

Marulda (*Lactuca sativa* var. *longifolia*) Mutasyon İslahı Yönteminin Morfolojik Etkileri

Şule SARIÇAM KÖKPINAR^{1*}, Kadriye Yaprak KANTOĞLU², Şeküre Şebnem ELLİALTIOĞLU³

¹Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Eskişehir; ORCID: 0000-0002-6481-5618

²Türkiye Enerji, Nükleer ve Maden Araştırma Kurumu, Ankara; ORCID: 0000-0002-7247-9116

³Doqutech Academy Ltd. Şti., Ankara Üniversitesi Teknokent, Ankara; ORCID: 0000-0002-3851-466X

ÖZ

Lactuca sativa (marul ve salatalar), yapraklı sebzeler grubunda yer alan en önemli ürünlerden biridir. Genel olarak marul, yaprak salata (kıvırcık) ve baş salata (aysberg) olarak gruplandırılan bu türün şekil, büyüklük ve renk bakımından oldukça farklı çeşitleri bulunmaktadır. Çalışmada; marulda (*Lactuca sativa* var. *longifolia*) mutasyon ıslahı yoluyla agronomik ve kalite özellikleri bakımından farklı yeni genotipler ortaya çıkarmak, bu bireylerin gen havuzunda varyasyon kaynağı olarak yer almasını sağlamak amaçlanmıştır. Bu amaçla, 2018 yılında, ‘Cervantes’ ve ‘Escule’ ticari marul çeşitlerinin tohumlarına Co⁶⁰ ışın kaynağı kullanılarak 0, 50, 100, 200, 300, 400, 500 ve 600 Gy’lik dozlarda gama ışını uygulanmış, Etkili Mutasyon Dozu (EMD50) 254.45 Gy olarak belirlenmiştir. Kontrol ve M₄ seviyesinde seçilmiş 36 adet mutant hatta marul başlarının boyu, çapı, ağırlığı, yaprak rengi incelenmiştir. Baş boyu 23.09-32.69 cm, baş çapı 11.40-14.28 cm, baş ağırlığı 390.03-986.07 g arasında değişim göstermiştir. Renk bakımından hatların L* değerinin 36.72-57.12, a* değerinin -18.23, -9.90, b* değerinin de 12.60-37.47 aralıklarında olduğu saptanmıştır. Morfolojik özellikler bakımından üstün özellik gösteren 62, 66, 71, 72, 74, 77, 84, 100 no.lu hatlar mutant çeşit adayları olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Marul, gama ışını, çeşit, mutant, EMD50

Morphological Effects of Mutation Breeding Method in Lettuce (*Lactuca sativa* var. *longifolia*)

ABSTRACT

Lactuca sativa (lettuce and salads) is one of the most important crops in the leafy vegetables group. This species, which is generally grouped as lettuce, leaf lettuce (curly) and head lettuce (iceberg), has very different varieties in terms of shape, size and color. In the study; It is aimed to reveal new genotypes that are different in terms of agronomic and quality characteristics through mutation breeding in lettuce (*Lactuca sativa* var. *longifolia*) and to ensure that these individuals are included as a source of variation in the gene pool. For this purpose, in 2018, gamma rays were applied to the seeds of ‘Cervantes’ and ‘Escule’ commercial lettuce varieties at doses of 0, 50, 100, 200, 300, 400, 500 and 600 Gy using a Co⁶⁰ beam source and the Effective Mutation Dose (EMD50) was determined. It was determined as 254.45 Gy. The height, diameter, weight and leaf color of lettuce heads in 36 mutant lines selected at the control and M₄ level were examined. In the research, head height in M₄ plants varied between 23.09-32.69 cm, head diameter between 11.40-14.28 cm and head weight varied between 390.03-986.07 g. In terms of color, it was determined that the L* value of the lines was in the range of 36.72-57.12, the a* value was in the range of -18.23, -9.90 and the b* value was in the range of 12.60-37.47. Lines 62, 66, 71, 72, 74, 77, 84, 100, which showed superior morphological characteristics, were determined as mutant variety candidates.

Keywords: Lettuce, gamma ray, variety, mutant, EMD50

GİRİŞ

Örtü altında ve açık alanda yetiştiriciliği yapılan marul ve salataların en büyük üreticisi Çin olup ABD ikinci, Hindistan ise üçüncü sırada yer almaktadır. Hindistan’ı sırası ile İspanya, İtalya, Japonya, Belçika, Türkiye ve Meksika takip etmektedir [13]. Türkiye’de, marul (*Lactuca sativa* var. *longifolia*) üretiminde Adana (60.181 ton), Antalya (25.030 ton), ve İzmir (17.537 ton), yaprak salata (kıvırcık) (*Lactuca sativa* var. *crispa*) üretiminde, Sakarya

(48.609 ton), Tokat (34.590 ton), Antalya (31.803 ton), baş salata (*Lactuca sativa* var. *capitata*) üretiminde, Ankara (52.873 ton), Mersin (27.550 ton) ve Adana (10.000 ton) illeri ilk üç sırada yer almaktadır. Ülkemizde kişi başına marul ve salata tüketimi 2018-2020 yılları arasında yıllık ortalama 5.2 kg olarak gerçekleşmiştir [45].

Marul ve salatalar soğuğa toleransı iyi olan, havanın nemli ve serin olduğu iklim şartlarında yetişen, büyüme periyodu kısa olan sebze türlerindedir. Yıl boyu ülkemizin hemen hemen her

*Sorumlu yazar / Corresponding author: sule.saricam@tarimorman.gov.tr

bölgesinde, Ege, Marmara ve Akdeniz bölgelerinde ise Haziran ve Temmuz ayları dışında yetiştiriciliği yapılmaktadır [5]. İslah çalışmalarında yeni marul ve salata çeşitlerinin elde edilmesi, kültüre alınmış türler ve ticari yetiştiricilikte kullanılan çeşitlerin oluşturduğu gen havuzunda, melezlemeler veya bazı uygulamalarla meydana getirilen varyasyonlar arasında seçimler yapılarak gerçekleştirilmektedir [23, 37].

İslah hedefleri arasında geç sapa kalkma eğilimi olan, farklı iklim koşullarında hastalık ve zararlılara toleranslı, stres koşullarına karşı adaptasyonu iyi, tadı-aroması güzel, sıkı baş oluşturan, geç çiçeklenen, besin değeri yüksek (C vitamini, karoteonidler, antioksidan aktivite, antosiyanin vb.) çeşitlerin elde edilmesi ilk sıralarda yer almaktadır [18]. Bitki ıslah çalışmalarında, varyasyon oluşturmak ve yeni çeşitler elde etmek için birçok teknik kullanılmaktadır. İslahçılar bunları tek başına veya birlikte kullanabilmektedirler. Tohumla çoğaltılan bitkilerde mutasyon ıslahının amacı, çeşitlerde bir veya birden fazla karakteri iyileştirmek, morfolojik olarak yeni bir özelliği ortaya çıkarmaktır. Mutasyon ıslahı teknikleri, üzerinde çalışılacak olan türün mutasyon çalışmalarına yatkınlığı var ise geleneksel ıslah yöntemlerine nazaran daha basit ve ucuz yöntem olarak değerlendirilmektedir. Bu yöntem, genetik çeşitlilik oluşturmakta ve bu çeşitlilik içinden istenilen özellikte bitkiler seleksiyon çalışmaları neticesinde seçilmekte ve aynı zamanda ıslahçılara zaman kazandırmaktadır. Bu amaçla, yararlı mutantlar elde edebilmek için fiziksel ve kimyasal mutagenler kullanılmaktadır. Fiziksel mutagen uygulamalarında özellikle gama ışını ve hızlı nötron kaynakları ıslah çalışmalarında oldukça önemli bir yere sahip olup bitkinin istenmeyen bir özelliğini değiştirmek ve genetik çeşitlilik oluşturmak amacıyla kullanılmaktadır [14, 21, 27, 31]. Doğal ve uyartım sonucu meydana gelen mutasyonlar sonucunda elde edilen bodurluk, erken çiçeklenme, erkek kısırlık, klorofil eksikliği gibi birçok özellik fizyolojik ve genetik çalışmalarda oldukça faydalı olmaktadır [24].

Mutasyonlar doğal ve yapay mutasyonlar olarak iki farklı tipe karşımıza çıkmaktadır. Dış görünüşte (fenotipte) meydana gelen değişimler, mutasyonların morfolojik olarak tanımlanmasını kolaylaştırmaktadır [3, 31]. Fiziksel mutagen olarak gama ışını uygulaması hem kolaylıkla uygulanması hem de yüksek geçirgenlik özelliği nedeniyle hedef hücreye nüfuz etmesi ve toksik etkisinin bulunmaması nedeniyle fazlaca tercih edilmektedir. İyon ışınları ise son 20 yılda yeni bir fiziksel mutagen türü haline gelmiş durumdadır [32, 34, 37].

Mutasyon ıslahı yönteminin uygulamalı olarak sebze ıslahında kullanımının yaygınlaştırılmasında

nitelikli bir örnek oluşturmak, mutasyondan gelecek olan yeni bireylerin renk, şekil, erkencilik ve geç sapa kalkma gibi agronomik özelliklerine göre seçimlerini yaparak pazarda talep oluşturulabilecek nitelikte genotip/genotiplerin çeşit tescil özellik belgesine göre morfolojik karakterizasyonunu yapmak, elde edilen bitkisel materyallerin sonraki marul ıslah çalışmalarında kaynak materyal olarak kullanmak amacı ile bu çalışma yürütülmüştür.

MATERYAL VE METOT

Materyal

•Çalışmada kullanılan bitki materyali: Denemede ‘Cervantes’ ve ‘Escule’ (*L.sativa* var. *longifolia*) marul çeşitleri kullanılmıştır. Çeşit seçiminde, Orta Anadolu Bölgesi için ekonomik öneme sahip olmalarına, hastalıklara dayanımının (*Nasonovia ribisnigri*, *Bremia lactucae*, Marul mozaik virüsü) iyi olmasına, geç çiçeklenme özelliğinin bulunmasına dikkat edilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Denemede kullanılan marul çeşitlerinin özellikleri [1, 2]

Cervantes	Escule
<i>Nasonovia ribisnigri</i> (yaprak biti) dayanıklı	Erkenci çeşit
Orta büyüklükte, yeşil renkte başlara sahip (12.43 cm)	Orta yeşil renkte başlara sahip (13.27 cm)
Yavaş sapa kalkma, geç çiçeklenme özelliği	İlkbahar ve sonbahar dikimine uygun
<i>Bremia lactucae</i> (Marul Mildiyösü)’nün 16-28,30-32 ırklarına karşı dayanıklı	Fusarium’a dayanıklı
Vejetasyon süresi iki ay	Vejetasyon süresi iki ay
Marul mozaik virüsü 1 (LMV1) ırkına dayanıklı	

Metot

Bu çalışma, 2018-2021 yılları arasında Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü ve Türkiye Enerji, Nükleer ve Maden Araştırma Kurumu’nda yürütülmüştür.

•Etkili mutasyon dozunun belirlenmesi: Cervantes çeşidinin kaplanmış ve çıplak (kaplanmamış) tohumlarına, “İzotop” marka, “Ob-Servo Sanguis Co-60 Research Irradiator” model (doz hızı: 407 Gy/h) gama ışınlama cihazı ile tohumla çoğaltılan bitkilerde uygulanan dozlar dikkate alınarak 0, 50, 100, 200, 300, 400, 500 ve 600 Gy’lik doz uygulanmıştır. Işınlanan çeşitlerin tohumları kontrollü serada (sıcaklık 20°C, ışıklenme süresi 16/8 h, ışık şiddeti 10.000 Lux) 1:1 oranında hazırlanan torf, perlit harç karışımı ile hazırlanmış 28 gözlü viyollere 3 tekerrürlü olarak ekilmiştir. Ekimden 35 gün sonra sayımlar yapılmış, Lineer Regresyon analizine göre Etkili Mutasyon Dozu (EMD50) belirlenmiştir.

•Fiziksel mutagen uygulaması: Etkili mutasyon dozunun belirlenmesinin ardından, ‘Cervantes’ çeşidinin kaplanmış tohumlarına, 01.02.2018 etkili

dozun %10 üstü ve altı temel alınarak, 225 Gy (1000 adet), 250 Gy (1000 adet), 275 Gy (1000 adet) ve 330 Gy (500 adet) dozlarında gama ışını uygulaması yapılmıştır. 'Escule' marul çeşidinde ise yine kaplanmış tohumlara 150 Gy (1000 adet), 200 Gy (1000 adet) ve 250 Gy (1000 adet) dozlarında olacak şekilde 02.04.2018 tarihinde gama ışını uygulanmıştır.

•*Bitkisel materyalin yetiştirilmesi:* Tohumlar, 1:1 (torf:perlit) oranında hazırlanan 280'lik viyollere her viyole birer tohum olacak şekilde ekilmiş ve nem kontrolü açısından üzerleri vermikülit ile kapatılmıştır. Çalışma süresince her yıl fidelerin iki yapraklı olduğu dönemde seyreltme işlemi yapılmış, fideler teklenerek gelişmeye bırakılmıştır. Sulama, ilaçlama ve gübreleme uygulamaları düzenli bir şekilde yapılmış, fidelere hastalık ve zararlıların bulaşması önlenmiştir. Deneme alanı her yıl rutin olarak o yılın sonbahar döneminde traktör ile derin sürülmüş (30-35 cm), ilkbaharda daha yüzeysel olarak (20 cm) işlenmiş ve dikim için hazır hale getirilmiştir. Fideler, 2018-2020 yılları arasında fideler 33×75 cm aralıklarla Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü arazisine dikilmiş ve can suyu verilmiştir. Fideler, 2021 yılında 10×10 triple latis (dengelenmemiş) deneme desenine göre [31], 3 tekerrürlü ve her tekerrürde hat başına 30 bitki olacak şekilde 33×45 cm aralıklarla araziye dikilmiştir.

•*Morfolojik karakterizasyon ve seleksiyon çalışmaları:* M₂-M₄ generasyonlarında, morfolojik karakterizasyon çalışmalarında kullanılan gözlemler (Fide: Mor rengin varlığı, kotiledon büyüklüğü, kotiledon şekli, Yaprak: Duruşu (10-12 yapraklı dönemde), yaprak ayasında dilimlilik (5 yapraklı dönemde), şekil, renk, renk yoğunluğu, mor renk oluşumu, mor renk yoğunluğu, üst yüzeyin parlaklığı, alt yüzde kabarcıklılık, kenarlarda dalgalanma derecesi, tepe kısım kenarında yarılmalar oluşumu, damar şekli, yaprak kalınlığı, hasat olumunda görünüşü, Bitki: baş oluşumu, sıklığı, büyüklüğü (çapa göre), hasat olgunluk zamanı, çapı, boyu (çiçeklenmede), yan dal oluşumu, uzun gün şartlarında sapa kalkmaya başlama zamanı, mildiyöye dayanıklılık) UPOV (International Union for The Protection of New Varieties of Plant: Uluslararası Yeni Bitki Çeşitleri Koruma Birliği) tarafından belirlenen karakterizasyon kriterleri ile Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Müdürlüğü'nün marul-salata çeşit özellik belgesi dikkate alınarak belirlenmiştir [36, 41]. Gözlem ve seleksiyon çalışmaları, M₂ generasyonunda istenilen özelliklerde belirlenen bitkiler tek bir birey olarak, M₃-M₄ generasyonunda ise hat olarak değerlendirilmesi şeklinde gerçekleştirilmiştir.

•*Kendileme ve izolasyon çalışmaları:* Marul obligat kendine döllen bir türdür. Bununla birlikte ıslah çalışmasında her bir bitki bir birey olarak kabul edildiği için M₁-M₄ generasyonlarında çiçekler tomurcuk döneminde agril tüller ile kapatılmış ve izole edilmiş, dışarıdan toz almaları engellenmiştir.

•*Tohumların hasadı ve temizlenmesi:* Araştırmada, 2018 yılında yetiştirilen bitkilerin tümü, 2019-2021 yılları arasında da morfolojik gözlemleri yapılan ve özellikleri uygun bulunarak seçilen bitkilerin tohumları her yılın Eylül ayında hasat edilmiştir. Hasat edilen bitkiler, kese kâğıtlarına alınarak Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü ambarlarına taşınmıştır. Bu işlemi takiben sürme tahtasında tohumlara zarar vermeden kuru bitki kısımları uzaklaştırılmıştır. Bir üfürücü yardımıyla kalan ince bitki atıkları da ayrıldıktan sonra tohumlar elekten geçirilerek temizlenmiştir. Temizlenen tohumlar, küçük kese kâğıtlarına konulmuş, üzerlerine bitki numarası ve tarih yazılarak, +4°C sıcaklıkta buzdolabında muhafaza edilmiştir.

•*Bitkilerde morfolojik özellikler ile ilgili ölçümler:* M₄ generasyonunda, marullar hasat olgunluğuna ulaştığında (baş bağlama döneminde), sıkı baş yapısına sahip, geç çiçeklenme eğilimi olan, renk ve şekil bakımından iyi özellikler gösteren hatlardan alınan baş örnekleri, baş çapı, baş boyu, baş ağırlığı ve renk ölçümleri için +4°C sıcaklığa sahip soğuk hava deposunda muhafaza edilmiştir. Bu amaçla, ilk hasat 5 Temmuz 2021 tarihinde, ikinci hasat 10 Temmuz 2021 tarihinde yapılmıştır.

•*Baş çapı ve boyu (cm):* Baş boyu, gövdenin en alt kısmı ile yaprakların en uç kısmı arasındaki mesafenin, baş çapı ise bitki genişliğinin dijital kumpas yardımıyla ölçülmesi ile belirlenmiştir. 3 tekerrürlü olarak kurulan tarla denemesinde, her bir tekerrürden hat başına 6'şar bitki, toplam da 18 bitki olacak şekilde ölçümler yapılmıştır.

•*Baş ağırlığı:* Marul başlarının ağırlığı, 0.01 hassasiyetinde bir terazi kullanılarak belirlenmiştir 3 tekerrürlü olarak kurulan tarla denemesinde, her bir tekerrürden hat başına 6'şar bitki, toplam da 18 bitki olacak şekilde ölçümler yapılmıştır.

•*Renk değeri:* Renk ölçümü Minolta CR-400 renk ölçer ile belirlenmiştir. Renk ölçer, standart beyaz plaka ile kalibre edildikten sonra, hasat edilen 40 hattın, her bir tekerrüründen alınan 3'er adet marul başında dıştan 2. ve 3. yapraklarından 3'er kez ölçüm yapılarak L* (parlaklık), a* (+kırmızı/-yeşil) ve b* (+sarı/-mavi) değeri belirlenmiştir. CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) sisteminde L* (parlaklık) değeri, ölçüm yapılan yüzeyin, ışığı ne kadar yansıttığını, yani siyahtan beyaza rengin açıklık ve koyuluğunu (0=beyaz; 100=siyah), a* değeri kırmızıdan (pozitif) yeşile (negatif); b* değeri ise

sarıdan (pozitif) maviye (negatif) renk değişimlerini belirtmektedir.

Denemenin son yılında (M₄ generasyonunda) elde edilen hatların fenotipik özelliklerini karşılaştırmak amacıyla çoklu karşılaştırma analizlerinden Cluster (Kümeleme) analizi yapmak için ayrı ayrı NTSYS PC versiyon 2.11f ve PAST 2.17 C paket programları kullanılmış, 26 farklı morfolojik özelliğe göre dendogramlar oluşturulmuştur. Dendogramlar değerlendirilirken hatların birleşme noktalarının sağ tarafta yer alan ve hatların isimlerinin bulunduğu yere yakınlığı dikkate alınmıştır. Buna göre birleşme noktası ne kadar yakın olursa hatlar arasında o kadar fazla, birleşme noktası ne kadar uzaksa hatlar arasında o kadar az benzerlik bulunmaktadır. Materyaller hat düzeyine ulaştığında (M₄), triple latis (dengelenmemiş) deneme desenine göre (10×10), 3 tekerrürlü ve her tekerrürde hat başına 30 bitki olacak şekilde kurulan denemeden elde edilen veriler, JMP istatistik paket programında varyans analizine tabi tutulmuştur. İstatistiki anlamda önemli bulunan ortalama değerler LSD (%5) çoklu karşılaştırma testine göre gruplandırılmış ve harf değerleri elde edilmiştir. Standart sapma değerleri, Student's t testi kullanılarak belirlenmiştir [32].

BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırma iki aşamalı olarak yürütülmüş, ilk aşamada mutasyon ıslahı çalışmalarında kullanılacak etkili mutasyon dozu çeşitler bazında belirlenmiştir. Işın uygulamaları kaplanmış ve kaplanmamış tohumlara uygulanmış, sonuçta farklılık görülmemesi nedeniyle kaplanmış tohumlarla çalışmalara devam edilmiştir.

Araştırma sonucunda, Cervantes marul çeşidinin tohumları Co⁶⁰ gama ışın kaynağı ile 8 farklı dozda (0, 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600) ışınlanmış ve 35 gün sonra fide gelişmesi değerlendirilerek EMD50 dozu kaplanmış tohumlarda 254.45 Gy, kaplanmamış tohumlarda ise 254.49 Gy olarak belirlenmiştir. Escule çeşidinde EMD50 denemesi kurulmamış, deneme yılında tohumlar Cervantes çeşidinde elde edilen etkili mutasyon dozuna benzer dozlarda ışınlanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen veriler değerlendirildiğinde hem kaplanmış hem de kaplanmamış tohumlarda, ışın dozu arttıkça fide boyu azalmıştır. Kaplanmış tohumlarda fide boyu kontrol uygulamasında 9.6 cm iken 600 Gy doz uygulamasında 0.79 cm olarak bulunmuştur. Kaplanmamış tohumlarda ise kontrol grubunun fide boyu 9.11 cm iken, 600 Gy doz uygulamasında 0.66 cm olmuştur. Her iki grupta da fide boyu 200 Gy doz uygulamasından sonra azalmaya başlamıştır (Çizelge 2). Gama ışınları bitkinin sitolojisi, genetiği,

biyokimyası, fizyolojisi ve morfolojisindeki değişiklikleri uyarak bitki büyümesini ve gelişimini uyarmaktadır [6]. Blush, Evergreen, Giantgreen, Ice Cube, Mini-Green, Novogodnii ve Satilo marul çeşitleri mutasyon ıslahı yönteminden faydalanılarak elde edilmiş çeşitlerdir. Farklı gama ışın dozları (5, 10, 50 ve 100 Gy) uygulanan marul çeşidinde 100 Gy Etkili Mutasyon Dozu olarak belirlenmiştir. Kontrol grubu ve diğer dozlar ile karşılaştırıldığı zaman 100 Gy doz uygulamasında, bitki rengi bakımından bir farklılık görülmemiş, bitki boyu ve bitki ağırlığının yanı sıra yaprak alanında artış gözlenmiştir [7].

Çizelge 2. Cervantes çeşidinin farklı dozlarda ışınlanan tohumlarından elde edilen bitkilerde fide boyu, yaş ağırlık ve kuru ağırlık

Gama ışın dozu (Gy)	Kaplanmış tohum			Kapanmamış tohum		
	Fide boyu (cm)	Yaş ağırlık (g)	Kuru ağırlık (g)	Fide boyu (cm)	Yaş ağırlık (g)	Kuru ağırlık (g)
0 (Kontrol)	9.6	13.12	0.91	9.11	12.17	0.91
50	7.74	9.41	0.65	10.27	11.77	0.12
100	7.09	7.67	0.95	6.94	14.98	0.98
200	7.81	2.53	0.78	5.38	6.66	0.43
300	1.97	1.26	0.11	0.54	0.21	0.05
400	1.03	0.24	0.06	0.85	0.29	0.05
500	0.60	0.12	0.02	0.75	0.24	0.04
600	0.79	0.33	0.04	0.66	0.16	0.02
	EMD50=254.45 Gy			EMD50=254.49 Gy		

M₁ generasyonu seleksiyon çalışmalarının yapılmadığı fide dikiminden sonra sağ kalan bitkilerden tohum alındığı yıl olarak değerlendirilmiştir. Cervantes çeşidinde 225 Gy'lik doz uygulanan 1000 adet tohumdan 84 adet (%8.4), 250 Gy'lik doz uygulanan 1000 adet tohumdan 30 adet (%3.0), 275 Gy'lik doz uygulanan 1000 adet tohumdan 38 adet (%3.8) fide elde edilirken, 330 Gy'lik doz uygulamasından ise hiçbir fide elde edilememiştir. Kontrol grubunda ise 1000 adet tohumun hepsinden fide elde edilebilmiştir. Escule çeşidinde 150 Gy doz uygulanan 1000 adet tohumdan 239 adet (%23.9), 200 Gy'lik doz uygulanan tohumlardan 552 adet (%55.2), 250 Gy'lik doz uygulanan tohumlardan da 96 adet (%9.6) fide elde edilmiştir. Kontrolde tüm tohumlardan fide elde edilebilmiştir (Çizelge 3). Doz uygulamasında belirlenen EMD50 (254.45 Gy)'nin altında ışınlanan (150 Gy ve 200 Gy) tohumlardan diğerlerine oranla daha fazla fide elde edildiği görülmektedir. Işınlanmış tohumlardan elde edilen 1039 adet fide araziye dikilmiş, 785 adet bitki sağ kalmış, 174 adet bitkiden M₁ tohumları elde edilmiştir. M₁ generasyonunda yaşanan bu olay tohumun içsel mekanizmasında meydana gelen bazı değişimler ve kontrol çeşitlerin radyasyona duyarlılığı ile açıklanabilir [9, 16, 17, 25, 28].

Mutasyon ıslahı çalışmalarında ilk generasyonlarda yürütülen seleksiyon çalışmalarında fenotipe göre seçim genotipik seçimden daha önemli durumdadır ve geniş popülasyonlarda emek yoğun bir aşama olarak karşımıza çıkmaktadır [36]. Çok hücreli bitkisel materyalle yapılan mutagen uygulaması sonrasında birinci generasyon (M_1) bitkilerinde değerlendirme yapmak; elde edilen bitkilerin genotipik olarak heterojen (kimerik), fiziksel anlamda mutagen etkisi nedeni ile zayıf olmalarından dolayı doğru değildir. Tohumla çoğaltılan materyalde ilk kimerik olmayan (homohistont) generasyon M_2 olarak bildirilmektedir [19, 26].

M_2 'de ve sonraki generasyonlarda mutantların seçilmesi için esas olarak görsel, mekanik/fiziksel ve diğer analiz (kimyasal, moleküler) yöntemleri olmak üzere üç tip tarama ya da seçim tekniği kullanılmaktadır [4]. Bu nedenle araştırmada da morfolojik karakterizasyona göre seçimler hatları oluşturmaya yönelik olarak M_2 generasyonunda başlamıştır.

Çizelge 3. Farklı gama ışını dozlarının sağlıklı fide sayısına etkisi

Mutant adı	Işın dozu (Gy)	Ekilen tohum sayısı (adet)	Fide sayısı (adet)	Fide yaşama oranı (%)
Cervantes mutantları	Kontrol	1000	1000	100
	225 Gy	1000	84	8.4
	250 Gy	1000	30	3.0
	275 Gy	1000	38	3.8
	330 Gy	500	0	0
Escule mutantları	Kontrol	750	750	100
	150 Gy	1000	239	23.9
	200 Gy	1000	552	55.2
	250 Gy	1000	96	9.6

Baş iriliği yönünden orta, sıkı baş oluşturan, yaprak kalınlığı orta olan, erken hasat olgunluğuna ve geç sapa kalkma özelliğine sahip bitkiler bir sonraki generasyona aktarılmak üzere seçilmiştir. Cervantes mutatlara ait 223 adet genotipten 76 adet, Escule mutantlarına ait 4025 genotipten 493 adet tek bitki seçilmiştir. Ancak seçim yapılan bitkilerin hepsinden tohum alınamamıştır. 569 adet mutant bitkinin 240 tanesinden M_2 tohumları elde edilmiştir (Cervantes çeşidinden 42 adet, Escule çeşidinden 198 adet).

M_3 generasyonunda 240 hattan yürütülen morfolojik gözlemler sonucu Cervantes çeşidinden seçilen 10 adet, Escule çeşidinden de 80 adet hattan tohum alınmıştır. İncelenen 80 Escule mutant hattının 66'sı 1 Temmuz tarihinde, 14'ü ise 7 Temmuz tarihinde hasat olgunluğuna ulaşmıştır. Bunların bir hafta sonra sapa kalkmaya başladığı görülmüştür. Geç sapa kalkma marul bitkisinde aranan bir kriterdir ve başlangıçta kullanılan kontrol çeşitlerinin geç sapa kalkan çeşitler olması ile bağlantılı olarak elde edilen

mutantlar da kontrol grubu ile ya aynı zamanda ya da birkaç gün sonra sapa kalkma eğilimi göstermiştir.

M_4 generasyonunda elde edilen hatlar incelendiğinde, hatların tümünde antosiyanin oluşumuna rastlanmamıştır. Aynı zamanda hiçbir hatta marul mildiyösü görülmemiştir. 87, 88, 89 ve 100 numaralı hatlar Cervantes mutanı olup yaprakta üst yüzeyde parlaklık dışında diğer morfolojik özellikleri birbirleri ile benzerlik göstermiştir. Bu hatların dışında kalanlar Escule mutanı olup morfolojik özellikler yönünden aralarında farklılıklar olduğu görülmüştür. Özellikle 59 numaralı hat baş oluşturmaması, yabancı formu marul ve salata grubuna benzemesinin yanı sıra çiçeklenme döneminde bitki boyunun da en yüksek değere sahip olması ile dikkat çekmiştir (Şekil 1).

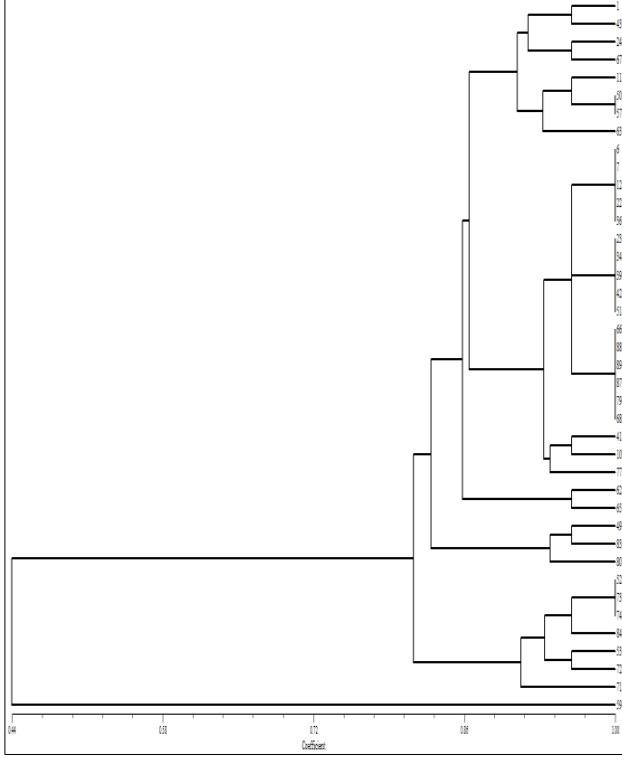


Şekil 1. 59 numaralı Escule mutanı

Genetik akrabalık derecelerini belirlenmek amacıyla 36 hat ve 2 kontrol çeşide morfolojik karakterizasyon yönteminden yararlanılmıştır (Şekil 2).

Denemeden elde edilen hatlar iki ana gruba ayrılmıştır. Birinci grupta 59 numaralı genotip tek başına yer almış, 39 hat ve çeşitler diğer grupta yer almıştır. Ortalama benzerlik katsayısı 0.80 olarak hesaplanmıştır. İkinci grup yeniden iki alt gruba ayrılmıştır. Birinci alt grupta incelenen özellikler arasından 26 tanesi bakımından 73, 74 hatları ve Cervantes ticari çeşidi birbirine çok yakın özellik sergilemiştir. İncelenen 24 özellik bakımından 71, 72, 53 ve 84 numaralı hatlar ise birbirine benzemektedir. İkinci alt grupta yer alan 66, 88, 89, 87, 79 ve 68 numaralı hatlar 26 özellik bakımından, 23, 34, 39, 42 ve Escule ticari çeşidi yine 26 özellik bakımından, 6, 7, 12, 22, 36 numaralı hatlar 26 özellik bakımından birbirine benzemektedir. İkinci grupta 80 ve 1

numaralı genotipler 22 özellik bakımından benzerlik göstermiş, fenotip olarak birbirine uzak hatlar olmuşlardır. Genel bir değerlendirme yapıldığında hatların birbirine benzer özellikleri bulunmakla birlikte 59, 71, 1, 80 ve 43 numaralı hatlar arasında bir varyasyon olduğu görülmüştür.



Şekil 2. Kantitatif karakterden elde edilen verilerle oluşturulan dendrogram

L* a* b* ölçümü yapılan hatlarda, L* değerinin 36.72 ile 57.12 aralığında değişen değerler aldığı görülmüştür. En düşük L* değeri 100 numaralı Cervantes mutantında, en yüksek ise 80 numaralı Escule mutantında belirlenmiştir. 79 ve 83 numaralı hatlar ise bütün kontrol çeşitlerden daha yüksek değere sahip olmuştur. a* değeri bakımından hatlar arasında farklılık olmakla birlikte en yüksek değer -9.90 ile 36 numaralı hatta, en düşük değer -18.23 ile 79 numaralı hatta bulunmuştur. b* değeri en düşük 12.6 ile 100 numaralı hatta en yüksek 37.47 ile 80 numaralı hatta belirlenmiştir. L* a* b* değeri bakımından kontrol çeşitler ve seçilmiş mutant marul hatları arasındaki fark istatistik olarak $p < 0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Yürütülen bir araştırmada, L* değeri 59.9 ile 64.6 aralığında bulunmuştur [13]. [27], L* değerinin 41.83-49.18 arasında değiştiğini ifade etmiştir. Yürütülen başka bir çalışmada L* değeri yeşil ve kırmızı yaprak salata çeşitlerinde sırasıyla 56.02 ve 38.98, a* değeri -9.7, -19.85, b* değeri ise 37.90-16.56 olarak bildirilmiştir [28].

Çizelge 4. Marul hatlarının ve kontrol çeşitlerinin morfolojik ölçüm parametreleri

Hat No	L* değeri	a* değeri	b* değeri
1	45.97±1.55e-1	-16.25±0.21f-1	26.97±1.37d
6	44.49±1.05i	-14.24±2.01de	26.57±0.32d
7	45.19±1.37g-1	-16.54±0.94f-j	27.92±1.31d
11	47.84±0.93cd	-15.83±2.10e-h	29.35±1.15cd
12	45.65±1.03f-1	-16.81±0.35g-j	27.68±0.83d
22	46.57±1.57d-h	-16.14±0.29f-1	27.76±1.05d
23	47.42±0.92de	-16.09±0.52f-h	26.17±3.48d
24	46.16±0.73e-1	-15.60±0.50d-g	27.74±1.52d
34	37.69±0.32mn	-11.08±1.37ab	13.92±0.24fg
36	39.39±1.11j-m	-9.90±0.08a	16.03±0.47fg
39	40.0±0.81j-l	-10.17±0.50a	15.59±1.02fg
41	39.78±0.77j-l	-11.05±0.81ab	14.69±0.40fg
42	38.84±0.65j-m	-10.72±0.64ab	15.40±0.56fg
43	46.70±1.75d-g	-15.45±0.65d-g	28.25±1.14d
53	47.10±0.45d-f	-15.59±0.25d-g	27.29±1.09d
57	49.17±1.33c	-16.16±0.90f-h	28.82±1.73d
59	40.31±0.94j-l	-10.03±1.05a	16.37±0.71fg
62	44.95±1.19hi	-15.21±0.24d-g	28.09±0.22d
63	47.07±0.35d-f	-15.45±0.79d-g	27.04±0.89d
65	47.42±0.74c-f	-15.26±0.56d-g	29.81±0.96bcd
66	40.52±0.52jk	-10.30±0.53a	18.12±0.36ef
67	46.47±0.41d-h	-15.13±0.55d-f	21.07±1.29e
68	46.92±0.24d-g	-13.98±0.35cd	26.85±0.64d
71	40.64±0.32jk	-10.61±0.15ab	17.28±0.13efg
72	40.24±1.52j-l	-12.21±1.80bc	16.06±0.81fg
73	39.23±0.21j-m	-10.97±0.08ab	16.25±1.38fg
74	40.79±1.09j	-11.20±0.51ab	16.17±0.52fg
77	47.77±1.18cd	-15.20±0.31d-g	26.89±0.60d
79	54.95±1.01b	-18.23±2.95j	34.06±0.93ab
80	57.12±1.47a	-17.61±0.39h-j	37.47±1.28a
83	54.54±0.63b	-16.71±0.30f-j	33.32±1.00abc
84	39.96±1.16j-l	-10.62±0.55ab	15.22±0.78fg
87	40.29±0.43j-l	-11.21±0.34ab	15.80±0.54fg
88	38.67±0.82l-n	-11.05±0.03ab	15.75±0.12fg
89	47.51±0.70c-e	-14.37±1.55de	25.60±1.14d
100	36.72±0.92n	-10.72±0.48ab	12.60±0.78g
Cervantes	36.83±0.94n	-9.98±0.66a	15.78±0.63fg
Cuore	45.10±1.07g-1	-15.45±0.31d-g	26.01±1.0d
Escule	54.24±0.47b	-17.83±0.44j	32.98±2.07bc
Presidential	39.80±0.56j-l	-11.54±0.15ab	15.75±0.18fg
	LSD:1.86, CV(%): 2.05, **p<0.01	LSD:1.60, CV(%): 6.43, **p<0.01	LSD:4.25, CV(%): 9.28, **p<0.01

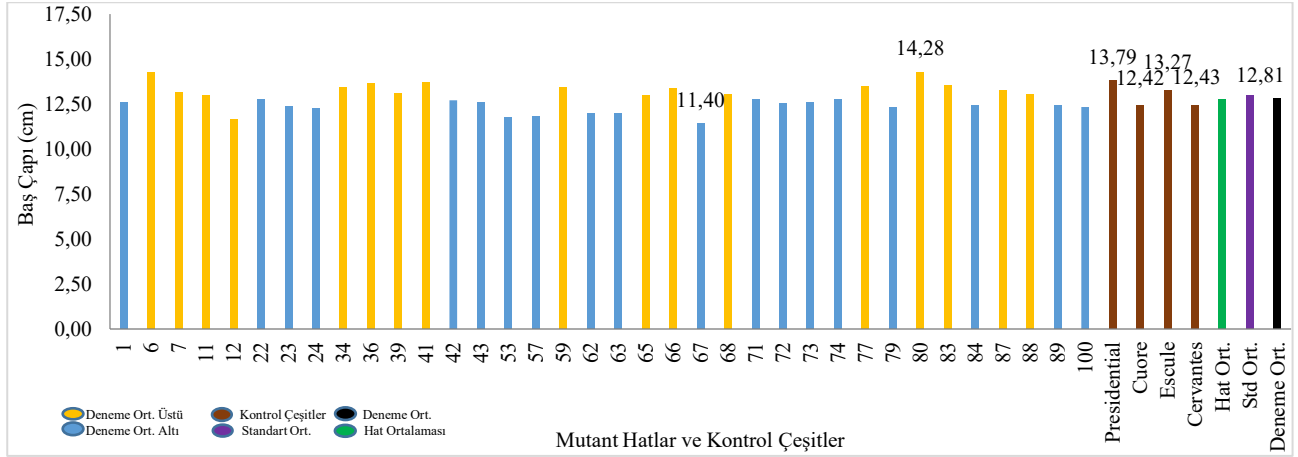
Çalışmamızda baş çapı bakımından en yüksek değer 80 no.lu genotipten elde edilmiş olup (14.24 cm), 7, 34, 36, 41, 59, 65, 66, 77, 83, 87 no.lu genotipler ile Escule ve Presidential çeşitleri aynı istatistiksel grup içerisinde yer almıştır (13.17-13.79 cm). En düşük baş çapı (11.40 cm) 67 no.lu mutant genotipte belirlenmiştir. Bu genotip ile aynı grup içinde kalan Cuore, Cervantes ticari çeşitlerinin yanı sıra 100, 89, 84, 79, 53, 24, 23 ve 12 no.lu genotipler; yaygın bir gelişme yapısından ziyade marul tipine yakın bir gelişme sergilemişlerdir (11.66-12.43 cm). İncelenen diğer mutant genotipler ise bu iki istatistiksel grup içerisinde yer almışlar, her iki grupta da çoğunlukla ortak Duncan (*) harflerini almışlardır. Yapılan literatür taramalarında marulda baş çapının 10.03-17.90 cm 110 arasında değişen değerlere sahip olduğu bildirilmiştir [10, 12, 20]. Bizim çalışmamızda ise baş çapı en düşük 11.40 cm (67 numaralı Escule mutantı), en yüksek 14.28 cm (80

numaralı Escule mutanti) olarak bulunmuştur (Şekil 3).

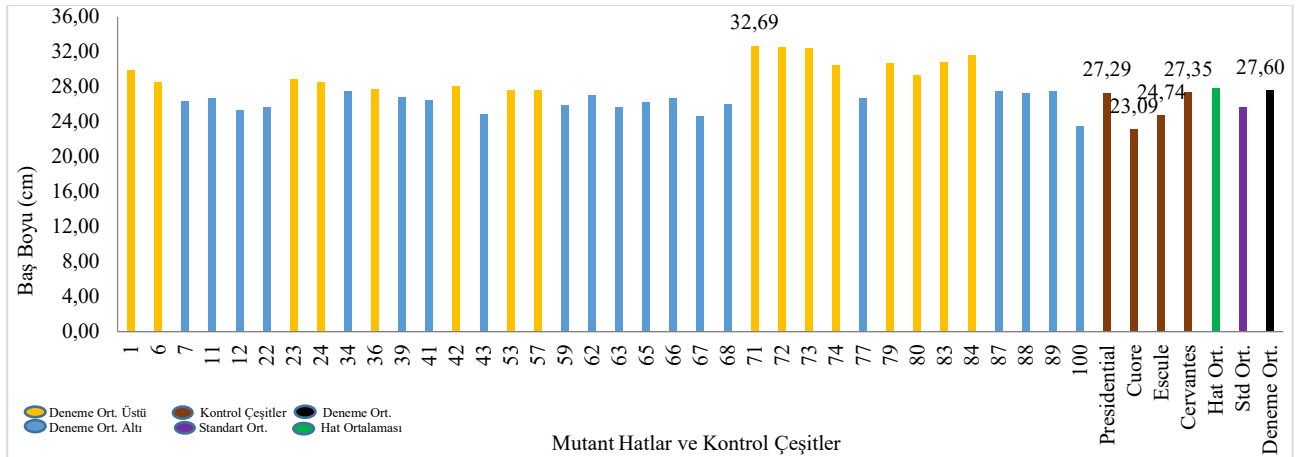
Baş boyu bakımından en yüksek değer 71 no.lu genotipten elde edilmiş olup (32.69 cm), 72, 73, 84 no.lu genotipler ile aynı istatistiksel grup içerisinde yer almıştır (31.62-32.54 cm). En düşük baş boyu (23.09 cm) Cuore çeşidinde tespit edilmiş olup 100 no.lu genotip ile aynı istatistiksel grup içinde yer almıştır. İncelenen diğer mutant genotipler ise bu iki istatistiksel grup içerisinde yer almışlar, her iki grupta da çoğunlukla ortak Duncan (*) harflerini almışlardır. [8], marulda baş boyunun 25.4-30.5 cm, [10] ise 8.6-33.5 cm arasında değiştiğini bildirmiştir (Şekil 4).

Marullarda baş iriliği de kalite kriterleri arasında değerlendirilir. Baş iriliği çeşide, yetiştiricilik sırasındaki iklim koşulları ile yapılan gübreleme, sulama uygulamalarına göre farklılık gösterir. Çalışmamızda, bitki başına elde edilen en yüksek baş ağırlığı 986.07 g ile 74 numaralı Escule mutantında belirlenmiş olup 71 ve 72 no.lu genotipler ile aynı istatistiksel grup içerisinde yer almıştır (915.77-

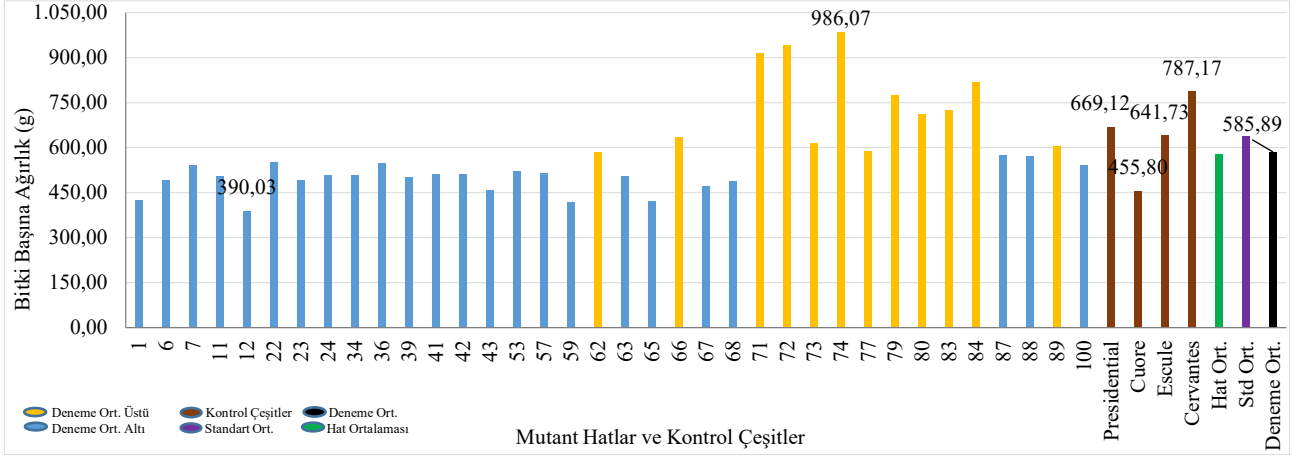
942.50 g). En düşük baş ağırlığı 12 no.lu genotipten elde edilmiştir. Bu genotip ile aynı grup içinde kalan Cuore ticari çeşidinin yanı sıra 1, 6, 7, 11, 12, 23, 24, 34, 36, 39, 41, 42, 43, 53, 57, 59, 63, 65, 67, 68, 100 no.lu genotipler; aygın bir gelişme yapısından ziyade marul tipine yakın bir gelişme sergilemişlerdir (390.03-548.30 g). İncelenen diğer mutant genotipler ise bu iki istatistiksel grup içerisinde yer almışlardır (Şekil 5). Farklı gübre uygulamalarının denendiği bir çalışmada kontrol grubunun ortalama bitki ağırlığı 147.25 g olarak bildirilmiştir. Hümik asit uygulamalarında 193.33 g ve 225 g, yaprak gübresi uygulamalarında 153.00 g ve 180.33 g olarak belirlenmiştir [12]. Yürütülen başka bir çalışmada baş ağırlığı 418-946 g arasında bildirilmiştir [20]. [11], çalışmada baş ağırlığını ortalama 389.22 g olarak bildirmiş, [22] tarafından ise baş ağırlığı 337.5-540 g arasında bulunmuştur. Başka bir çalışmada baş ağırlığı 592.6 g ile 624.6 g arasında değişmiştir [36]. Dolayısı ile bu çalışmada elde edilen seçilmiş mutant hatların baş ağırlığı dikkat çekmektedir.



Şekil 3. Marul hatlarının ve kontrol çeşitlerin baş boyu (cm) değeri yönünden dağılımı



Şekil 4. Marul hatlarının ve kontrol çeşitlerin baş boyu (cm) değeri yönünden dağılımı



Şekil 5. Marul hatlarının ve kontrol çeşitlerin baş ağırlığı (g) değeri yönünden dağılımı

*Baş çapı, baş boyu ve baş ağırlığına ait verilen ve istatistiksel değerlendirmeler, doktora tezinden yapılan ve değerlendirme aşamasında bulunan uluslararası bir makale içerisinde kullanılmış olduğundan burada ayrıca verilmemektedir.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından marul ıslah çalışmaları kapsamında TAGEM projesi olarak yürütülen tez çalışmasında, marulda ülkemizde ilk defa mutasyon ıslahı yoluyla genetik varyasyon yaratmak ve oluşturulan gen havuzu içinden pazarda talep oluşturabilecek nitelikte ve insan sağlığı açısından değerli çeşit adaylarının elde edilmesi hedeflenmiştir. Uygulamaların sonuçları değerlendirildiğinde; ilk aşamada Co⁶⁰ gama kaynağı etkili mutasyon dozu çeşitler bazında belirlenmiş ve morfolojik olarak farklılıklar gözlenmiştir. Marul baş çapı-boyu ve ağırlığı, baş sıklığı, geç sapa kalkma gibi özellikler bakımından kontrol bitkilerine göre daha yüksek değerler elde edilen mutant hatların olduğu gözlenmiştir.

Yeni genitör adayları geliştirmek açısından mevcut klasik ıslah metodlarına alternatif olarak mutasyon ıslahı tekniğinin başarı ile kullanılabileceği, bu çalışma ile bir kez daha gösterilmiştir. Çalışmamıza ait sonuçların değerlendirilmesi neticesinde bu ıslah tekniğinin yerli çeşit geliştirme çalışmalarında yaygın biçimde kullanılması ile yeni çeşitlerin geliştirilmesi ve ticarileştirilerek üretime sunulmasının üreticilere birçok fayda sağlayacağı kanaati oluşmuştur.

KAYNAKLAR

1. Anonim, 2024-a. <https://www.dikmenfide.com> (Erişim Tarihi: 09.08.2023).

- Anonim, 2024-b. <https://www.rijzkwaan.com.tr> (Erişim Tarihi: 09.08.2023).
- Ahloowalia, B.S., Maluszynski, M. 2001. Induced mutations-a new paradigm in plant breeding. *Euphytica*, 118:167-173.
- Anne, S., Lim, J.H. 2020. Mutation breeding using gamma irradiation in the development of ornamental plants: A Review. *Flower Res. J.* 28(3):102-115.
- Aybak, H.Ç. 2002. Salata ve Marul Yetiştiriciliği. Hasad Yayıncılık, İstanbul, 96s.
- Basu, S.K., Acharya, S.N., Thomas, J.E. 2007. Genetic improvement of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) through EMS induced mutation breeding for higher seed yield under western Canada prairie conditions. *Euphytica* 160:249-258.
- Beltran-Cruza, M., Orbaseb, K.M.G., Esguerrab, J.H.A., Macalayb, B.J.R., Sheelnor D.R.R. 2017. Effects of gamma irradiation on the phenotype and microbial load of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Knowledge Journal*, ISSN 2094-2605, 17s.
- Bilgi, A. 2009. Bazı humik, fulvik ve amino asit içerikli maddelerin sera marul (*Lactuca sativa* L. var. *longifolia* cv. Bitez F₁) üretiminde verim ve bitki gelişimi üzerine etkilerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 33s, Kahramanmaraş.
- Borzouei, A., Kaf, M., Khazaei, H., Naseriyan, B., Majdabadi, A. 2010. Effects of gamma radiation on germination and physiological aspects of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. *Pak. J. Bot.* 42:2281-2290.
- Demirci, G. 2012. Cibre ve farklı mineral gübrelerin marulda verim ve uç yanıklığı üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 73s, Tekirdağ.

- 11.Duman, S. 2007. Erzurum koşullarında sonbahar döneminde yüksek tünelde farklı dikim zamanlarının marulda bitki gelişmesi ve verim üzerine etkisi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 45s, Erzurum.
- 12.Erduran, H.E. 2019. Yapraktan gübreleme yöntemi ile hümik asit ve 20-20-20 gübre uygulamalarının marulun (*Lactuca sativa* L.) verim özellikleri ve hasat zamanı üzerine etkilerinin araştırılması. Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 40s, Manisa.
- 13.FAOSTAT, 2021. <http://faostat.fao.org> (Erişim Tarihi: 11.08.2023).
- 14.Gobinath, P., Pavadai, P. 2015. Effect of gamma rays on morphology, growth, yield and biochemical analysis in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). World Scientific News 23:1-12.
- 15.Gün, A. 2019. Marulda (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*) organik gübrelerin verim ve kaliteye etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 78s, Ordu.
- 16.Jan, S., Parween, T., Siddiqi, T.O., Mahmooduzzafar, X. 2011. Gamma radiation effects on growth and yield attributes of *Psoralea corylifolia* L. with reference to enhanced production of psoralen. Plant Growth Regul. 64:163-171.
- 17.Jan, S., Parween, T., Siddiqi, T.O., Mahmooduzzafar, X. 2012. Effect of gamma radiation on morphological, biochemical and physiological aspects of plants and plant products. Environ. Rev. 20:(1).
- 18.Jayalath, T.C. 2016. The evaluation of high tunnel systems for spring organic lettuce production in Georgia. HortScience. 51(9):53.
- 19.Kantoğlu, K.Y., Kunter, B. 2021. Mutasyon ıslahı. Ed: N.Y. Mendi, S. Kazaz. Süs Bitkileri Islahı (Klasik ve Biyoteknolojik Yöntemler). s:145-202, Gece Kitaplığı. ISBN 978-625-7478-51-9.
- 20.Kaymak, N. 2007. Marul (*Lactuca sativa* L.)'da yabancı ot kontrolü için kritik periyodun belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 62s, Erzurum.
- 21.Masuda, M., Agong, S., Tanaka, A., Shikazono, N., Hase, Y. 2004. Mutation spectrum of tomato seed induced by radiation with helium ion beams and coal. Acta Hort. 637:257-262.
- 22.Mohamoud S.S. 2019. Farklı su stresi koşullarının bazı kıvrıkcık (*Lactuca sativa* var. *crispa*) ve göbekli (*Lactuca sativa* var. *longifolia*) marul çeşitlerinde verim ve kalite üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 64, Antalya.
- 23.Mou, B. 2008. Lettuce. In: Vegetables I., Asteraceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae and Cucurbitaceae. Prohens, J., Nuez, F., Carena, M.J. (eds) Universidad Politècnica de Valencia. pp:75-119.
- 24.Mou, B. 2011. Mutations in lettuce improvement. International Journal of Plant Genomics, 7p.
- 25.Norfadzrin, F., Ahmed, O.H., Shaharudin, S., Rahman, D.A. 2007. A preliminary study on gamma radiosensitivity of tomato (*Lycopersicon esculentum*) and okra (*Abelmoschus esculentus*). Int. J. Agric. Res. 2:620-625.
- 26.Novak, F.J., Brunner, H. 1992. Plant breeding: induced mutation technology for crop improvement. IAEA Bull. 4:25.
- 27.Olasupo, F.O., Iloril, C.O., Forster, B.P., Bado, S. 2016. Mutagenic effects of gamma radiation on eight accessions of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). American Journal of Plant Sciences 7:339-351.
- 28.Omar, S.R., Ahmed, O.H., Saamin, S., Majid, N.M.A. 2008. Gamma radiosensitivity study on chili (*Capsicum annum*). Am. J. Appl. Sci. 5:67-70.
- 29.Owen, W.G., Lopez, R.G. 2015. End-of-production supplemental lighting with red and blue light-emitting diodes (LEDs) influences red pigmentation of four lettuce varieties. Hortscience 50(5):676-684.
- 30.Ozgen, S., Sekerci, S. 2011. Effect of leaf position on the distribution of phytochemicals and antioxidant capacity among green and red lettuce cultivars. Spanish Journal of Agricultural Research 9(3):801-809.
- 31.Özdamar, K. 2013. Paket programları ile istatistiksel veri analizi-1. Nisan Kitabevi, ISBN 9756787106, 649s.
- 32.Sağel, Z., Peşkirioğlu, H., Tutluer, İ., Uslu, N., Şenay, A., Taner, K.Y., Kunter, B., Şekerci, S., Yalçın, S. 2002. Bitki ıslahında mutasyon ve doku kültürü teknikleri. 3. Ulusal Mutasyon Kursu, Ders Notları, TAEK, ANTHAM, Nükleer Tarım Bölümü.
- 33.Schum, A. 2003. Mutation breeding in ornamentals. Acta Hort. 612:47-53.
- 34.Seçkin, S.D. 2019. Farklı LED ışıkları ve azot uygulamalarının marul bitkilerinin gelişimi ve yaprak nitrat konsantrasyonu üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, 39s, Tokat.
- 35.Shelake, R.M., Pramanik, D., Kim, J.Y. 2019. Evolution of plant mutagenesis tools: a shifting

- paradigm from random to targeted genome editing. *Plant Biotechnology Reports* 13:423-445.
36. Spencer-Lopes, M.M., Forster, B.P., Jankuloski, L. 2018. Manual on mutation breeding and introduction to plant breeding and selection. Food and Agriculture Organization of the United Nations, International Atomic Energy Agency, pp:299, Austria.
37. Suprasanna, P., Mirajkar, S.J., Bhagwat, S.G. 2015. Induced mutations and crop improvement. In: *Plant Biology and Biotechnology*, Bahadur, I.N.B. (eds). pp:593-617, New Delhi.
38. Treuren, R. Van., Coquin, P., Lohwasser, U. 2011. Genetic resources collections of leafy vegetables (lettuce, spinach, chicory, artichoke, asparagus, lamb's lettuce, rhubarb and rocket salad): composition and gaps. *Genet Resour. Crop Evol.* 59:981-997.
39. TTSM, 2021. <https://www.tarimorman.gov.tr/bugem/ttsm/menu/48/ozellik-belgeleri> (Erişim Tarihi: 09.11.2021).
40. TÜİK, 2023. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=104&locale=tr> (Erişim Tarihi: 11.08.2023).
41. UPOV, 2017. Union for the protection of new varieties of plants. Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability. Lettuce (*Lactuca sativa* L.), Geneva. (Accessed 05.09.2023).