagen olarak kabul edilir (Till vd. 2004). Yetiştirme programlarında EMS, basit uygulamaları, tekrarlanabilirlikleri, yüksek mutasyon sıklığı ve daha az bertaraf sorunları nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır (Shah vd. 2016).

Ramezani vd. (2017), mürdümük (*Lathyrus sativus* L.)’de gama ışınımı ve EMS kökenli çiçek rengine oluşacak farklılığı araştırmaya yönelik yapmış olduğu çalışmada, EMS ve gama ışınları uygulanan mürdümük tohumlarında M2, M3 ve M4 generasyonlarında farklı çiçek renkleri tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Araştırmacılar, mutantların çiçek renklerinde beyaz ve mor rengin diğerlerine göre daha fazla ortaya çıktığını belirlemişlerdir. Diğer yandan, çiçek rengi sıklığı ve kombinasyonunda uygulanan mutasyon dozuna bağlı olarak farklılık gözlenmiştir. Kontrol ile kıyaslandığında EMS ve gama ışınlarının dozu arttıkça çiçek renkleri arasındaki farklılık artmış ve EMS kimyasalının gama ışınlarına kıyasla daha fazla etki gösterdiğini bildirmişlerdir.

Singh ve Sadhukhan (2019) mürdümükte EMS ve gama ışınları kullanarak mutasyon uygulaması çalışmada en etkili EMS dozu %0.5 ve gama konsantrasyonu 400 Gy olarak tespit edilmiştir. Aynı zamanda EMS ve gama ışınlamasının en etkili ve verimli mutagen olduğu, muarak tesbit edilmiştir. Araştırmacılar, mürdümükte EMS ve gama ışınları kullanarak mutasyon uygulaması çalışmada; verimliliğin yalnızca türe bağlı değil aynı zamanda mutajenin ve mutajenin dozunda da önemli olduğunu tespit etmişlerdir.

Rybiński (2003) 1640 mürdümük tohumu kullanarak yaptığı mutasyon çalışmada, M2 tohumları kurak koşullarda ve çevresel stres koşullarında

yetiştirmiştir. Çalışma sonucunda, bütün mutajen dozlarında bitki boyu, bakla uzunluğu ve verimde büyük değişimler belirlenmiştir.



3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Bitkisel materyal olarak Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü tarafından tescil ettirilen ve ülkemizdeki ilk tescilli mürdümük çeşidi olan Gürbüz-2001'in tohumları kullanılmıştır. Gürbüz-2001 çeşidi, ana sap uzunluğu 35-50 cm, 1000 tane ağırlığı 100-120 g, yaklaşık olarak 98 günde fizyolojik olgunluğa ulaşan, biyolojik verimi 200-550 kg, tane verimi 90-220 kg olan ve yaklaşık % 20.2 ham protein içeren bir çeşittir (Anonim, 2001).

3.1.1. Deneme yeri ve yılı

Denemede ilk olarak 2019 yılı mart ayında mutagenlerin ekimi yapılmıştır ve ilk hasat ağustos ayında olmuştur. İkinci yıl M1'lerin ekimi kasım ayında hasatları ise haziran ayında yapılmıştır. Deneme bu şekilde 2 farklı yetiştirme döneminde Akdeniz Üniversitesi Kampüsü içerisindeki Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü uygulama alanında kurulmuştur.

3.1.2. Deneme alanının iklim özellikleri

Denemenin yürütüldüğü vejetasyon dönemine ait iklim verileri Çizelge 3.1.'de verilmiştir. Çizelge 3.1.'e bakıldığında yetiştirme dönemindeki en yüksek ortalama sıcaklık iki yetiştirme yılında da 25.82°C ve 26.00°C ile haziran ayı, en düşük sıcaklıklar ise 9.76 °C ve 10.50 °C ile ocak ayında görülmüştür.

Denemenin yürütüldüğü 2018-2020 yılları arasında ilk yetiştirme yılında yağış miktarı daha fazla olmuş ve 2018-2019 yıllarında en fazla aralık 283.9 mm ile aralık ayında en az yağışta 10.6mm ile mayıs ayında ölçülmüştür. 2019-2020 yıllarında ise yine en fazla yağış 287.2 mm ortalama ile aralık ayında en az yağış ise 3.5mm ile haziran ayında ölçülmüştür.

2018-2019 yıllarında ortalama nispi nem değeri ocak ayında %80.25 ile en yüksek değerde iken, % 55.06 ile kasım ayında en düşük nispi nem ölçülmüştür. 2019-2020 yıllarında ise %77.20 ile yine aralık ayında en yüksek nispi nem ölçülürken %60.30 ile ocak ayında en düşük nispi nem ölçülmüştür.

Çizelge 3. 1. Denemenin yürütüldüğü ayların iklim verileri

Aylar	Sıcaklık (°C)		Yağış (mm)		Nisbi Nem (%)	
	2018-2019	2019-2020	2018-2019	2019-2020	2018-2019	2019-2020
Kasım	18.21	17.20	88.9	179.5	55.06	71.50
Aralık	13.19	12.10	283.9	287.2	78.58	77.20
Ocak	9.76	10.50	282.7	104.9	80.25	60.30
Şubat	11.68	11.50	62.4	79.5	75.61	72.50
Mart	13.76	14.00	51.0	51.1	71.79	69.70
Nisan	15.99	16.90	52.3	14.9	72.06	73.40
Mayıs	21.35	21.90	10.6	60.9	67.62	65.30
Haziran	25.82	26.00	34.5	3.5	67.72	61.30
Toplam	-	-	866.3	781.5	-	-
Ortalama	16.22	16.26	-	-	71.08	68.9

Meteoroloji Genel Müdürlüğü Verileri (Antalya 2018-2020)**3.1.3. Deneme alanının toprak özellikleri**

Deneme alanından 0 - 30 cm derinliğinden alınan toprak numuneleri Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Bölge Toprak Bitki Su ve Gübre Analiz Laboratuvarı Toprak Analiz Sonuçları ve Gübreleme Önerisinde analiz edilmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2'de görüldüğü gibi, deneme alanı pH'sının nötr, kireç oranı fazla, hafif tuzlu ve organik madde bakımından yeterli olduğu tespit edilmiştir.

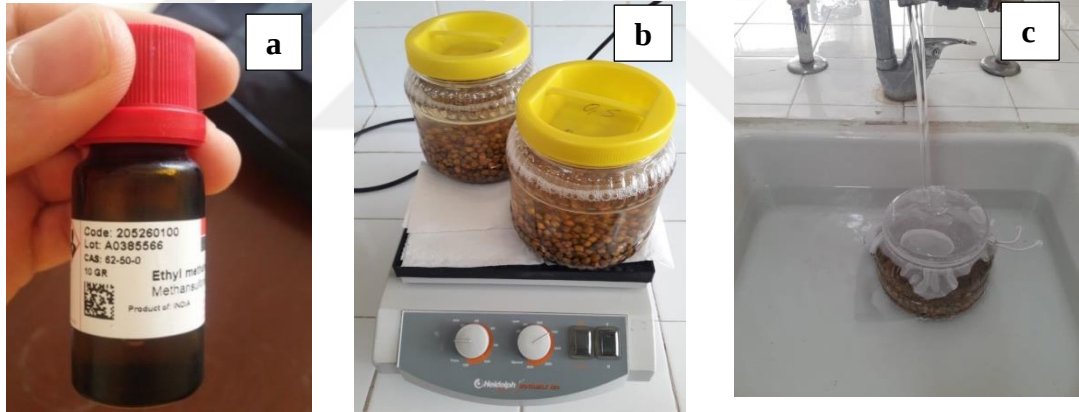
Çizelge 3. 2. Deneme Alanının Toprak Özellikleri

Toprak Analizi Sonuçları		
Laboratuvar numarası	761	Değerlendirme
pH (1:2,5)	7,2	Nötr
Kireç (%)	21,5	Fazla Kireçli
EC micromhos/cm(25°C)	487	Hafif Tuzlu
Kum (%)	43	
Kil (%)	22	
Mil (%)	35	
Organik Madde (%)	2,4	
P ppm(Olsen)	5	Yeterli Değerler
K ppm	276	20-25
Ca ppm	6197	200-320
Mg ppm	364	1440-6120
Fe ppm	3,6	117-400
Mn ppm	12,6	4.0-4.5
Zn ppm	1,0	1'den büyük
Cu ppm	1,4	1'den büyük
		0,2'den büyük

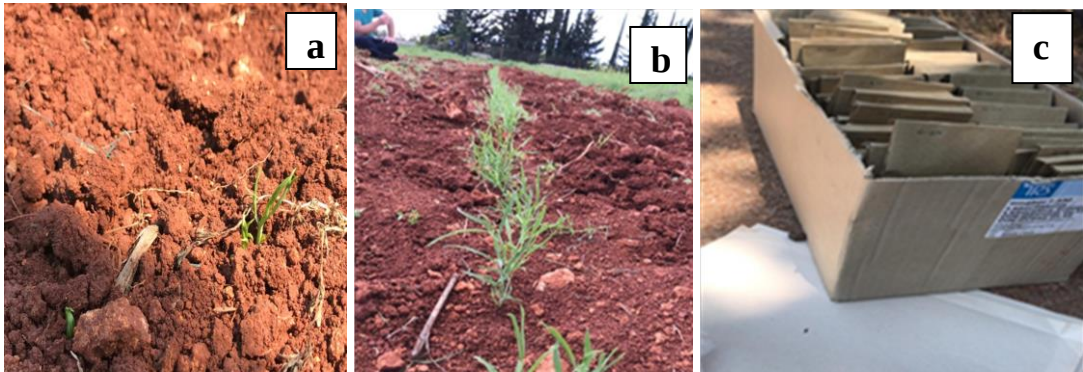
3.2. Metod

3.2.1. Deneme yöntemi

EMS mutageni mürdümük tohumlarına Singh ve Sadhukhan (2019)'in da bildirdiği gibi %0.5 ve %1'lik konsantrasyonlarda aynı prosedür ile uygulanmıştır. Mutasyon çalışması için 1500+1500 olarak sayılan toplamda 3000 mürdümük tohumu kullanılmıştır. Sayılan her iki grup mürdümük tohumu 9 saat 25 °C saf suda bekletildikten sonra bir grup 0.5 EMS (%0.5) solüsyonunda diğer grup 1.0 EMS (%1) solüsyonunda 4 saat bekletilmiş ve bu 4 saat boyunca solüsyonun eşit dağılımının sağlanması için Rotamax cihazında çalkalama işlemi yapılmıştır. Dört saatin sonunda süzülen solüsyonların ardından mürdümük tohumları gece boyu akan suda yıkama işlemine tabi tutulmuştur. Kontrol olarak kullanılan 250 tohum hiçbir işleme tabi tutulmamıştır. Mutagen uygulanmış tüm tohumlar Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümüne ait tarlaya 19.03.2019 tarihinde ekilmiştir. Bitki çıkışlarını takiben bakım işlemleri (yabancı ot kontrolü vs.) yapılmış ve gerekli gözlemler alınmıştır. İlk doz olarak 0.5 EMS uygulanan grup 18.06.2019 tarihinde (576 bitki), 1 EMS uygulanan grup ise 03.07.2019 tarihinde (200 bitki) tek bitki olarak hasat edilmiştir.

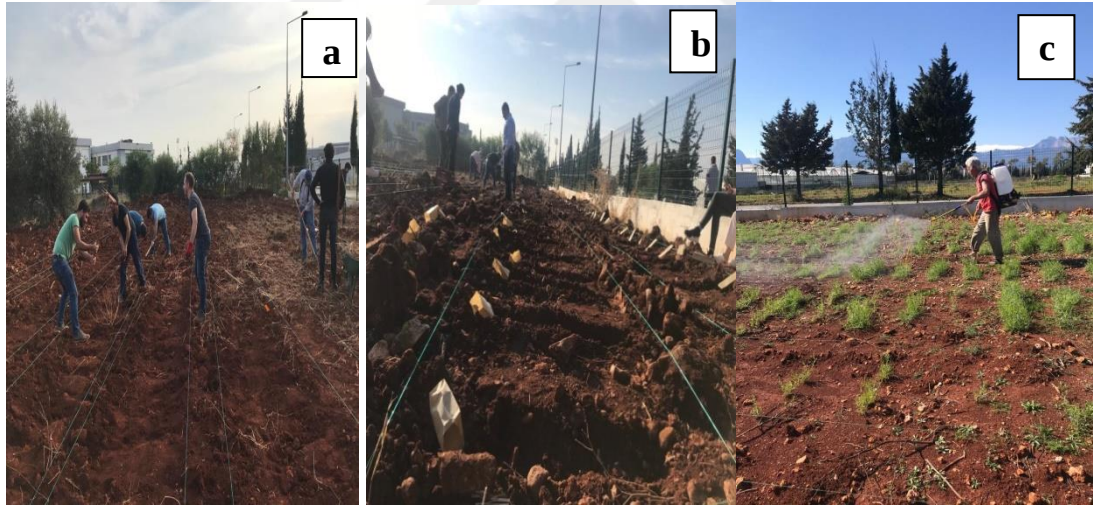


Şekil 3.1. EMS uygulama süreci; **a)** Uygulanan kimyasal; **b)** Rotamax cihazında çalkalanan tohumlar; **c)** Akan suda yıkama işlemi



Şekil 3.2. İlk yıl ki ekimden görüntüler; **a)** Bitkilerin topraktan çıkışı; **b)** Çıkış sağlamış olan bitkiler; **c)** Tek bitki hasadı yapılmış olan tohumların paketlenmesi

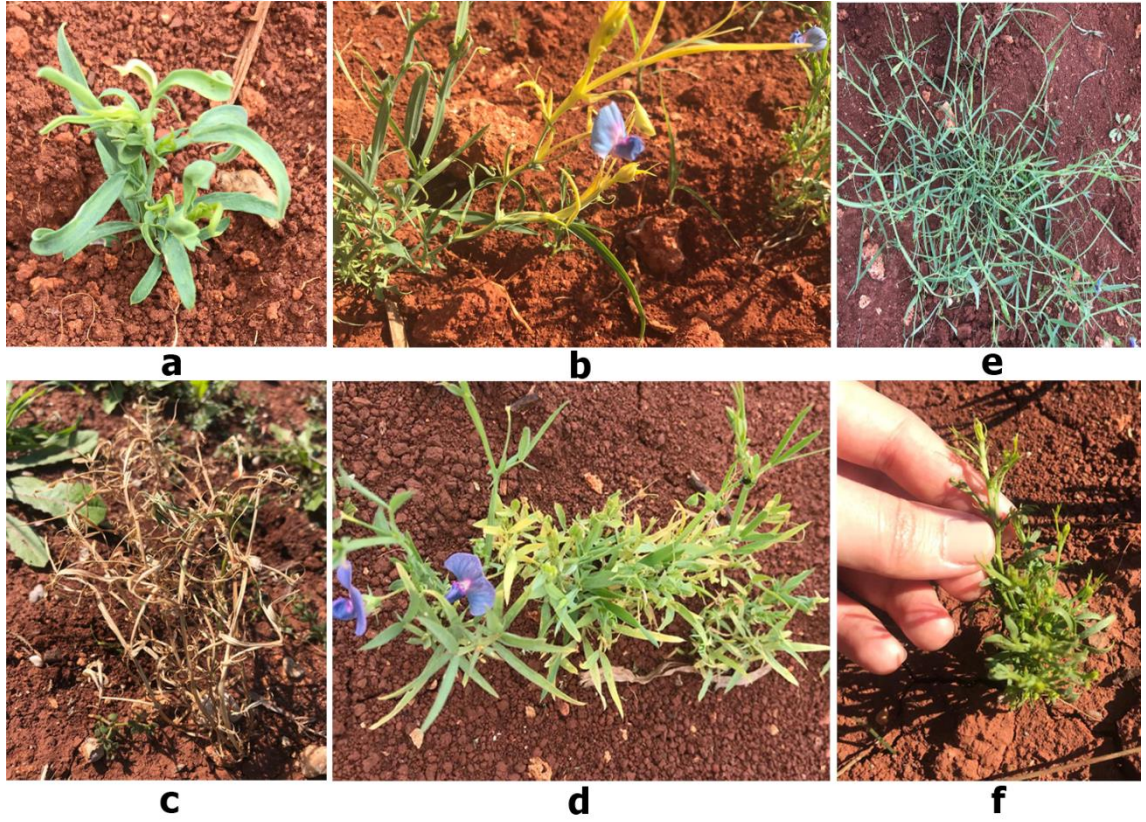
İkinci yıl ekimleri ise 21.11.2019 tarihinde yapılmıştır. Sıraların uzunluğu 1 m olup sıralar arasında 50'şer cm boşluk bırakılmış ve her 25 sırada kontrol için 1 sıra Gürbüz-2001 çeşidi ekilmiştir. Toplamda 776 sıra ekim yapılmıştır. Bunlardan 576 sıraya % 0.5 doz EMS uygulananlar, 200 sıraya %1 doz EMS uygulananlar ekilmiştir. % 0.5 doz EMS uygulanan sıralarda ilk çiçeklenme 10 Ocak 2020 tarihinde gerçekleşirken, ilk bakla 2 Mart 2020 tarihinde gerçekleşmiştir. %1 doz EMS uygulanan tohumlarda ilk çiçeklenme 15 Şubat 2020 tarihinde gerçekleşmiştir. Arılarla yabancı dölleme olmasını engellemek için çiçeklenme başlangıcından itibaren belli aralıklarla ilaçlama yapılmıştır. Hasat olgunluğuna gelen bitkilerden seleksiyon sonucu seçilenlerde bitki boyu,bakla eni,bakla uzunluğu ve bitki gövde genişlikleri ölçülmüş ve tüm toprak üstü aksamı bütün olarak hasat edilerek ayrı ayrı çuvallara konulmuştur. Seleksiyon sonucu seçilenlerden geriye kalan tüm sıralardan kese kağıtlarına tohumlar alınmıştır. Kese kağıtlarına alınan tohumların sıra üzerindeki tüm bitkilerden tohum alınacak şekilde olmasına dikkat edilmiştir. Birinci yıl 0.5 doz uygulanıp ekilen 1500 bitki içinden hasat edilen 576 bitki ikinci yıl ekilmiş ve bu 576 hattın ikinci yıl 276 tanesinden tekrar tohum alınmıştır. İlk yıl 1 doz uygulanıp ekilen 1500 bitkiden hasat edilen 200 bitkiden alınan tohumlar ikinci yıl ekilmiş ve 120 tanesinden tekrar tohum alınmıştır. İkinci yıl %0.5 doz EMS uygulanan tohumlardan 25 tane bitki cüce, 27 tane bitki yatık, 19 tane çıkış sonrası kuruyan bitki, 36 tane sarı bitki olmuştur. %1 doz EMS uygulanan tohumlardan 9 tane cüce bitki, 14 tane yatık bitki, 4 tane çıkış sonrası kuruyan bitki, 4 tane sarı bitki olmuştur.



Şekil 3.3. Denemenin ikinci yılından görüntüler; **a)** Ekim yapılacak alanın hazırlanması; **b)** Bloklara yapılan ekimler; **c)** Denemenin İlaçlanması

3.2.2. Mutant mürdümük popülasyonun gelişimi

Bu çalışmada 4 saat boyunca %0.5 ve %1 doz EMS’de tutulan 3000 mürdümük tohumu kullanılmıştır. Çimlenme oranı M1 generasyonu için % 0.5 doz için % 71,6 (1074 bitki) olarak hesaplanmıştır. Bunlardan 240 bitki erken dönemde ölmüştür ve 129 bitki çiçek açmış lakin tohum üretmemiştir. Diğer EMS dozunda (%1) çimlenme oranı 42.4 (636 bitki) olarak hesaplanmıştır ve önemli sayıda bir bitkinin (346) bu dozda vejetatif dönemde öldüğü tespit edilmiştir. Bu nedenle mutajen uygulamasında mürdümük popülasyonunun ölümcüllüğü EMS altında yaklaşık %43.0 olarak tespit edilmiştir. Orijinal tohumlara kıyasla değiştirilmiş fenotip oranı %1’in altında gerçekleşmiştir. M2 popülasyonun da 705 tanesi %0.5 ve 200 tanesi %1 doz uygulamalardan olmak üzere 905 tane M2 tohumu alınmıştır. M2 popülasyonunda gözlenen değişiklikler arasında çiçeklenmenin olmaması, artan ve azalan boy, solma ve kısırılık gibi özellikler olduğu gözlenmiştir. (Şekil 3.4.)



Şekil 3.4. Mutasyon etkileri **a)** Anormal yaprak (M1 Bitkisi) **b)** Kloroz (M1 Bitkisi) **c)** Solma (M1 Bitkisi) **d)** Anormal dallanma (M1 Bitkisi) **e)** Yayılan büyüme tipi (M2 Bitkisi) **f)** Bodur tip (M2 Bitkisi)



Şekil 3.5. Hasat öncesi bitki ölçümleri; **a)** Bitki boyu ölçülmesi; **b)** Kumpas ile bakla eni ve boyu ölçümleri



Şekil 3.6. Hasat işlemleri

3.2.3. Yapılan gözlemler ve ölçümler

Yapılan tüm gözlem ve ölçümler için “Mürdümük Türleri Tanımlama Kılavuzu” (IPGRI, 2000) esas alınmıştır.

3.2.3.1. Bitki boyu (cm)

Seleksiyon sonucunda seçilen bitkinin %50 çiçeklenme döneminde bitki boyu ölçülerek belirlenmiştir.

3.2.3.2. Dal sayısı (adet)

Seleksiyon sonrası seçilen bitkinin %50 çiçeklenme döneminde ana dalları sayılarak belirlenmiştir.

3.2.3.3. Bakla boyu (cm)

Seleksiyon sonrası seçilen bitkinin %50 çiçeklenme döneminde baklasında kumpasla ölçüm yapılmış ve "cm" olarak yazılmıştır.

3.2.3.4. Bakla eni (cm)

Seleksiyon sonrası seçilen bitkinin %50 çiçeklenme döneminde baklasında kumpasla ölçüm yapılmış ve "cm" olarak yazılmıştır.

3.2.3.5. Bitkide bakla sayısı (adet)

Hasat olgunluğu döneminde seleksiyon sonucu seçilen her bitkinin baklaları sayılarak belirlenmiştir.

3.2.3.6. Bitkide bakla çatlama durumu

Hasat olgunluğu döneminde seleksiyon sonucu seçilen her bitkinin baklaların çatlama durumu gözlenmiştir.

3.2.3.7. Biyolojik verim (g/bitki)

Tohum olgunlaşma döneminde seleksiyon sonucu seçilen her bitkinin tamamının toprak üstü aksamı hasat edilerek tartılmış ve dekara biyolojik verim değerleri hesaplanmıştır.

3.2.3.8. Tohum verimi (g/bitki)

Tohumlar olgunlaştığı zaman seleksiyon sonucu seçilen bitkiler elle hasat edilmiştir. Her bitki farklı çuvallara doldurularak, danelerin iyice kuruması amacıyla bekletmeye bırakılmıştır. Daha sonra biyolojik aksamı harmanlanarak tohumları çıkarılmış ve elde edilen verilerle tohum verimleri hesaplanmıştır.

3.2.3.9. Bin tane ağırlığı (g)

Seleksiyon sonucu seçilen her bitki için elde edilen tohumlar 4 adet 100'er tohum sayılıp ayrı ayrı hassas terazide tartılarak elde edilen değerlerin ortalaması 10 ile çarpılarak elde edilmiştir.

3.2.3.10. Gövde eni (mm)

Seleksiyon sonucu seçilen bitkiler olgunlaşma dönemini tamamladıktan sonra kumpas yardımıyla bitki gövdeleri ölçülerek elde edilmiştir.

3.2.3.11. Çiçek rengi

%50 çiçeklenme döneminde görsel olarak belirlenmiştir.

3.2.3.12. Tohum rengi

Mürdümük tohum kabuğu rengi, RHS mini renk şeması kullanılarak tanımlanmıştır. Griesbach ve Austin (2005), biyolojik örneklerin rengini tanımlamak için Kraliyet Bahçıvanlık Derneği Renk Tablolarının (RHSCC) kullanılmasını tavsiye etmiştir.



Şekil 3.7. RHS mini colour chart renk skalası

3.2.4. Kimyasal analizler

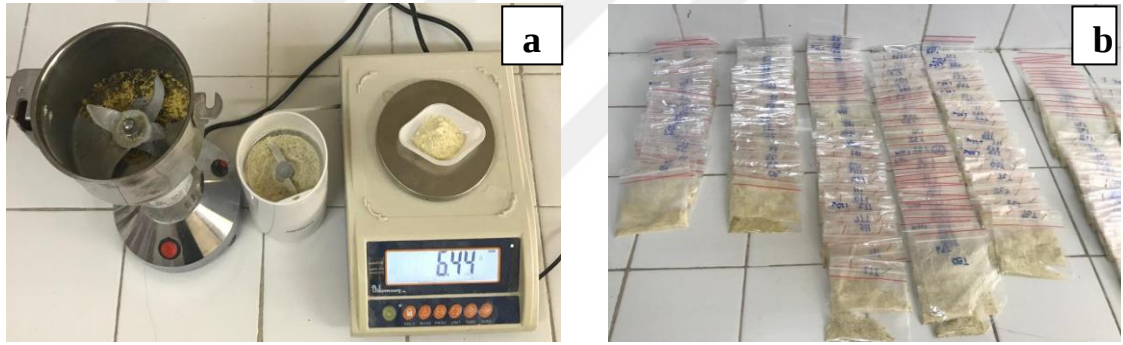
Kimyasal özellikler olarak tanenin protein, ADF (Asit Deterjan Fiber), NDF (Nötral Deterjan Fiber) ve β -ODAP (β - N-oxalyl-L- α , β -diaminopropionic acid) içeriği incelenmiştir. Azot içeriği kjeldahl yöntemi ile belirlenmiş ve 6.25 ile çarpılarak ham protein oranı hesaplanmıştır (Kacar ve İnal, 2008). ADF ve NDF konsantrasyonları, Ankom Technology tarafından özetlenen standart yem kalitesi analizi laboratuvar prosedürlerine göre belirlenmiştir. Bu çalışmada ADF ve NDF analizleri için ANKOM F57 filtre torbaları kullanılmıştır. Toplam sindirilebilir besin maddeleri (TDN), kuru madde alımı (DMI), sindirilebilir kuru madde (DDM) ve bağıl besleme değeri (RFV), (Horrocs ve Vallentine, 1999)'dan uyarlanan aşağıdaki denklemlere göre hesaplanmıştır:

$$\text{TDN} = (-1.291 \times \text{ADF}) + 101.35,$$

$$\text{DMI} = 120\% \text{ NDF } \% \text{ Kuru madde esası}$$

$$\text{DDM} = 88.9 - (0.779 \times \text{ADF } \% \text{ kuru madde esası})$$

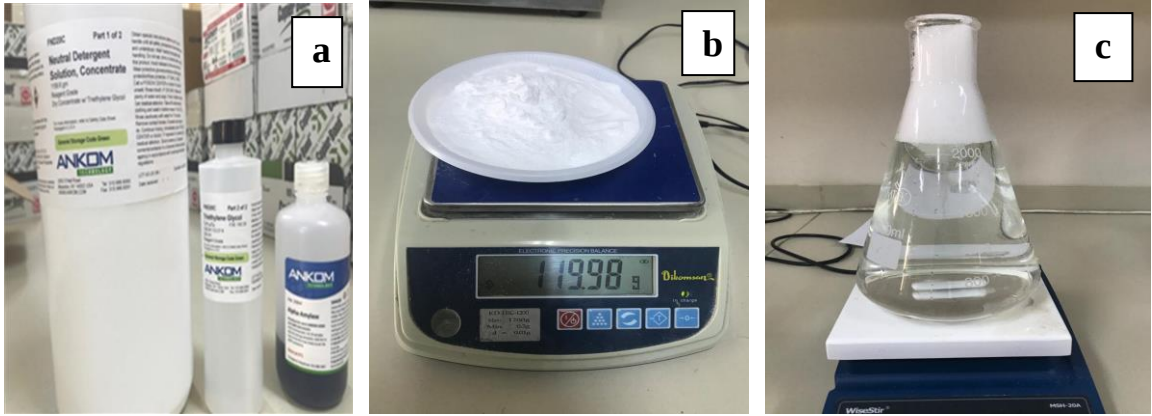
$$\text{RFV} = \text{DDM}\% \times \text{DMI}\% \times 0.775$$



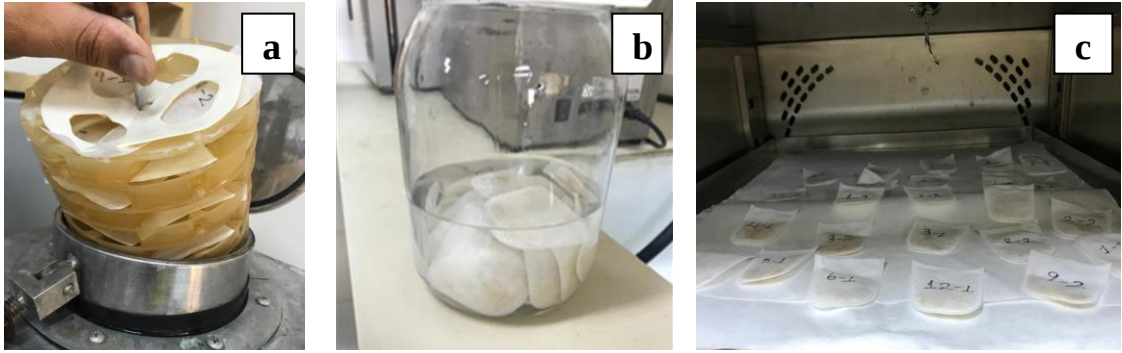
Şekil 3.8. Analizler için numunelerin hazırlanması; **a)** Tohumların öğütülüp tartılması; **b)** Öğütülen tohumların paketlenmesi



Şekil 3.9. F-57 torbalarının hazırlanması **a)** F-57 torbalarının tartılması; **b)** Heat Sealer ile torbaların kapatılması; **c)** Analiz için hazırlanmış F-57 torbaları



Şekil 3.10. NDF Analizinin hazırlıkları; a) Analizde kullanılacak kimyasallar; b) Kimyasalların tartılması; c) Solisyon hazırlığı



Şekil 3.11. NDF Analizi aşamaları a) F-57 torbalarının Ankom Fiber Analizatörünün haznesine yerleştirilmesi b) F-57 torbalarının asetonla yıkanması c) F-57 torbalarının etüvde kurutulması



Şekil 3.12. ADF Analizinde kullanılan kimyasallar

3.2.4.1. β -ODAP (β - N-oxalyl-L- α,β -diaminopropionic acid) analizi (%)

Mürdümük genotiplerine ait tohumların β -ODAP içerikleri belirlenirken Arslan vd. (2017) tarafından izlenen yol referans alınmıştır. Homojenize edilmiş örneklerden tartılarak 50 ml tüplere konulmuş ve üzerine %0.1 (v/v) formik asit içeren su:metanol (50:50)'den oluşan ekstraksiyon solüsyonundan 25 ml ilave edilmiştir. Recovery çalışmaları da bu aşamada yapılmıştır. Elde edilen karışımlar 10000 rpm de 2 dakika boyunca ultra-turrax ile ekstrakte edilmiştir. Bu süreçte yaşanılmış sıcaklık değişimlerinin kontrolü için, örneklerin bulunduğu tüpler ekstraksiyon boyunca buzlu su banyosunda tutulmuştur. Ekstrakte edilen bu örnekler 10 dakika boyunca 4000 rpm de 4°C sıcaklıkta santrifüjlenmiş ve filtreden geçirilmiştir. Standart β -ODAP yüksek saflıkta olmak üzere Dr. Rao S.L.N. (Hindistan)'den; LC-MS saf metanol ise Merck firmasında temin edilmiştir. Kalibrasyon eğrilerinin hazırlanmasında 100 mg/L ile çalışılan standart karışım kullanılmıştır. Bu standart karışım metanolün kimyasallarla seyreltilmesi ile elde edilmiştir. β -ODAP (0-50 mg/L) 6 farklı kalibrasyon noktası Mobil Faz A ile standart karışımın seyreltilmesiyle hazırlanmıştır, linearity değerleri ile kalibrasyon eğrileri ve kromatogramlar oluşturulmuştur. Genotiplerin β -ODAP içerikleri oluşturulacak grafik yardımıyla belirlenmiş ve bu amaçla, özütlerin analiziyle elde edilen ODAP pik alanları eğri denkleminde yerine konularak derişimleri hesaplanmıştır.

4. BULGULAR

4. 1. Bitki Boyu

Agronomik özellikleri kontrol etmek için M2 dozundaki 40 mutant bitki bitkisel özellikler açısından incelenmiş ve büyük varyasyonlar gözlenmiştir. Mutantların bitki boyu 48 cm (GPM29) ile 164 cm (GPM4) arasında değişmekte olup ortalama 109,7 cm hesaplanırken kontrol için ekilen Gürbüz-2001 çeşitinin boyu 74 cm olarak ölçülmüştür. (Çizelge 4.1) Literatür verilerine bakıldığı zaman Gençkan (1983) yaptığı çalışmada bitki boyunu genel olarak 30-100 cm arasında tespit etmiştir. Bu çalışmada elde edilmiş olan bitki boyu değerleri literatür verileri ile benzerlik göstermekle beraber GPM4 mutanti çok daha yüksek bulunmuştur.

4.2. Dal Sayısı

Dal sayısı GPM19 da 29 adet olarak sayılırken kontrol olarak ekilen Gürbüz-2001'de 8 adet olarak sayılmıştır. Literatürdeki çalışmalarına bakıldığı zaman Kendir (1996) ana dal sayısını 5.5-7.5 Bayram vd. (2004) 10.10-15.68 arasında tespit etmişlerdir. Bu çalışmada elde edilmiş olan dal sayısı literatür verileriyle benzerlik göstermekte olup GPM19 mutanti çok daha yüksek bulunmuştur.

4.3. Bakla Boyu ve Bakla Eni

Bakla boyu GPM18'de 4.93 cm olarak tespit edilmiştir. Kontrol olarak ekilen Gürbüz-2001'de ise bakla boyu 3.13 cm olarak ölçülmüştür. Bakla eni ise Gürbüz-2001'de 1.10 cm olarak ölçülürken GPM10'da 1.76 mm olarak ölçülmüştür. Literatür çalışmalarına bakıldığı zaman bakla boyu 2.37- 4.70 cm, bakla eni ise 0.83- 1.92 cm arasında değişmektedir (Bucak, 2009; Rybinski vd 2008; Polignano vd 2005; Malek, 1997; Kendir, 1996). Literatür verileriyle kıyaslandığında bakla boyu GPM18'de daha fazla çıkmıştır.

4. 4. Biyolojik Verim

Biyolojik verime bakıldığında mutantlar arasında büyük varyasyon farkı ortaya çıktı. En düşük değer GPM38'de 13.12 g, en yüksek değerde GPM6'da 197.42 g olarak bulunurken mutantların ortalama biyolojik verimi 53.05 gr, kontrol çeşit olan Gürbüz-2001 çeşitinin biyolojik verimi 19.27 g/bitki olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.1.). Literatür verilerine bakıldığında, Polignano vd (2005) biyolojik verimi bitki bazında incelemişler ve 76 mürdümük genotipi arasında biyolojik verimi en düşük 13 g/bitki, en yüksek 481 g/bitki ve ortalama 201.07 g/bitki olarak belirlemişlerdir. Bu sonuçlarla kıyaslandığı zaman çok daha yüksek veriler elde edilmiştir.

4. 5. Tohum Verimi

Tohum verimi değerleri incelendiğinde, kontrol bitkinin ortalamasına kıyasla mutantlarda değerlerin arttığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.1.). Seçilmiş olan M2 hatları arasında en yüksek tohum verimi sırasıyla GPM6'da 87.18 g, GPM11'de 62.4 g olarak bulunmuş ve ortalama tohum verimi 22.65 g/bitki olarak saptanmıştır. Gürbüz-2001'in tohum verimi ise mutant bitkilerin ortalamasından daha düşük olup 13.6 g/bitki olarak bulunmuştur. Gülcan (1989) tarafından yapılan çalışmada; mürdümük baklalarında 4-5 tane tohum olduğu ve ortalama tohum veriminin 120 kg/da olduğu belirlenmiştir. Literatür verileriyle kıyaslandığı zaman bazı değerler benzerlik gösterirken GPM6 mutanti çok daha yüksek bulunmuştur.

4. 6. 1000 Dane Ağırlığı

1000 dane ağırlığı da tek tek incelendiğinde kontrol gruptan daha yüksek çıkıp en yüksek değerler GPM39 220 g ve GPM10 210 g olarak bulunmuştur. Literatür verilerine bakıldığında Türk vd. (2007) 15 mürdümük hattının 1000 tane ağırlığını 51-326 g arasında belirlemişlerdir. Daha öncesinde yapılan çalışmalara bakıldığı zaman daha yüksek 1000 dane ağırlığına sahip bitkiler bulunmuştur.

4.7. Gövde Eni

Olgunlaşma dönemine gelen mürdümüklerinde gövdeleri kumpas yardımıyla ölçüldüğünde Gürbüz-2001'in gövde eni 2.74 mm olarak ölçülürken GPM8'de 7.52 mm olarak ölçülmüştür.

Çizelge 4.1. Mürdümük Genotiplerinin Agro-Morfolojik Özellikleri

Genotipler	Bitki Boyu (cm)	Dal Sayısı (adet)	Bakla Boyu (cm)	Bakla Eni (cm)	Bakla Sayısı (adet)	Biyolojik Verim (g/bitki)	Tohum Verimi (g)	BinTane Ağırlığı (g)	Gövde Eni (mm)
GPM1	149.00	5	3.23	1.13	45	24.10	13.40	130	4.27
GPM2	125.00	8	3.50	1.00	80	26.95	12.97	140	3.50
GPM3	96.00	25	3.60	1.26	165	80.52	22.26	140	4.52
GPM4	164.00	8	3.50	1.13	74	21.71	12.99	150	6.47
GPM5	96.00	6	3.30	1.06	40	21,84	14.21	110	4.00
GPM6	112.00	12	3.43	1.20	98	197.42	87.18	160	4.00
GPM7	57.00	11	3.50	1.20	56	20.38	11.53	90	3.80
GPM8	150.00	22	3.40	1.36	110	90.94	32.57	130	7.52
GPM9	145.00	11	3.70	1.36	65	64.26	22.23	190	5.30
GPM10	132.00	3	3.96	1.76	43	24.15	14.82	210	5.90
GPM11	91.00	27	3.73	1.46	115	141.07	62.40	190	4.64
GPM12	93.00	16	3.67	1.40	81	32.86	20.73	130	3.70
GPM13	134.00	4	4.06	1.60	32	28.96	12.13	170	4.96
GPM14	75.00	21	3.96	1.26	92	40.98	12.36	70	3.60
GPM15	84.00	13	3.50	1.16	88	40.80	19.33	80	3.20
GPM16	156.00	9	3.10	1.23	55	41.78	18.73	120	3.10
GPM17	115.00	27	3.90	1.33	105	85.89	25.51	60	3.99
GPM18	152.00	27	4.93	1.66	203	83.41	31.20	120	5.72
GPM19	83.00	29	3.50	1.36	80	48.24	30.35	130	3.03
GPM20	118.00	9	3.23	1.16	114	67.62	34.61	120	2.20
GPM21	124.00	9	3.53	1.23	74	50.95	26.80	150	4.48
GPM22	88.00	23	3.86	1.16	70	63.55	31.58	140	3.48
GPM23	104.00	12	3.43	1.23	74	41.35	16.25	130	4.01
GPM24	152.00	9	3.40	1.36	138	115.73	57.47	150	5.20
GPM25	82.00	8	4.10	1.43	62	30.65	18.18	130	6.71
GPM26	106.00	9	3.13	1.13	43	27.95	13.56	110	3.50
GPM27	135.00	14	3.20	1.23	67	50.02	17.78	180	4.13
GPM28	78.00	8	3.50	1.16	75	51.02	25.69	160	2.96
GPM29	48.00	11	3.33	1.00	50	30.32	13.26	130	2.40
GPM30	88.00	11	3.33	1.30	117	78.02	23.12	150	3.62
GPM31	78.00	14	3.20	1.13	96	32.86	20.73	70	3.70
GPM32	90.00	23	3.06	1.03	108	118.45	28.91	90	3.10
GPM33	91.00	10	3.50	1.26	28	32.00	12.85	130	3.62
GPM34	110.00	10	3.66	1.33	45	40.38	13.00	160	2.50
GPM35	118.00	9	4.30	1.06	114	67.62	34.61	120	2.20
GPM36	125.00	5	3.56	1.26	33	20.85	9.45	130	5.05
GPM37	79.00	8	3.13	1.13	42	27.87	8.24	130	5.00
GPM38	151.00	7	3.03	1.23	55	13.12	8.45	180	2.83
GPM39	71.00	8	3.30	1.23	38	15.63	7.19	220	6.13
GPM40	144.00	4	4.03	1.36	48	29.65	7.43	120	5.03
Gülbüz-2001	75.00	8	3.13	1.10	24	19.27	13.58	120	2.74

4.8. ODAP İçeriği

Mutant mürdümük genotiplerinin ODAP içerikleri incelendiğinde, ODAP içermeyen mutant hat olmamasına rağmen M2 neslinde seçilen mutasyona uğramış mürdümük hatları arasında nörotoksik proteinini oluşturan amino asit açısından farklılık gözlenmiştir. ODAP içeriği 1.39 mg/g (GPM37) ile 7.39 mg/g (GPM13) arasında değişmektedir. Seçilen mutant popülasyonunun yaklaşık %77'si, 5.23 mg/g'ye sahip kontrolden daha yüksek ortalama değerler göstermiştir. Literatür verilerini incelediğimiz zaman Deshpande ve Campbell (1992) yaptıkları çalışmada tanenin ODAP içeriğinin genetik ve çevre koşullarına bağlı olarak 0.2 -7.2 mg/g oranı arasında değişmekte olduğunu tespit etmişlerdir. Aynı zamanda Abd El Moneim ve ark., (1999) yaptıkları çalışmada güvenli tüketim için tanedeki ODAP içeriğinin % 0.22'den az olması gerektiğini tespit etmişlerdir. Abd El-Moneim ve ark. (2001) yaptıkları başka bir çalışmada Türkiye, Suriye ve Kıbrıs da bulunan genotiplerin ODAP içeriklerini % 0.02-1.2 arasında belirlemişlerdir. Bu çalışmada göz önüne alındığı zaman umutvar değerlerin ortaya çıktığı gözlenmiştir.

4.9. Protein-ADF ve NDF Oranı

Seçilen mutantlardan dokuz tanesinin protein içeriği %30'un üzerindedir. Mutant popülasyonun protein içeriği ortalaması %21.74 olarak tespit edilmiştir. ADF'nin tepe değeri %10.70 iken ortalaması %8.76 olarak bulunmuştur. NDF'nin ise tepe değeri %19.91 iken ortalaması %15.92 olarak bulunmuştur. Diğer özelliklerden farklı olarak, seçilen mutant popülasyona kıyasla kontrol çeşidinde ADF ve NDF özellikleri için benzer ortalama değerler ölçülmüştür. Mürdümük mutant hatlarının yem sindirilebilirliği ve besin değerleri, toplam sindirilebilir besin, kuru madde alımı, sindirilebilir kuru madde ve bağıl yem değeri sırasıyla 87.54-91.71, 6.03-9.30, 80.57-83.08 ve 386.18-596.02 olarak tespit edilmiştir. Literatür değerlerini incelediğimizde protein oranını Sammour vd. (2007) yaptıkları çalışmada mürdümüğün ortalama protein içeriğini % 22.6 ile 49.3 arasında tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada ise tanedeki protein oranını Rosa vd. (2000) % 14-34 arasında tespit etmişlerdir.

Çizelge 4.2. Seleksiyon sonucu seçilen bitkilerin kalite ve yem özellikleri

Genotip-ler	β -ODAP (%)	CP (%)	ADF (%)	NDF (%)	TDN	DMI	DDM	RFV
GPM1	3.14	20.63	8.64	14.66	90.20	8.19	82.17	521.58
GPM2	4.70	20.11	8.95	16.80	89.80	7.14	81.93	453.60
GPM3	3.56	20.77	10.6	18.76	87.67	6.40	80.65	400.01
GPM4	6.95	9.08	8.19	14.59	90.77	8.24	82.52	526.79
GPM5	5.85	19.76	10.2	18.83	88.22	6.40	80.98	401.80
GPM6	2.06	20.80	8.79	15.32	90.00	7.85	82.05	499.32
GPM7	2.31	16.71	8.20	16.08	90.77	7.47	82.51	477.74
GPM8	1.78	23.87	9.11	13.83	89.59	8.69	81.80	551.02
GPM9	1.48	20.57	7.83	16.88	91.24	7.12	82.80	456.65
GPM10	1.70	20.85	8.82	17.14	89.96	7.00	82.03	445.10
GPM11	1.55	21.09	8.20	18.01	90.77	6.67	82.52	426.80
GPM12	2.74	13.12	8.60	17.25	90.25	6.98	82.20	444.81
GPM13	7.39	13.45	8.01	13.10	91.00	9.18	82.66	588.20
GPM14	6.45	14.45	8.74	17.21	90.06	6.99	82.09	444.89
GPM15	3.38	15.91	8.16	17.36	90.81	6.92	82.54	442.75
GPM16	4.30	16.09	7.96	17.28	91.08	6.94	82.70	445.13
GPM17	4.02	20.83	7.97	12.96	91.06	9.30	82.69	596.02
GPM18	6.75	17.36	9.20	14.87	89.48	8.07	81.74	511.46
GPM19	5.77	15.78	9.01	16.12	89.72	7.46	81.88	473.32
GPM20	5.24	16.22	8.53	15.67	90.34	7.68	82.25	489.61
GPM21	4.56	14.80	8.51	17.79	90.37	6.75	82.27	430.21
GPM22	3.30	16.43	8.75	19.46	90.05	6.17	82.08	392.45
GPM23	4.38	16.00	8.26	15.03	90.69	7.99	82.47	510.73
GPM24	4.30	14.50	9.05	16.01	89.67	7.50	81.85	475.57
GPM25	5.60	14.71	8.74	13.76	90.06	8.73	82.09	555.43
GPM26	4.68	15.96	8.86	16.88	89.91	7.15	82.00	454.29
GPM27	2.07	18.62	9.84	15.89	88.64	7.55	81.23	475.50
GPM28	1.72	24.71	8.17	14.47	90.80	8.30	82.54	530.75
GPM29	2.19	30.33	8.08	15.64	90.92	7.67	82.61	491.39
GPM30	2.03	33.17	9.02	15.59	89.70	7.72	81.87	489.61
GPM31	2.34	33.97	9.79	16.27	88.70	7.38	81.27	464.63
GPM32	2.90	30.98	10.7	15.94	87.54	7.53	80.57	470.23
GPM33	3.02	28.19	8.84	15.11	89.94	7.95	82.01	505.21
GPM34	2.90	31.77	8.17	15.21	90.80	7.91	82.53	506.33
GPM35	5.24	28.39	8.01	15.25	91.01	7.89	82.66	505.33
GPM36	4.74	30.72	8.80	15.96	89.99	7.52	82.04	478.06
GPM37	1.39	35.26	9.93	14.79	88.52	8.11	81.16	510.38
GPM38	1.85	31.26	8.89	15.51	89.87	7.76	81.98	493.30
GPM39	4.88	29.89	7.47	15.43	91.71	7.80	83.08	502.52

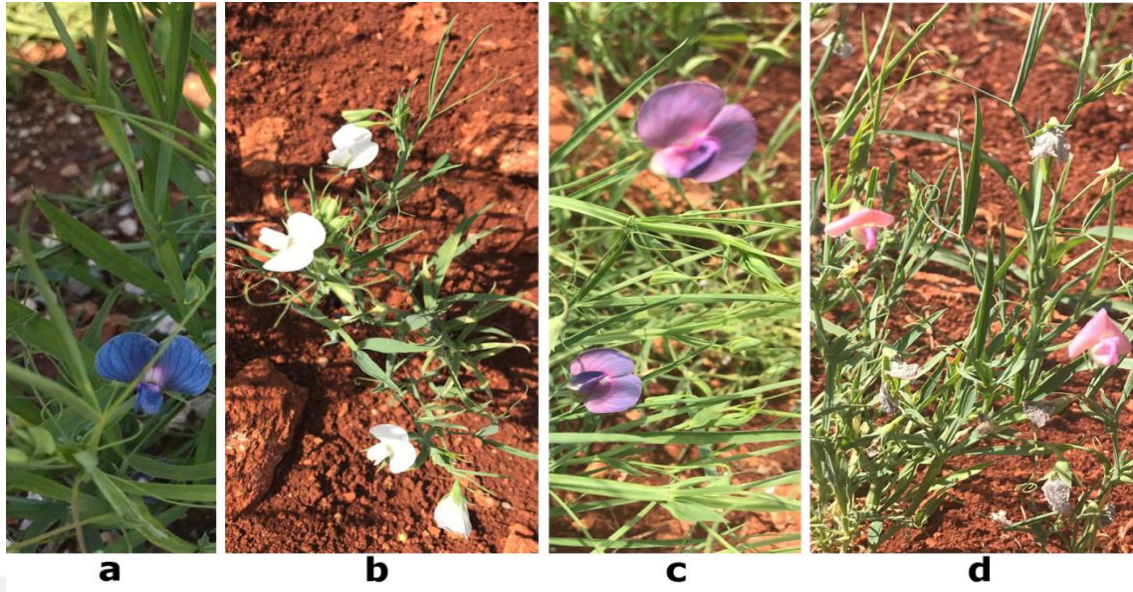
Çizelge 4.2.'nin devamı

GPM40	3.64	32.30	8.72	14.22	90.09	8.44	82.10	537.35
Ortalama	3.72	21.74	8.76	15.92	90.05	7.61	82.07	484.00
Minimum	1.39	9.08	7.47	12.96	87.54	6.17	80.57	392.45
Maximum	7.39	35.26	10.7	19.46	91.71	9.30	83.08	596.02
Gülbüz-2001	5.23	26.71	8.05	19.91	90.95	6.03	82.63	386.18

4.10. Çiçek Rengi ve Tohum Özellikleri

Mutant mürdümüklerin tohum şekli, kabuk rengi, kabuk çatlaması, çiçek rengi varyasyonun büyük olması nedeniyle ayrı ayrı incelenmiştir. Gülbüz-2001 (kontrol) mavi çiçek rengine ve koyu kahverengi, çatlamayan kare tohumlara sahiptir. Ancak, seçilen mutant popülasyonun % 35'i çiçek rengi açısından kontrolden farklılık göstermiştir. (Çizelge 4. 3.). Özellikle mor ve pembe çiçekleri olan 6 mutant kontrolden büyük oranda farklılık göstermiştir. Kalan hatlar mavi (23 hat), beyaz (5 hat), mavi ve beyaz (4 hat) ve mavi çiçek renkleri üzerine beyaz şeritlerin karışımı (2 hat) şeklindedir. Mutasyona uğramış mürdümük hatları arasında üç ana tohum rengi (koyu kahverengi, kahverengi ve yeşil) gözlenmiştir, Brown-RHS N199A (13 hat), Brown- alt renk grupları ile RHS 199A (14 hat), Brown-RHS N199C (6 hat), Brown-RHS 199C (5 hat), Koyu Brown RHS-200B (1 hat) ve Green-RHS 194A (1 hat). Şekil 4.2. ve Şekil 4.3.'de seçilen mutant tohumlarındaki farklı çiçek ve tohum rengi formları verilmiştir. Tohum şekilleri küresel, kare, dikdörtgen, eşkenar dörtgen + dikdörtgen şeklinde dört grup altında sınıflandırılmıştır.

Ayrıca, Çizelge 4.3. incelendiğinde, mutantların 4 tanesinde (GMP8, GMP14, GMP17 ve GMP40) tohum kabuğunda çatlama tespit edilmiştir.



Şekil 4.1. Çiçek rengi üzerine mutasyon etkileri **a)** Kontrol çeşidi rengi (Mavi) **b)** Beyaz (M2 Bitkisi) **c)** Mor (M2 Bitkisi) **d)** Pembe (M2 Bitkisi)



Şekil 4.2. Seleksiyon sonucu seçilen tohumlar

Çizelge 4.3. Seçilen tohumların kabuk rengi,tohum şekli,bakla çatlaması ve çiçek rengi

Hatlar	Tohum Kabuğu Rengi		Tohum Şekli	Bakla Çatlaması	Çiçek Rengi
	Renk	Kod*			
GPM1	Kahverengi	RHS N199A	Küresel	-	Mavi / Beyaz
GPM2	Kahverengi	RHS N199C	Küresel	-	Mavi / Beyaz
GPM3	Kahverengi	RHS N199A	Eşkenar dörtgen-dikdörtgen	-	Mavi / Beyaz
GPM4	Kahverengi	RHS 199A	Eşkenar dörtgen-dikdörtgen	-	Beyaz
GPM5	Kahverengi	RHS 199A	Küresel	-	Mavi / Beyaz
GPM6	Kahverengi	RHS 199A	Küresel	-	Mavi
GPM7	Kahverengi	RHS 199A	Eşkenar dörtgen-dikdörtgen	-	Mavi
GPM8	Kahverengi	RHS N199C	Küresel	+	Mavi
GPM9	Kahverengi	RHS N199A	Eşkenar dörtgen-dikdörtgen	-	Mavi üzerine beyaz çizgiler
GPM10	Kahverengi	RHS 199A	Dikdörtgen	-	Mavi
GPM11	Kahverengi	RHS N199A	Eşkenar dörtgendikdörtgen	-	Beyaz
GPM12	Kahverengi	RHS 199C	Kare	-	Beyaz
GPM13	Kahverengi	RHS N199A	Dikdörtgen	-	Mavi üzerine beyaz çizgiler
GPM14	Kahverengi	RHS 199C	Küresel	+	Beyaz
GPM15	Kahverengi	RHS N199C	Küresel	-	Beyaz
GPM16	Kahverengi	RHS 199A	Küresel	-	Mavi
GPM17	Kahverengi	RHS N199C	Küresel	+	Mavi
GPM18	Kahverengi	RHS 199C	Eşkenar dörtgen-dikdörtgen	-	Mavi
GPM19	Kahverengi	RHS 199A	Küresel	-	Mavi
GPM20	Kahverengi	RHS N199A	Küresel	-	Mavi
GPM21	Kahverengi	RHS 199A	Küresel	-	Mavi
GPM22	Yeşil	RHS 194A	Eşkenar dörtgen-dikdörtgen	-	Mavi

Çizelge 4.3.'ün devamı

GPM23	Kahverengi	RHS N199A	Eşkenar dörtgen-dikdörtgen	-	Mavi
GPM24	Kahverengi	RHS 199C	Eşkenar dörtgen-dikdörtgen	-	Mavi
GPM25	Kahverengi	RHS 199A	Küresel	-	Mavi
GPM26	Kahverengi	RHS 199A	Küresel	-	Mor
GPM27	Kahverengi	RHS N199A	Eşkenar dörtgen-dikdörtgen	-	Mavi
GPM28	Kahverengi	RHS N199C	Kare	-	Pembe
GPM29	Kahverengi	RHS N199A	Küresel	-	Mavi
GPM30	Kahverengi	RHS N199A	Eşkenar dörtgen-dikdörtgen	-	Mavi
GPM31	Koyu kahverengi	RHS 200B	Küresel	-	Mor
GPM32	Kahverengi	RHS 199A	Kare	-	Mor
GPM33	Kahverengi	RHS 199A	Eşkenar dörtgen-dikdörtgen	-	Mavi
GPM34	Kahverengi	RHS N199A	Eşkenar dörtgen-dikdörtgen	-	Mavi
GPM35	Kahverengi	RHS 199C	Kare	-	Pembe
GPM36	Kahverengi	RHS N199A	Dikdörtgen	-	Pembe
GPM37	Kahverengi	RHS 199A	Eşkenar dörtgen-dikdörtgen	-	Mavi
GPM38	Kahverengi	RHS N199A	Dikdörtgen	-	Mavi
GPM39	Kahverengi	RHS 199A	Eşkenar dörtgen-dikdörtgen	-	Mavi
GPM40	Kahverengi	RHS N199C	Küresel	+	Mavi
Gürbüz-2001	Koyu Kahverengi	RHS N199A	Kare	—	Mavi

5. TARTIŞMA

Mürdümük gıda ve beslenme sağlayan ama gelişmekte olan ülkeler tarafından çok tercih edilmeyen bir baklagil bitkisidir (Lambein vd. 2019). Türlerarası melezlemede uyumsuzluğu olmasına (Nerker vd.1976) rağmen kendi kendine tozlanmasıyla sınırlı da olsa genetik çeşitliliğe sahiptir (Dixit vd. 2016). Bu açıdan mutasyon ıslahı yöntemi bir alternatif olup özellikle arzu edilen özellikler bakımından büyük bir genetik değişkenlik yaratma yaklaşımı sağlamaktadır (Rybiński 2003). Bununla birlikte, bu yöntemin başarısı kullanılan mutajenin etkinliğine bağlıdır (Arisha vd. 2015). Bu çalışmada da mürdümük tohumlarına 2 farklı EMS konsantrasyonu (%0,5 ve %1 oranında) uygulanarak genetik varyasyon oluşturulmaya çalışılmıştır. Tohumlardaki çimlenme oranının, yüksek konsantrasyonda uygulanan EMS ile yaklaşık %30'a kadar düştüğü tespit edilmiştir. Buradan da anlaşılmaktadır ki bir mutagenin etkisi, uygulanan konsantrasyona bağlı olarak değişmektedir (Siddique vd. 2020). Çimlenme oranındaki bu azalmanın, enzim aktivitesinin değişmesinden kaynaklanan bir sonuç olabileceği bildirilmektedir (Khan ve Goyal 2009). Benzer şekilde, Singh ve Sadhukhan (2009), EMS konsantrasyonundaki artışın mürdümüğün çimlenme oranını olumsuz yönde etkilediğini bildirmişlerdir. Gerçekleştirilen bu çalışmada anormal gövde büyümesi de dahil olmak üzere, mutant fenotipler arasındaki büyük farklılıklar dikkat çekicidir. M1 popülasyonundaki bitkilerde kısırlık, bitki boyunda değişiklikler, bitki gövdesel kısımlarda renk değişiklikleri de gözlenmiştir. Bu durum bazı araştırmacılar tarafından ifade edildiği gibi, bir mutajenin etkinliğinin önemli bir göstergesi olan klorofil eksikliğini karakterize eden sarı-yeşil renk değişimi olarak ortaya çıkmaktadır (Arisha vd. 2014; Espina vd. 2018; Siddique vd 2020; Chen vd. 2020). Yapılan bu çalışmada da bunun gibi bir dizi gözle görünür düzeyde mutasyonlar gözlenmiştir. Tanımlanan bu klorotik mutantlar, mürdümükte klorofille ilgili gen fonksiyonunu ve genlerinin düzenlenmesini saptamaktadır. EMS'nin uygulanmasından sonra incelenen M2 generasyonunda tüm özellikler için önemli bir varyasyon elde edilmiştir. Bitki boyu önemli bir morfolojik özellik olarak biyolojik verimi ve tane verimini doğrudan etkilemektedir (Lambein vd. 2019). Karakterizasyon yapılan araştırmalarda mürdümüğün bitki boyunu Başaran vd. (2013) 30.22-56.00 cm Türk vd. (2007) 46-153 cm, 44.13-50.73 cm, Kosev ve Vasileva (2019) Mihailovic vd. (2013) 61-96 cm arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Bu çalışmada, bitki boyu için elde edilen (48 ila 164 cm), mutasyonun bu özellik üzerindeki etkisini göstermektedir. Özellikle GPM4 Gürbüz-2001'in yaklaşık iki katı yüksekliğe sahiptir ve bu mutant genotipin, melezleme ve haritalama yaklaşımında bitki büyümesinin düzenleyici mekanizmalarının anlaşılmasında faydalı olabileceği düşünülmektedir (Prasad ve Das 1980). Çünkü, M2 popülasyonunda ana dal sayısı 3.0 ile 29.0 arasında değişmektedir. Çeşitlerin ana dal sayıları için yapılan bazı çalışmalarda elde edilen sonuçlar Mihailovic vd. (2013) 5-11,8, (Mihailovic vd. 2013), 9-32 (Rybinski, 2003), 3.73-6.00 (Kosev ve Vasileva 2019). Mürdümüğün tohum verimliliği 1000 dane ağırlığıyla yakından ilişkilidir (Hambury vd. 1999). Yapılan mutasyon çalışmasında bu özellik için geniş bir

varyasyon gözlenmiştir. Ancak bazı genotiplerde elde edilen değerler Gürbüz-2001 çeşidinden daha düşük bulunmuştur. Bu durum, fizyolojik ve biyolojik süreçlerdeki farklılıktan kaynaklı olarak verimle ilgili olumsuzluğa neden olmuş olabilir (Borovsky vd. 2013).

Bu çalışmada en yüksek 1000 tane ağırlığı 220 g olarak belirlenmiştir ve Tadesse ve Bekele (2003)'nin elde ettiği 91.0 ve Sayar ve Han (2015)'in elde ettiği 136.5 g değerlerinden ve kontrol çeşit olan Gürbüz-2001 çeşidinden daha yüksek olmuştur.

Daha yüksek 1000 dane ağırlığı daha fazla tercih edilmesi nedeniyle önemli bir özelliktir. GPM39 ve GPM10; >200 g 1000 dane ağırlığına sahip olup ıslah çalışmalarında ekonomik bakımdan umut verici olarak değerlendirilmelidirler. Mürdümük mera bitkisi, yeşil yem ve hayvan yemi, olarak kullanılmasına rağmen esas olarak tohum verimi için yetiştirilmektedir (Grela vd. 2010). Bu nedenle mürdümük yetiştiriciliğinde temel hedef tohum verimini arttırmaktır (Campbell vd. 1994). M2 popülasyonumuzda tohum verimi 7.19 ile 87.18 g arasında değişmiştir ve GPM6 ve GMP11 hatları, kontrol (13.6 g) ile karşılaştırıldığında, istenilen özelliklerin elde edilmesinde mutasyonun etkisinin pozitif olduğunu gösteren üstün değerler gözlenmiştir. Bu değerler en yüksek biyolojik mutasyona uğramış M2 hatları arasında verim ve gelecekte entegre edilmek üzere takip edilmelidirler. Çünkü bitki ıslahında temel amaç, biyolojik ve tohum verimi potansiyeli daha yüksek genotipler için genetik kaynaklar oluşturmaktır.

Mürdümük tohumları önemli bir besin kaynağıdır. Bu nedenle, tohumun biyokimyasal bileşikler yönünden karakterizasyonunu ortaya koymak, yeni özellikleri tanımlamak için mutant fenotipler faydalı olabilmektedir. Protein artışı gibi tohum bileşimindeki değişiklikler önemli bir baklagil bitkisi olarak mürdümükte oldukça önemlidir. Mutasyona uğramış hatlar arasında yüksek seviyede protein içeriği gösteren umut verici hatlar Çizelge 4.2'de görülmektedir. Mutant GPM37, mürdümükte birçok araştırmacı tarafından bildirilen (Firincioğlu vd. 2004; Sujata ve Sankar 2014; Kumari vd. 2018) en yüksek değerlerden biri olan >% 35 ham protein içeriğine sahip olmuştur. Ancak, tohum verimi Gürbüz 2001'e göre daha düşük gerçekleşmiştir. Bununla beraber, GPM37 çeşit olarak verimsel anlamda optimal olmasa da özellikle protein içeriğini iyileştirmek için geçiş ıslah programlarında ebeveyn olarak kullanılabilir. Çalışmamızda ilginç olan başka bir sonuçta GPM4'ün kontrolden yaklaşık üç kat daha düşük olan %9.08 protein oranını sergilemesidir. Bu iki protein içeriği için fenotipler QTL'leri tanımlamak ve karşılık gelen genlerin fonksiyonel analizi için oldukça önemlidir. Verim ve tohum bileşimi özelliklerinin yanı sıra, mürdümük üzerinde yapılan ıslah çalışmaları, değişen ODAP seviyelerini tahmin etmeye ve bu toksik madde içeriğinin ortadan kaldırılması veya azaltılmasına odaklanmıştır. (Dixit vd. 2016). β -ODAP mürdümük tohumlarının içeriği seçilen M2 popülasyonunda %0.139 ile %7.39 arasında değişmiştir, kontrol çeşidi ise %0.523'e sahiptir. Bu sonuç, tohumlar üzerindeki mutajen etkilerini gösterir. Benzer şekilde, Talukdar (2017) tarafından mutajen uygulamasında

kontrol tohumlarından daha düşük β -ODAP değerleri elde edilmiştir. Dünya çapında mürdümük tohumlarının değerlendirilmesi tohumların β -ODAP içeriğinde %0.1-0.3 aralığında geniş bir varyasyonunu göstermiştir. (Jeswani vd. 1970), %0.02-1.20 (Abd-El-Moneim vd. 2000), %0.02–0.54 (Fikre vd.2008) ve %0.02–2.59 (Kumar vd. 2011). Ancak coğrafi ve iklimsel farklılıklar mürdümükteki β -ODAP içeriğini büyük ölçüde etkilemektedir (Fikre vd. 2011; Girma ve Korbu 2012; Arslan vd. 2017). Bu çalışmada tanımlanan düşük β -ODAP içeriğine sahip mutant çizgiler daha düşük β -ODAP elde etmek için farklı koşullar altında değerlendirilebilir. Özellikle, GPM37'nin, β -ODAP için en düşük ve protein içeriği en yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle bu genotip daha sonra yüksek tohum verimi, protein içeriği ve düşük ODAP içeriğini birleştirmek için ana genotip olarak ıslah çalışmalarına entegre edilmeli ve stabilize edilmelidir. ADF konsantrasyon değerleri selüloz ve lignin içermektedir. NDF değeri ise toplam hücre duvarını ifade eder ve ADF fraksiyonundan artı hemiselülozdan oluşmuştur (Açıkgöz vd. 2013). Tek mideli ve geviş getiren hayvanlar için ADF ve NDF oranı çok düşük olmalıdır. ADF (% 7,47) ve NDF (%12.96) için minimum değerler Gürbüz-2001'den daha düşüktür. Ayrıca Başaran vd. (2011), ADF değerini 28.80, NDF değerini %62,1 olarak bulurken bu çalışmada daha düşük değerler elde edilmiştir. Bir diğer önemli özellik olan bağıl besleme değeri, yemin alımı ve enerji değeri, sindirilebilir kuru maddeden elde edilir (Ayan vd. 2010). “Hay Market Task Force of American Forage and Grassland Council” standartlarına göre, protein içeriği> 19, ADF <%31, NDF <% 40 ve RFV> 151 olduğunda birinci sınıf kalite olarak sınıflandırılmaktadır. M2 popülasyonundaki 23 mutant genotip bu standartları karşılamaktadır ve bu nedenle yem kalitesine göre birinci sınıf olarak sınıflandırılmalıdır. Bunlar arasında GPM6 ve GPM11 düşük ADF ve NDF oranlarının yanı sıra yüksek tohum ve biyolojik verim, yüksek ham proteinleri ile yem bitkileri yetiştiriciliği için en umut verici hatlar olarak kabul edilmiştir.

M2'de mutajen uygulamasından sonra çiçek renginde büyük varyasyon elde edilmiştir. Gürbüz-2001 çeşidinde doğal renk maviye karşı pembe, mor, beyaz ve sarı gibi farklı çiçek rengi mutasyonları tespit edilmiştir. Ramezani vd. (2017) mürdümük bitkisi ile yaptıkları mutasyon ıslahı çalışmasında çiçek rengi bakımından benzer etkileri gözlemiştir. Campbell (1997) mürdümükteki çiçek renginin genellikle tohum rengiyle yüksek oranda ilişkili olduğunu belirtmiştir; Mavi, pembe veya kırmızı çiçekler genellikle benekli, renkli tohumlar üretirken beyaz çiçekler beyaz-kremsi sarı tohumlarla ilişkilidir. Güçlü mutasyon kaynağı olabilecek kolerasyon için çiçek ve tohum kabuğu arasındaki bu ilişki önemlidir.

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada Gürbüz-2001 mürdümük tohumlarına EMS mutageni uygulayarak ileri hatların elde edilmesi amaçlanmıştır. 1500+1500 olmak üzere toplamda 3000 tohuma 2 farklı doz (%0.5 ve %1) EMS mutageni uygulanmıştır. M1 generasyonunda çiçeklenen ve tohum tutan bütün bitkiler hasat edilerek, 1 yıl sonra M2 generasyonu olarak ekilmiştir. M2 generasyonunda ise fenolojik gözlemlere göre 40 genotip seçilmiştir. Seçilen genotiplerde de agro-morfolojik tanımlamalar yapılmış, ADF-NDF, β -ODAP ve yem kalitesi tespiti ile ilgili kimyasal analizler yapılmıştır. Elde edilen veriler ve yapılan değerlendirme sonucunda bitki başına tohum veriminde en yüksek değer GPM 6'da 87.8 g/bitki olarak bulunmuştur. Protein içeriği Gürbüz-2001'de %26.71 olarak tespit edilirken GPM 31'de %33.97, GPM 30'da %33.17, GPM 37'de %35.26 olarak bulunmuştur. β -ODAP içeriği açısından değerlendirildiğinde ise insan ve hayvan sağlığı için önem eşiği olan % 0.2'nin altında olan ve popülasyon içinde en düşük değerlere sahip olan GPM37 (0.139) ve GPM7 (0.148) genotipleri belirlenmiştir. Protein ve β -ODAP içeriği açısından incelendiğinde GPM 37 hattının düşük β -ODAP ve yüksek protein oranlarına sahip olduğu gözlenmiştir.

Esas itibarıyla varyasyonu yüksek düzeyde bir yeni gen havuzu oluşturmanın hedeflendiği bu tez çalışmasında incelenen bütün özellikler bakımından oldukça geniş bir varyasyon sağlanmıştır. Bununla beraber, mutasyon etkisiyle beraber mürdümük bitkisinde çiçek rengi, bitki boyu, bakla sayısı, ADF-NDF, β -ODAP içeriği, tohum verimi, bin dane ağırlığı, yem kalitesi gibi incelenilen özelliklerde kontrol bitkisine kıyasla olumsuz özellikler taşıyan genotipler gözlense de umut verici özellikleri olan mutant genotipler bulunmuştur. Bu umut verici mutant genotiplerin mürdümük ıslahı çalışmalarında anaç olarak kullanılabileceği sonucu elde edilmiştir.

7. KAYNAKLAR

- Abd El Moneim, A. M., Van Dorrestein, B., Baum, M., Mulugeta, W. 1999. Role of ICARDA in improving the nutritional quality and yield potential of grass pea (*Lathyrus sativus*) for subsistence farmers in developing countries CGIAR-wide conference on AgricultureNutrition, 5–6
- Abd El Moneim, A. M., Van Dorrestein, B., Baum, M., Mulugeta, W. 2000. Improving the nutritional quality and yield potential of grass pea (*Lathyrus sativus* L.). Food and Nutrition Bulletin 21: 493-496.
- Abd El Moneim, A., Van Dorrestein, B., Baum, M., Ryan, J., Bejiga, G. 2001. Role of ICARDA in improving the nutritional quality and yield potential of grasspea (*Lathyrus sativus* L.), for subsistence farmers in dry areas. *Lathyrus Lathyrism Newsletter* 2 (2), 55–58.
- Acar, Z., Başaran, U. 2007. Determination of Morphological, Agricultural and Cytological Characters of some *Lathyrus* Species. *Asian Journal of Chemistry*, 19(7):5625-5633.
- Açıkgöz, E. 1991. Yembitkileri, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, 96-97, Bursa.
- Açıkgöz, E. 1994. Çim Alanlar Yapım ve Bakım Tekniği. *Çevre Peyzaj Mimarlığı Yayınları*:4., Bursa, 204 s. (In Turkish)
- Açıkgöz, E. 2001. Yem Bitkileri (3. Baskı) Uludağ Üniv. Güçlendirme Vakfı Yayın No: 182, Bursa.
- Acıkgöz, E., Sincik, M., Wietgreffe, G., Sürmen, M., Çecen, S., Yavuz, T., Erdurmus, C., Goksoy, A. T. 2013. Dry matter accumulation and forage quality characteristics of different soybean genotypes. *Turkish Journal of Agriculture* 37: 22-32.
- Ahloowalia, B.S., M. Maluszynski. 2001. Induced mutations- a nevv paradigm in plant breeding. *Euphytica* 118: 167-173.
- Ahmadi, A., Jodi, M., Tavakoli, A., Ranjbar, M. 2009. Investigation of yield and its related morphological traits responses in wheat genotypes under drought stress and irrigation conditions. *JWSS-Isfahan University of Technology*, 12(46), pp.155-165.
- Akalu, G., Johansson, G., Nair, B.M. 1998. Effect of processing on the content of b-N-oxalyl-a,b-diaminopropionic acid (b-ODAP) in grasspea (*Lathyrus sativus*) seeds and flour as determined by flow injection analysis. *Food Chem.* 62 (2), 233–237.

- Akman, N., Özkütük, K., Kumlu, S., Yener, S. M. 2000. Türkiye’de Sığır Yetiştiriciliğinin Geleceği. Türkiye Ziraat Mühendisleri V. Teknik Kongresi, 17-21 Ocak 2000. Ss: 741-763.
- Aksu, E. Dogan, E. and Arslan, M. 2021. Agro-Morphological Performance of Grass Pea (*Lathyrus Sativus* L.) Genotypes With Low B-ODAP Content Grown Under Mediterranean. *Fresenius Environmental Bulletin*, 30 (1): 638-644.
- Alçıçek, A. 1995. Silo yemi; önemi ve kalitesini etkileyen faktörler. E.Ü.Z.F. Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi Yayını No. 22, İzmir.
- Alçıçek, A., Kılıç, A., Ayhan, V. ve Özdoğan M. 1999. Türkiye’de Kaba Yem Üretimi ve Sorunları. http://www.zmo.org.tr/resimler/ekler/819fb9034f79627_ek.pdf. (Erişim: 15.07.2015)
- Altın, M., Orak, A., Tuna, C. 2009. Yembitkilerinin Sürdürülebilir Tarım Açısından Önemi. Yembitkileri, Genel Bölüm (Editörler: Avcıoğlu R, Hatipoğlu R, Karadağ Y). Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, İzmir, Cilt I, 11- 28
- Anonim, 2001. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Tescil Bilgileri. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tarlabitkileri/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=65>. Erişim tarihi: 30.10.2021.
- Anonymous, 1977. Manual on Mutation Breeding, Second Edition. Vienna: International Atomic Energy Agency. Technical Reports Series No: 119.
- Arisha, M. H., Liang, B. K., Shah, S. N. M., Gong, Z. H., Li, D. W. 2014. Kill curve analysis and response of first generation *Capsicum annuum* L. B12 cultivar to ethyl methane sulfonate. *Genetics and Molecular Research* 13: 10049-10061.
- Arisha, M. H., Shah, S. N. M., Gong, H., Jing, H., Li, C., Zhang, H. X. 2015. Ethyl methane sulfonate induced mutations in M₂ generation and physiological variations in M₁ generation of peppers (*Capsicum annuum* L.). *Frontiers in Plant Science* 6: 399.
- Arslan, M., Oten, M., ErKaymaz, T., Tongur, T., Kilic, M., Elmasulu, S., Cinar, A. 2017. β -N-oxalyl-L-2,3- diaminopropionic acid, Lhomoarginine and asparagine contents in the seeds of different genotypes *Lathyrus sativus* L. as determined by UHPLC-MS/M. *International Journal of Food Properties* 20: 108-118.
- Avcıoğlu, R., Soya, H. 1990. Yem bitkileri kılavuzu, EÜZF. Yayınları No:443, 176 s Bornova-İzmir.
- Avcıoğlu, R. 1997. Çim Tekniği Yeşil Alanların Ekimi Dikimi ve Bakımı. Ege Üniversitesi Matbaası, Bornova-İzmir. 271 s. (In Turkish)

- Ayan, I., Mut, H., Onal Asci O., Basaran, U., Acar, Z. 2010. Effects of manure application on the chemical composition of rangeland hay. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 9: 1852-1857.
- Barrow, M. V., Simpson, C. F. Miller., E. J. 1974. *Lathyrism: a review*. *Quart. Rev. Biol.* 49, 101–128.
- Başaran, U., Acar, Z., Aşçı, Ö., Mut, H., Ayan, I. 2007. Mürdümük (*Lathyrus* sp.) türlerinin önemi, tarımda kullanım olanakları ve zararlı madde içerikleri. *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(1): 139-148.
- Basaran, U., Acar, Z., Karacan, M., Onar, A. N. 2013. Variation and correlation of morpho-agronomic traits and biochemical contents (protein and β -ODAP) in Turkish grass pea (*Lathyrus sativus* L.) landraces. *Turkish Journal of Field Crops* 18: 166-173.
- Bayram, G., Türk, M., Budaklı, E., Çelik, N., 2004. Bursa Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Yaygın Mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) Hatlarının Verim ve Adaptasyonu Üzerinde Bir Araştırma, *Uludağ Üniv.Zir.Fak.Derg.*, 18(2): 73-84.
- Bell, E. A. 1962. Associations of ninhydrin-reacting compounds in the seeds of 49 species of *Lathyrus*. *Biochem. J.* 83:225-229.
- Bilgen, H., Alçiçek, A., Sungur, N., Eichhorn, H., Walz, O. P. 1996. Ege bölgesi koşullarında bazı silajlık kaba yem bitkilerinin hasat teknikleri ve yem değeri üzerine araştırmalar. Hayvancılık'96 Ulusal Kongresi, Cilt 1, 781-789.
- Borovsky, Y., Tadmor, Y., Bar, E., Meir, A., Lewinsohn, E., Paran, I. 2013. Induced mutation in β -CAROTENE HYDROXYLASE results in accumulation of β -carotene and conversion of red to orange color in pepper fruit. *Theoretical and Applied Genetics* 126: 557-565.
- Blum, A. 1989. 11 Breeding methods for drought resistance. *Plants under stress: biochemistry, physiology, and ecology and their application to plant improvement*, 39, p.197.
- Bucak, B. 2009. Kırak Koşullarında Mürdümük (*Lathyrus* spp.) Hatlarının Tohum Veriminin Belirlenmesi, *HR.Ü.Z.F.Dergisi*, 2009, 13(4):57-65.
- Brahim, N. B., Combes, D., Marrakchi, M. 2001. *Autogamy* and allogamy in genus *Lathyrus* *Lathyrus Lathyrism Newsletter* 2. 21-26.
- Campbell, C. G. 1997. Grass Pea, *Lathyrus Sativus* L Promoting The Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crops. 18. Pp. 28. Institute of Plant Genetic and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy

- Campbell, C. G., Mehra, R. B., Agrawal, S. K., Chen, Y. Z., Abd-El-Moneim, A. M., Khawaja, H. I. T., Yadav, C. R., Tay, J. U., Araya, W. A. 1994. Current status and future strategy in breeding grass pea (*Lathyrus sativus*). *Euphytica* 73: 167-175.
- Castell, A. G., Cliplef, R. L., Briggs, C. J., Campbell, C. G., Bruni, J. E. 1994. *Evaluation of lathyrus (Lathyrus sativus L.) as an ingredient in pig starter and grower diets. Can. J. Anim. Sci.*, 74(3): 529-539
- Castroluna, A., Ruiz, O. M., Quiroga, A. M., Pedranzani, H. E., 2014. Effects of salinity and drought stress on germination, biomass and growth in three varieties of *Medicago sativa* L. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 18(1), pp.39-50.
- Chen, T., Huang, L., Wang, M., Huang, Y., Zeng, R., Wang, X., Wang, L., Wan, S., Zhang, L. 2020. Ethyl methyl sulfonate-induced mutagenesis and its effects on peanut agronomic, yield and quality traits. *Agronomy* 10: 655.
- Clark, B. K. and Kaufman, D. W. 1991. Effects of plant litter on foraging and nesting behavior of prairie rodents. *Journal of Mammalogy*, 72(3), pp.502-512.
- Cocks, P. Siddique, K. Hanbury, C. 2000. *Lathyrus A New Grain Legume. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation RIRDC Publication No 99/150..*
- Çarpıcı, E. B., Erdel, B. 2015. Bazı yonca çeşitlerinde (*Medicago sativa* L.) kuraklık stresinin çimlenme özellikleri üzerine etkisi. *Derim*, 32(2), pp.201-210.
- Dahiya, B. S. 1976. Seed morphology as indicator of low neurotoxin in *Lathyrus sativus*. *Qual. Plant Eds. Human Nutrition* 25:391-94.
- Davis, P. H. 1970. *Flora Of Turkey and East Aegean Islands*. Edinburgh, 328-369
- De Bruyn, A., Becu, C., Lambein, F., Kebede, N., Abegaz, B., Nunn, P. 1994. The mechanism of the rearrangement of the neurotoxin β -ODAP to α -ODAP. *Phytochemistry* 36, 85–89.
- De La Rosa, L., Martin, I. 2001. Morphological characterization of Spanish genetic resources of *Lathyrus sativus* L. *Lathyrus Lathyrism Newsletter*, 2, 31-34.
- Deaker, R., Roughley, R. J., Kennedy, I. R. 2004. Legume seed inoculation technology—a review. *Soil biology and biochemistry*, 36(8), pp.1275-1288.
- Deshpande, S. S., Campbell, C. G. 1992. Genotype variation in BOAA, condensed tannins, phenolics and enzyme inhibitors of grass pea (*Lathyrus sativus* L.). *Canadian Journal of plant Science*, 72, 1037–1047.

- Dixit, G. P., Parihar, A. K., Bohra, A., Singh, N. P. 2016. Achievements and prospects of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) improvement for sustainable food production. *Crop Journal* 4: 407–416.
- Duke, J. A. 1981. Handbook of Legumes of World Economic Importance. Plenum Press, New York, pp. 199–265.
- Emmrich, P.M.F. 2017. Genetic Improvement of Grass Pea (*Lathyrus sativus*) for Low B-L-ODAP Content. Thesis for the degree of Doctora of Philolpshy (PhD), University of East Anglia, ss: 293.
- Enneking, D. 1998. A bibliographic database for the genus *Lathyrus*. Co-operative Research Centre for Legumes in Mediterranean Agriculture Occasional publication No 18. ISSN 1-320-366 ISBN 0-86422-829-5
- Enneking, D. 2011. The nutritive value of grasspea (*Lathyrus sativus*) and allied species, their toxicity to animals and the role of malnutrition in neurolathyrism. *Food and Chemical Toxicology* 49: 694-709.
- Espina, M. J., Ahmed, C. M. S., Bernardini, A., Adeleke, E., Yadegari, Z., Arelli, P., Pantalone, V., Taheri, A. 2018. Development and phenotypic screening of an ethyl methane sulfonate mutant population in soybean. *Frontiers in Plant Science* 9: 394.
- Fikre, A., Korbu, L., Kuo, Y. H., Lambein, F. 2008. The contents of the neuroexcitatory amino acid b-ODAP (b-N-oxalyl-L-a,b-diaminopropionic acid), and other free and protein amino acids in the seeds of different genotypes of grass pea (*Lathyrus sativus* L.), *Food Chemistry* 110 (2008) 422–427.
- Fikre, A., Negwo, T., Kuo, Y. H., Lambein, F., Ahmed, S. 2011. Climatic, edaphic and altitudinal factors affecting yield and toxicity of *Lathyrus sativus* grown at five locations in Ethiopia. *Food and Chemical Toxicology* 49: 623-630.
- Firincioglu, H. K., Unal, S., Ozpınar, H. 2004. Grass pea (*Lathyrus sativus* L.) as a feed crop in mixed farming systems in Turkey. *Biotech Studies*, 13: 1-2.
- Geda, A., Briggs, C. J., Venkataram, S. 1993. Determination of the neurolathrogen b-N-oxalyl-L-a,bdiaminopropionic acid using highperformance liquid chromatography with fluorometric detection. *J. Chromatogr.* 635: 338–341.
- Gençkan, M. S. 1983. Yem Bitkileri Tarımı. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 467, Bornova-İzmir.
- Gençkan, M. S. 1992. Yembitkileri tarımı, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 467, 249-254, Bornova-İzmir.
- Genç, H., Şahin, A. 2001. Batı Akdeniz ve Güney Ege Bölgesinde yetişen Bazı *Lathyrus* L. türleri üzerinde sitotaksonomik araştırmalar. III. *S.D.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 5:1, s. 98-112.

- Getahun, H., Lambein, F., Vanhoorne, M., Van Der Stuyft, P. 2003. Food-aid to reduce neurolathyrism related to grass-pea preparations during famine. *Lancet* 362: 1808–1810.
- Girma, D., Korbu, L. 2012. Genetic improvement of grass pea (*Lathyrus sativus*) in Ethiopia: an unfulfilled promise. *Plant Breeding* 131: 231-236.
- Gottschalk, W., Wolff, G. 1983. *Induced Mutations in Plant Breeding*. Springer, pp. 32-40, Berlin.
- Grela, R. E., Studzinski, T. and Matras, J. 2001. Antinutritional factors in seeds of *Lathyrus sativus* cultivated in Poland. *Lathyrus Lathyrism Newsletter*. 2:101- 104
- Granati, E., Bisignano, V. Chiaretti, D., Crino, P., Polignano, G. B. 2003: Characterization of Italian and exotic *Lathyrus* germplasm for quality traits. *Genet. Res. Crop Evol.* 50, 273—280.
- Grela, E. R., Rybinski, W., Klebaniuk, R., Mantras, J. 2010. Morphological characteristics of some accessions of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) grown in Europe and nutritional traits of their seeds. *Genetic Resources and Crop Evolution* 57: 693-701.
- Griesbach, R. J., Austin, S. 2005. Comparison of the Munsell and Royal Horticultural Society's color charts in describing flower color. *Taxon* 54: 771-773.
- Gülcan, H. 1989. Baklagil yembitkileri (yetiştirme ve ıslahı), Ç. Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No, 6: 74-75, Adana
- Hanbury, C. D., Sarker, A., Siddique, K. H. M., Perry, M. W. 1995. Evaluation of *Lathyrus* germplasm in a Mediterranean type environment in south-western Australia. CLIMA Occasional Publication No. 8, Perth.
- Hanbury, C. D. K. H. M., Siddique, N.W., Galwey, P.S. Cocks. 1999. Genotype-environment interaction for seed yield and ODAP concentration of *Lathyrus sativus* L. and *L. cicera* L. in Mediterranean-type environments. *Euphytica* 110: 445–460.
- Hanbury, C. D. White, C. L, Mullan, B. P., Siddique, K. H. M. 2000. A review of the potential of *Lathyrus sativus* L. and *L. cicera* L. grain for use as animal feed. *Anim. Feed Sci. Technol.* 87: 1–27.
- Hanbury, C ve Hughes, B. 2003. *Lathyrus cicera* as quality feed for laying hens. *Lathyrus Lathyrism Newsletter* 3: 44-46
- Hanbury, C., Siddique, K., Setmour, M., Jones, R., Maclead, B. 2005. Growing Ceora grass pea (*Lathyrus sativus*) in Western Australia. Government of Western Australia Department of Agriculture. Farmnote, No: 58.

- Harrison, F. L., Nunn, P. B., Hill, R. R., 1977. Synthesis of a- and b-ODAP and their isolation from seeds of *Lathyrus sativus*. *Phytochemistry* 16, 1211–1215.
- Hillocks, R. J., Maruthi, M. N. 2012. Grass pea (*Lathyrus sativus* L.): Is there a case for further crop improvement, *Euphytica*, 186: 647-654.
- Horrocks, R. D., Vallentine, J. F. 1999. *Harvested Forages*. Academic Press, London, UK. pp, 426.
- Hoqqani, A. M., Arshad, M., 1995. Crop status and genetic diversity of grasspea in Pakistan. Pp. 59-65 in *Lathyrus Genetic Resources in Asia*. Proceedings of a Regional Workshop, 27-29 December 1995.
- Jackson, M.T., Yunus, A. G. 1984. Variation in the grasspea (*Lathyrus sativus* L.) and wild species. *Euphytica* 37: 549-559.
- Janmohammadi, M., Moradi Dezfuli, P., Sharifzadeh, F. 2008. Seed invigoration techniques to improve germination and early growth of inbred line of maize under salinity and drought stress. *Gen Appl Plant Physiol* 34:215–226
- Jeswani, L. M., Lal, B. M., Prakash, S. 1970. Studies on the development of low neurotoxin (B-N-oxalyl amino alanine lines in Khesari (*L. sativus* L.). *Current Science* 39: 518-519.
- Jiao, C. J., Jiang, J. L., Ke, L. M., Cheng, W., Li, F. M., Li, Z. X, Wang, C. Y. 2011. Factors affecting β -ODAP content in *Lathyrus sativus* and their possible physiological mechanisms. *Food and Chemical Toxicology* 49: 543-549.
- Junges, E., Toebe, M., Santos, R. F. D., Finger, G. and Muniz, M. F. B. 2013. Effect of priming and seed-coating when associated with *Bacillus subtilis* in maize seeds. *Revista Ciência Agronômica*, 44, pp.520-526.
- Kacar, B., İnal, A. 2008. *Bitki Analizleri*; Nobel Yayınları: Ankara, 1241.
- Kalefetoğlu, T., Ekmekci, Y. 2005. The effects of drought on plants and tolerance mechanisms. *Gazi University Journal of Science*, 18(4), pp.723-740.
- Karadağ, Y. 2009. Yaygın Mürdümük (*Lathyrus sativus* L.). *Yem bitkileri, Baklagil Yem Bitkileri Cilt II*, 471-479.
- Kaul, A. K. Islam, M. Q. Hamid, A. 1986. Screening of *Lathyrus* germplasm of Bangladesh for BOAA content and some agronomic characters. 130-141 in *Lathyrus and Lathyrism* (A.K. Kaul and D. Combes, eds.). Third World Medical Research Foundation, New York.
- Kendir, H. 1996. Adi mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) Hatlarında Tohum Verimi ve Verim Komponentleri. *Tarım Bilimleri Dergisi*. Cilt:5, Sayı:3, 79-81, Ankara.
- Kesler, A., 1947. Lathyrismus. *Psychiatrie und Neurologie* 113, 345-376.

- Khan, S., Goyal, S. 2009. Improvement of mungbean varieties through induced mutations. *African Journal of Plant Science* 3: 174-180.
- Khawaja, H. I. T. 1988. A new interspecific *Lathyrus* hybrid to introduce the yellow character into sweet pea. *Euphytica* 37, 69–75.
- Kislev, M. E. 1986. Archeobotanical findings on the origin of *Lathyrus sativus* and *L. cicera*. In: *Lathyrus and Lathyrism* (Eds A.K. Kul, D. Combes). Third World Medical Resear- ches Foundation Press, New York.
- Kislev, M. E. 1989. Origin of the cultivation of *Lathyrus sativus* and *L. cicera* (Fabaceae). *Economic Botany* 43: 262-270.
- Kumlu, S. 1999. Damızlık ve Kasaplık Sığır Yetiştirme. Setma Matbaası, Ankara. 166 sayfa.
- Kodym, A., Afza, R. 2003. Physical and chemical mutagenesis In: Erich Grotewold (ed.) *Plant Functional Genomics*. Humana Press, pp. 185-205, New Jersey
- Kosev, V. I., Vasileva, V. M. 2019. Morphological characterization of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) varieties. *The Journal of Agricultural Sciences-Sri Lanka*. 14: 67-76.
- Kumar, 1997. Utilization of *Lathyrus*. *Lathyrus Genetic Resources Network*. 8-10 December. New Delhi/İndia, 57-59
- Kumar, S. Dubey, D. K. 2001. Variability, heritability and correlation studies in grasspea (*Lathyrus sativus* L.), *Lathyrus Lathyrism Newsletter* 2, 79-81.
- Kumar, S., Bejiga, G., Ahmed, S., Nakkoul, H. , Sarker, A. 2011. Genetic improvement of grass pea for low neurotoxin (β -ODAP) content. *Food and Chemical Toxicology* 49: 589-600.
- Kumari, S., Jha, V. K., Kumari, D., Ranjan, R. M. S. N., Kumar, A., Kishore, C., Kumar, V. 2018. Protein content of *Lathyrus sativus* collected from diverse locations. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* SP1: 1610-1611.
- Kuo, Y. H., Bau, H. M., Rozan, P., Chowdhury, B., Lambein, F. 2000. Reduction efficiency of the neurotoxin bODAP in low-toxin varieties of *Lathyrus sativus* seeds by solid state fermentation with *Aspergillus oryzae* and *Rhizopus microsporus* var. *chinensis*. *J. Sci. Food Agric.* 80, 2209–2215.
- Lambein, F., Kuo, Y. H. 2009. *Lathyrism*. *Grain Legume* 54: 8–9.
- Lambein, F., Travella, S., Kuo, Y. H., Montagu, M.V., Heijde, M. 2019. Grass pea (*Lathyrus sativus* L.): orphan crop, nutraceutical or just plain food? *Planta* 250: 821-838.
- Malathi, K. A., Padmanaban, G., Sarma, P. S. 1970. Biosynthesis of β -N-oxalyl-La, β -diaminopropionic acid, the *Lathyrus sativus* neurotoxin, *Phytochem.* 9: 1603– 1610.

- Malek, M. A.1997. Genetic resources of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) in Bangladesh, Lathyrus Genetic Resources Network,Proceedings of a IPGRI-ICARDA-ICAR Regional Working Group Meeting,8-10 December,New Delhi, India.
- Mc Callum, C. M. L., Comai, E. A., Greenc, S. Hcnikoflf. 2000b. Targeting induced local lesions in genomes (Tilling) for plant functional genomics Plant Physiol 123: 439^142
- Mehta, S. L., Ali, K., Barna, K. S. 1994. Somaclonal variation in a food legume - *Lathyrus sativus*. Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology 3: 73–77.
- Michel, B. E. and Kaufmann, M. R.1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant physiology, 51(5), pp.914-916.
- Mihailovic, V., Mikic, A., Cupina, B., Krstic, D., Antanasovic, S., Radojevic, V. 2013. Forage yields and forage yield components in grass pea (*Lathyrus sativus* L.). Legume Research 36: 67-69.
- Nerkar, Y. S. 1976. Mutation studies in *Lathyrus sativus*. Indian Journal of Genetics and Plant Breeding 36: 223-229.
- Örs, S. and Ekinci, M. 2015. Drought stress and plant physiology. Derim, 32, pp.237-250.
- Öztürk, N. Z. 2015. Literature Review and New Approaches on Plant Drought Stress Response. Turkish Journal Of Agriculture - Food Science and Technology, 3 (5): 307-315.
- Palmer, V. S., Kaul, A. K., Spenser, P . S. 1989. Proceeding of the international network for the improvement of *Lathyrus sativus* Linn. and the eradication of Lathyrism. *Third World Medical Research Foundation* 11(1): 219-223
- Pandey, R. L., Chitale, M. W., Sharma, R. N., Rastogi, N. 1996. Status of *Lathyrus* research in India, in: R.K. Arora, P.N. Mathur, K.W.Riley, Y. Adham (Eds.), *Lathyrus* Genetic Resources in Asia: Proceedings of a Regional Workshop, December 27–29, 1995, Indira Gandhi Agricultural University, Raipur, India
- Pandey, R. L., Sharma, R. N., Chitale, M. W. 1997. Status of *Lathyrus* genetic resources in India, Lathyrus Genetic Resources Network,Proceedings of a IPGRIICARDA-ICAR Regional Working Group Meeting,8-10 December,New Delhi, India.
- Parry, M.A.J., Madgwick, P.J., Bayon, C., Tearall, K., Hernandez-Lopez, A., Baudo, M., Rakszegi, M., Hamada, W., Al-Yassin, A., Ouabbou, H., Labhilili, M.

- and Phillips, A.L. 2009. Mutation Discovery for Crop Improvement. *Journal of Experimental Botany*, 60 (10): 2817-2825.
- Petterson, D. S., Sipsas, S., Mackintosh, J. B. 1997. The chemical composition and nutritive value of Australian pulses, 2nd edn. Grains Research and Development Corporation, Canberra.
- Plitmann, U., Gabay, R., Cohen, O. 1995. Innovations in the tribe Viciae (Fabaceae) from Israel. *Isr. J. Plant Sci.* 43: 249–258.
- Polignano, G. B., Uggenti, P., Olita, G., Bisignano, V., Alba, V., Perrino, P. 2005. Characterization of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) entries by means of agronomically useful traits, *Lathyrus Lathyrism Newsletter*. 4, 9-14.
- Polignano, G. B., Bisignano, V., Tomaselli, V., Uggenti, P., Alba, V., Della Gatta, C. 2009. Genotype x environment interaction in grass pea (*Lathyrus sativus* L.) lines. *International Journal of Agronomy*: 898396
- Pornaro, C., Serena, M., Macolino, S. and Leinauer, B. 2020. Drought Stress Response of TurfType Perennial Ryegrass Genotypes in a Mediterranean Environment. *Agronomy*, 10, 1810.
- Prabhat, K. Singh, R., Sadhukhan. 2018. Ems and gamma radiation induced mutation in grasspea (*Lathyrus sativus* L.) *Agricultural Research Communication Centre*, (1-8) 3981;
- Prasad, A. B., Das, A. K. 1980. Morphological variants in khesari. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding* 40: 172-175.
- Qayyum, K. M., Abdul, M. S. Analysis of Genome Differentiation Between High Toxin and Low Toxin Accessions of *Lathyrus sativus* Using RAPD Markers. *Biological Sciences*, 4(2001), 1526–1530.
- Rahman, M. M., Kumar, J., Rahaman, M. A., Ali Afzal, M. 1995. Natural outcrossing in *Lathyrus sativus* L. *Ind. J. Genet.* 55:204-207.
- Ramezani, P., Siavoshi, M., More, A. D., Ebrahimi, M., Dastan, S. 2017. Gamma Rays and EMS Induced Flower Color Mutation in Grasspea. *Journal of Agricultural Sciences*, 23: 423-427.
- Rihawi, S., Williams, P. C., Somaroo, B. H. 1983. A Note of Changes Nutrition Efficiency of Different Stages of Maturity. *Purpose Legumes Research* Vol. 16 Pp. 92-97. ICARDA, Aleppo, Syria.
- Rybinski, W. 2003. Mutagenesis as a tool for improvement of traits in grasspea (*Lathyrus sativus* L.). *Lathyrus Lathyrism Newsl* 3:27–31.

- Rizvi, A. H., Sarker, A., Dogra, A. 2016. Enhancing grass pea (*Lathyrus sativus* L.) production in problematic soils of South Asia for nutritional security. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding* 76: 583–592.
- Robertson, L. D., Abd El Moneim, A. M. 1995. Lathyrus germplasm collection, conservation and utilization. In: *Lathyrus Genetic Resources in Asia*. Proc. Reg. Workshop, December 27-29, Raipur, India.
- Robertson, L. D., Abd El Moneim, A. M. 1998. Lathyrus Germplasm Collection, Conservation and Utilization for Crop Improvement at ICARDA.
- Rosa, M. J. S., Ferreira, F. B., Teixeira, A. R., 2000. Storage proteins from *Lathyrus sativus* seeds. *J. Agric.Food Chem.*, 48, 4432-5439.
- Rotter, R. G., Marquardt, R. R., Campbell, C. G. 1991. The Nutritional Value of Low Lathrogenic *Lathyrus* (*Lathyrus Sativus*) For Growing Chicks. *British Poultry Science*. 32: 1055-1067.
- Roy, D. N., Spencer, P. S. 1989. Lathrogens. In: *Toxicants of Plant Origin*. In: Cheeke, P.R. (Ed.), *Proteins and Amino Acids*, vol. III. CRC Press, Boca Raton, FL, 170– 201.
- Rybinski, W. 2003. Mutagenesis as a tool for improvement of traits in grasspea (*Lathyrus sativus* L.). *Lathyrus Lathyrism Newsletter* 3: 30-34.
- Rybinski, W., Szot, B., Rusinek, R. 2008 Estimation of morphological traits and mechanical properties of grasspea seeds (*Lathyrus sativus* L.) originating from EU countries, *Int. Agrophysics*, 22, 261-275.
- Sağlamtimur, T., Gülcan, H., Tükel, T., Tansı., Anlarsal, E. ve Hatipoğlu, R. 1986. Çukurova Koşullarında Yembitkileri Adaptasyon Denemeleri 2: *Baklagil Yembitkileri*. *Ç.Ü. Zir. Fak. Dergisi*, 1 (3), 37-51.
- Samancıoğlu, A., Yıldırım, E. 2015. Bitki gelişimini teşvik eden bakteri uygulamalarının bitkilerde kuraklığa toleransı artırmadaki etkileri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(1), pp.72-79.
- Sammour, R. H., Mustafa, A. E., Badr, S., Tahr, W. 2007. Genetic Variability Of Some Quality Traits in *Lathyrus* spp.Germplasm, *Acta Agriculturae Slovenica*, 90 (1), 33–43.
- Sayar, M. S., Han, Y. 2015. Mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) hatlarının tohum verimi ve verim komponentlerinin belirlenmesi ve GGE BİPLOT analiz yöntemiyle değerlendirilmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 21: 78-92.
- Scott, S. J., Jones, R. A., Williams, W. 1984. Review of data analysis methods for seed germination 1. *Crop science*, 24(6), pp.1192-1199.

- Serin, Y., Tan, M. 2009. Türkiye’de yem bitkileri tarımının bugünkü durumu. Yembitkileri. Genel Bölüm, Cilt I. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, İzmir, 29-33.
- Shah, D., Kamili, A.N., Wani, A.A., Nazir, N., Sajad, N., Khan, I., Parray, J.A. and Shah, S. 2016. Mutagenic Action of Ethyl Methanesulphonate (EMS): A Review. *Journal of Research and Development*, 16: 63-68.
- Shu, Q. Y., Forster, B. P., Nakagawa, H., Nakagawa, H. 2012. Plant mutation breeding and biotechnology. Cabı, UK, 578 p.
- Siddique, M. I., Back, S., Lee, J. H., Jo, J., Jang, S., Han, K., Venkatesh, J., Kwon, J. K., Jo, Y. D., Kang, B. C. 2020. Development and characterization of an ethyl methane sulfonate (EMS) induced mutant population in *Capsicum annuum* L. *Plants* 9: 396.
- Singh S, Sadhukhan R (2019). Ems and gamma radiation induced mutation in grasspea (*Lathyrus sativus* L.). *Legume Research* 42: 300-307.
- Smartt, J. Kaul, A. K. Araya, W. A. Rahman, M. M. Kearney, J. 1994. Grasspea (*Lathyrus sativus* L.) as a potential safe legume food crop. In: Muehlbauer, F.J., Kaiser, W.J. (Eds.), *Expanding the Production and Use of Cool Season Food Legumes*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, 144–155.
- Smith, P., Gregory, P. J. 2013. Climate change and sustainable food production. *Proceedings of the Nutrition Society* 72: 21-28.
- Soltani, A., Khodarahmpour, Z., Jafari, A. A., Nakhjavan, S. 2012. Selection of alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars for salt stress tolerance using germination indices. *African Journal of Biotechnology*, 11(31), pp.7899-7905.
- Sujata, Y., Sankar, D. G. 2014. Promimate composition of the seeds of *Lathyrus sativus* from some states of India. *Journal of Global Trends in Pharmaceutical Sciences* 5: 1817-1821.
- Şehirali, S. 1997. Seed and Seed Technology (In Turkish). 422 p.
- Tadesse, W. 1997. Performance of Canadian grass pea varieties in Northwest Ethiopia. In: TekleHaimanot, R., Lambein, F., editors. *Lathyrus and Lathyrism, a decade of progress. Proceedings of an International Conference in Addis Ababa, Ethiopia, Nov 27–29, 1995*. Belgium: University of Ghent; p. 91–4.
- Tadesse, W. 2003. Stability of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) varieties for ODAP content and grain yield in Ethiopia, *Lathyrus Lathyrism Newsletter* 3, 32–34.

- Tadesse, W., Bekele, E. 2003. Variation and association of morphological and biochemical characters in grass pea (*Lathyrus sativus* L.). *Euphytica* 130: 315-324.
- Talebi, A. B., Talebi, A. B., Shahrokhifar, B. 2012. Ethyl methane sulphonate (ems) induced mutagenesis in Malaysian rice (Cv. MR219) for lethal dose determination. *American Journal of Plant Sciences* 3: 1661-1665.
- Talukdar, D., Biswas, A. K. 2006. An induced mutant with different flower colour and stipule morphology. *Indian Journal of Genetics* 66: 365-367.
- Talukdar, D. 2009. Recent progress on genetic analysis of novel mutants and aneuploid research in grass pea (*Lathyrus sativus* L.). *African Journal of Agricultural Research* 4: 1549–1559.
- Talukdar, D. 2011. Morpho-Physiological responses of grass pea (*Lathyrus sativus*) genotypes to salt stress at germination and seedling stages. *Legume Research*, 34 (4): 232-241.
- Talukdar, D. 2012a. An induced glutathione-deficient mutant in grass pea (*Lathyrus sativus* L.): modifications in plant morphology, alteration in antioxidant activities and increased sensitivity to cadmium. *Bioremediation, Biodiversity and Bioavailability* 6: 75-86.
- Talukdar, D. 2012b. Ascorbate deficient semi-dwarf asfL1 mutant of *Lathyrus sativus* exhibits alterations in antioxidant defense. *Biologia Plantarum* 56: 675–682.
- Taylor, A. G., Allen, P. S., Bennett, M. A., Bradford, K. J., Burris, J. S., Misra, M. K. 1998. *Seed enhancements. Seed science research*, 8(2), pp.245-256.
- Tekele Haimanot, R., Kidane, Y., Wuhib, E., Kalissa, A., Alemu, T., Zein, Z. A., Spencer, P. S. 1990. Lathyrism in rural Northwestern Ethiopia: a highly prevalent neurotoxic disorder. *Int. J. Epidemiol.* 19, 664–672
- Tekele Haimont, R., Abegaz, B. M., Wuhib, E., Kassina, A., Kidane, Y., Kebede, N. 1993. Pattern of *Lathyrus sativus* consumption and b-N-oxalyl-a,b-diaminopropionic acid (b-ODAP) content of food samples in the lathyrism endemic region of northwest Ethiopia. *Nutrition Research*, 13, 1113–1126.
- Till, B. J., Reynolds, S. H., Weil, C., Springer, N., Burtner, C., Young, K., Bowers, E., Codomo C. A., Enns, L. C., Odden, A. R. Greene, E. A., Comai, L. and Henikoff, S. 2004. Discovery of induced point mutations in maize genes by tilling. *BioMed Central Plant Biology*. 4: 8-12.
- Tripathy, S.K., Lenka, D., Ranjan, R. 2011. Maximization of Mutation Frequency in Grasspea (*Lathyrus sativus* L.). *Legume Research*, 34(4): 296-299.
- TUİK, 2021. Tarım İstatistikleri. [http:// www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr).

- Türk, M., Albayrak, S., Çelik N. 2007. Estimates of Broad-Sense Heritability for Seed Yield and Yield Components of Grass Pea (*Lathyrus sativus* L.), Turk J Agric For. 31,155-158.
- Ur-Rehman, S., Paterson, A., Sarfraz Hussain, S., Bhatt, I. A., Shahi, M. A. R., 2006. Influence of detoxified Indian vetch (*Lathyrus sativus* L.) on sensory and protein quality characteristics of composite flour chapatti, Journal of the Science of Food and Agriculture, 86:1172–1180 (2006).
- Vavrina, C. S., Mc Govern, R. J. 1990. Seed treatments target soilborne diseases. Amer. Veg. Grower, 38(13), pp.63-64
- Vaz Patto, M. C., Skiba, B., Pang, E. C. K., Ochatt, S. J., Lambein, F., Rubiales, D. 2006. *Lathyrus* improvement for resistance against biotic and abiotic stresses: From classical breeding to marker assisted selection. Euphytica 147: 133–147.
- Vaz Patto, M. C., Rubiales, D. 2013. *Lathyrus* diversity: available resources with relevance to crop improvement—*L. sativus* and *L. cicera* as case studies. Annals of Botany 113: 895-908.
- Yan, Z. Y., Spencer, P. S., Li, Z. X., Liang, Y. M., Wang, Y. F., Wang, C. Y., Li, F. M. 2006. *Lathyrus sativus* (grass pea) and its neurotoxin ODAP. Phytochemistry, 67: 107–121.
- Yılmaz, M. B. Kısakürek, S. 2021. Effects of Drought Stress on Germination and Early Seedling Growth of *Lolium perenne* L. Cultivars. KSU J. Agric Nat 24 (3): 529-538.
- Yol, E., Furat, S., Upadhyaya, H. D., Uzun, B. 2018. Characterization of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) collection using quantitative and qualitative traits in the Mediterranean Basin. Journal of Integrative Agriculture 17: 63-75.
- Xiong, Y. C., Xing, G. M., Wang, S. M., Fan, X. W., Li, Z. X., Wang, Y. F. 2006. Absciscic acid promotes accumulation of toxin ODAP in relation to free spermine level in grass pea seedlings (*Lathyrus sativus* L.). *Plant Physiology and Biochemistry*. 44(2-3):161-169.
- Xu, Q., Liu, F., Jez, J. M., Krishnan, H. B. 2017. β -N-oxalyl-L-2,3-diaminopropionic Acid (β -ODAP) Content in *Lathyrus sativus*: The Integration of Nitrogen and Sulfur Metabolism through β -Cyanoalanine Synthase. *Int. J. Mol. Sci.* 18 (3): 526.
- Z. Sağel, M., Tutluer ve H. Peşkircioğlu "BİTKİ İSLAHINDA MUTASYONLAR", *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, c. 3, sayı. 1-2, Haz. 1994
- Zhao, L, Chen, X. G., Hu, Z. D., Li, Q. F., Chen, Q., Li, Z. X. 1999. Analysis of β -N-oxalyl-L-a,b-diaminopropionic acid and homoarginine in *Lathyrus sativus*

by capillary zone electrophoresis. Journal of Chromatography A 857: 295-302.



ÖZGEÇMİŞ

EMİNE DOĞAN ÇETİN

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2019-2021	Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Antalya
Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2014-2018	Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Antalya