

Susamda (*Sesamum indicum* L.) Farklı Kimyasal Mutagen Uygulamalarının In Vitro Tohum Çimlenmesi ve Bitki Gelişimi Üzerine Etkisi

Umut ÖZER^{1,*}

Betül AKIN²

Ayşegül ALTUNOK MEMİŞ³

^{1,3}Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, İzmir/TÜRKİYE
²T.C. Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya/TÜRKİYE

¹<https://orcid.org/0000-0001-9224-7980>

²<https://orcid.org/0000-0002-2325-7496>

³<https://orcid.org/0000-0003-3419-3202>

*Corresponding author(Sorumlu yazar):umut.ozertarimorman.gov.tr

Received (Geliş tarihi): 11.11.2024

Accepted (Kabul tarihi): 10.12.2024

ÖZ: Susam (*Sesamum indicum* L.) tarihte bilinen en eski yağlı tohumlu bitkilerden biri olup doğal antioksidanlar olan sesamolin, sesamin, sesamol ve alfa-tokoferol sayesinde yüksek yağ stabilitesine sahiptir. Üstün kalite özelliklerine rağmen, dünyada susam tarımının gelişmesini engelleyen en önemli faktör düşük verimdir. Sektörün bu ihtiyacını karşılamak üzere yüksek verimli çeşitlerin geliştirilmesi önem taşımaktadır. Susam ıslahında mutasyon ıslahı gibi biyoteknolojik yöntemlerin kullanılması, varyasyonların oluşturulması açısından büyük avantaj sağlamaktadır. Çalışmada Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden temin edilen TANAS susam çeşidi tohumları kullanılarak farklı mutagen dozlarının etkilerini izlemek ve mutasyon ıslahında doz tayinine yardımcı olmak için %0,0 (kontrol) ve %1,0, %1,5 ve %2,0 olmak üzere 3 farklı konsantrasyonda Etil Metansülfonat (EMS) ve %1,0, %1,5 ve %2,0 olmak üzere 3 farklı konsantrasyonda Sodyum Azid (SA) çözeltisinde (18-24 °C) 4 saat süre ile muamele edilmiştir. Uygulama sonrası tohumların ekimi Murashige and Skoog (MS, 1962) besin ortamına yapılmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda her iki mutagenin de kontrol grubuna göre fenotipik çeşitlilik sağladığı, %2,0 SA uygulamasında daha fazla varyasyon yarattığı, buna karşılık %1,0 EMS dozunun mutagen olarak daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Susam, *Sesamum indicum*, mutasyon, doku kültürü.

The Effect of Different Chemical Mutagen Treatments on In Vitro Seed Germination and Plant Development in Sesame (*Sesamum indicum* L.)

ABSTRACT: Sesame (*Sesamum indicum* L.) is one of the oldest known oilseed plants and possesses high oil stability due to natural antioxidants such as sesamolin, sesamin, sesamol, and alpha-tocopherol. Despite its high quality characteristics, the most significant factor hindering the development of sesame farming worldwide is its low yield. To address this need, the development of high-yield varieties is crucial. The use of biotechnological methods, such as mutation breeding, in sesame breeding provides a significant advantage in generating variations. In this study, seeds of the TANAS sesame variety obtained from the Aegean Agricultural Research Institute were treated with three different concentrations of Ethyl Methanesulfonate (EMS) (0.0% control, 1.0%, 1.5%, and 2.0%) and three different concentrations of Sodium Azide (SA) (1.0%, 1.5%, and 2.0%) solution at 18-24°C for 4 hours. After the treatments, the seeds were planted in Murashige and Skoog (MS, 1962) nutrient medium. Measurements revealed that both mutagens induced phenotypic variation compared to the control group, with higher doses of SA generating more variation, while lower doses of EMS proved to be more effective as a mutagen.

Keywords: Sesame, *Sesamum indicum*, mutation, tissue culture.

GİRİŞ

Susam (*Sesamum indicum*) tarihte bilinen en eski yağlı tohumlu bitkilerden biri olup, Güney-Batı Afrika kökenli olduğu düşünülmektedir. Arkeolojik deliller, morfolojik ve sitogenetik çalışmalar susam bitkisinin kültüre alınan ilk yağ bitkisi olduğunu ve ilk kez

Hindistan'da İndus Vadisi'ndeki Harappa'da M.Ö. 2250'de kültüre alındığını, bununla birlikte M.Ö. 2000 yıllarında Mezopotamya ve Anadolu'da da tarımının yapıldığı bildirmektedir. "Yağ Bitkilerinin Kraliçesi" olarak adlandırılmasının nedeni, doğal antioksidanlar olan sesamolin, sesamin, sesamol ve alfa-tokoferol sayesinde mükemmel yağ stabilitesine sahip olmasıdır (Brar ve Ahuja, 1979). Susam, tohumlarında %50–60

yağ ve %25 protein bulunduran bir yağ bitkisidir (Seçer, 2016). Yağı oldukça stabildir ve yüksek miktarda doymamış yağ asitlerince zengindir (Tan, 2011). Üstün kalite özelliklerine rağmen, dünyada susam tarımının gelişmesini engelleyen en önemli faktör düşük tohum verimidir. Özellikle, makinalı hasada uygun ve kapsüllerini çatlatmayan (indehiscens tipi) yüksek verimli çeşitlerin yetersiz ve mevcutların adaptasyon alanlarının dar oluşu, susam tarımının dünyada istenilen düzeyde gelişmesini engellemektedir (Baydar, 2005). TÜİK 2023 yılı verilerine göre Türkiye’de 220.205 da alanda susam tarımı yapılmış olup 16.190 ton ürün elde edilmiştir. Bu verilerle dekar başına 73 kg verim olduğu görülmektedir (TÜİK, 2024). Ülkemizde yetersiz üretim nedeniyle ihtiyacın %80-85’i ithalat yoluyla karşılanmaktadır. Üretim alanlarının genişletilmesi yerine, birim alanda yüksek verimli çeşitler geliştirilerek, üretimin artırılması önem taşımaktadır. Susam tarımının önündeki en büyük engeller, elle yapılan hasat maliyetlerinin yüksek olması, düşük verim ve bazı hastalıklar olarak sıralanabilir. Bu bağlamda, yüksek verimli, hastalıklara dayanıklı veya yüksek derecede toleranslı, makinalı hasada uygun germplasm ve çeşitlerin belirlenmesi ve geliştirilmesi önem taşımaktadır (Memiş ve ark., 2022).

Mutasyon, bir organizmanın genetik özelliklerinde meydana gelen kalıtsal bir değişikliktir ve yeni gen varyantları (allel) üreten doğal bir süreçtir. Herhangi bir organizmadaki, bitkiler de dahil olmak üzere, tüm genetik değişikliklerin çoğu mutasyon kaynaklıdır. Radyasyon ve bazı kimyasallar, rastgele gen bölgelerinde mutasyonlar oluşturmak ve genetik varyantlar üretmek amacıyla kullanılabilir (Nei, 2007). Bitki ıslahı, özellikle mutasyon ıslahı, genetik ve DNA teknolojilerindeki ilerlemeler sayesinde moleküler bir döneme girmiştir (Raina ve ark., 2016). Genotipte gözlemlenen değişimlerin yanı sıra organizmada gözlemlenen fenotipik değişimler, mutasyonun bir diğer sonucudur. Gen seviyesinde gözlemlenen kimyasal değişimler de bu modifikasyonun sebebiyle oluşmuştur. Bu değişiklikler, tarımsal amaçlı üretilen bitkilerin yeni ve kalıtsal karakter varyantlarının ortaya çıkmasına olanak tanır. Bu kimyasallar, bitkilerde mutasyon oluşturmak için kullanılabilir ve ortaya çıkan varyantlar içerisinde istenen özelliklere sahip bireyleri seçilebilme imkanını bize sağlamaktadır

(Lamo ve ark., 2017). Mutasyon ıslahı, indüklenmiş mutasyonlar kullanılarak istenen özelliklere sahip yeni bitki çeşitlerinin üretildiği bir bitki ıslahı yöntemidir. İslahçılar, tohumları veya bitki dokularını radyasyon veya kimyasal maddelere maruz bırakarak genetik değişiklikleri teşvik etmektedirler. Bu mutasyonlar; daha iyi verim, hastalıklara karşı direnç veya daha iyi besin içeriği gibi faydalı özellikler ortaya çıkarabilir. Bir genin mutagenler veya fiziksel faktörlerle (radyasyon) mutasyona uğratılması indüklenmiş mutasyon olarak tanımlanır. Bu mutagen faktörler; mutasyon sıklığını artırır, olası gelişmiş özelliklerin ortaya çıkmasını hızlandırır ve kolaylaştırır. İndüklenen bitkiler yetiştirilir ve istenen özellikleri sergileyenler seçilerek daha ileri ıslah ve yetiştirme süreçlerine dâhil edilir. Bu yöntem, çeşitli bitkilerde performansı ve uyumluluğu artırmak için başarıyla kullanılmıştır (Yali ve Mitiku, 2022). "Mutasyon ıslahı" terimi Freisleben ve Lein (1944) tarafından, tarımsal iyileştirme amacıyla mutasyon hatlarının kasıtlı olarak indüklenmesi ve geliştirilmesini tanımlamak için oluşturulmuştur. Bu yaklaşım, daha yüksek verim, hastalıklara karşı artan direnç ve çevresel streslere daha iyi uyum gibi geliştirilmiş bitki özellikleri sağlayabilecek genetik varyasyonlar yaratmaya odaklanır. İslah üzerine çalışan bilim insanları, mutasyonların potansiyelinden yararlanarak, yeni ve faydalı bitki çeşitlerinin geliştirilme sürecini hızlandırabilmektedirler (Lamo ve ark., 2017).

Etil metansülfonat (EMS) mutasyonları tetikleyen yaygın bir ajandır ve bitkilerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Shikata ve ark., 2016). EMS kaynaklı mutasyonlar, tek nükleotid polimorfizmleri (SNP’ler), baz geçişleri, baz transversiyonları ve eklemeler (indel’ler) gibi çeşitli mutasyonları içerir. EMS kaynaklı mutasyon mekanizması, EMS’nin guaninlere alkilleme yaparak mutasyonlara neden olmasıdır; bu da timin, sitozin yerine O-6-ethyl G ile yanlış eşleşmesine yol açar. Genom çapında yapılan araştırmalar, C/G → T/A geçişlerinin EMS kaynaklı mutantlarda baskın mutasyonlar olduğunu göstermektedir (Shirasawa ve ark., 2016). EMS kaynaklı mutantlar; çeşitli fenotipler, metabolik ürünler ve biyotik/abiyotik stres toleransları sergiler (Zhang ve ark., 2016). Genetik mutantlar, sadece ıslah programlarına katkıda bulunmakla kalmaz aynı zamanda moleküler araştırmalar için büyük bir potansiyele de sahiptir (Abe ve ark., 2012).

Sodyum azid (SA) kimyasal bir mutagen olup, bitkilerde en güçlü mutagenlerden biri olarak bilinmektedir. Mutagenite, azid bileşiğinin organik bir metabolitinin üretimiyle etki etmektedir (Owais ve Kleinhofs, 1988). Bu metabolit, hücre çekirdeğine girerek, DNA ile etkileşime girer ve genomda nokta mutasyonlarına neden olur. Bitkilerde güçlü bir mutagen olan SA, bitkilerin farklı kısımlarını ve büyüme gelişimini, metabolik aktiviteleri bozarak etkiler.

Bu çalışma, SA ve EMS'nin farklı dozlarının susam tohumu çimlenmesi sırasındaki ve bitki gelişimindeki etkilerini gözlemleyerek mutasyon ıslahı çalışmalarında doz tayinine ışık tutabilmek amacıyla yapılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma materyali olarak susam çeşidi (TANAS), Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden (ETAE) temin edilen TANAS susam çeşidi kullanılmıştır. 2022 yılında ETAE bitki doku kültürü laboratuvarında yürütülen çalışmada, eksplant kaynağı olarak kullanılan susam tohumları ilk olarak ön temizlik için musluk suyu altında yıkanmıştır. Çeker ocağa getirilen susam tohumlarında EMS ($\text{CH}_3\text{SO}_3\text{C}_2\text{H}_5$) ve SA (NaN_3) kimyasal mutagenlerinin farklı dozlardaki konsantrasyonları denenmiştir. Bu amaçla tohumlar, 10 saat saf suda bekletildikten sonra %0,0 (kontrol) ve %1,0, %1,5 ve %2,0 olmak üzere 3 farklı EMS ve %1,0, %1,5 ve %2,0 olmak üzere 3 farklı SA çözeltisinde ($18-24\text{ }^\circ\text{C}$) 4 saat süre ile her 30 dakikada bir çalkalanarak muamele edilmiştir. Ardından tohumlar distile suda 2 saat tutularak durulanmıştır. EMS ve SA çözeltileri hazırlanırken çözücü olarak distile su kullanılmıştır. Kimyasal mutagen uygulaması ardından steril hava akışlı laminar kabin içerisinde bir miktar kurutulmuş tohumlar öncelikle yüzey sterilizasyonu için %70'lik etil alkol içerisinde 5 dakika tutulmuştur. 1 kez steril saf su ile durulanan tohumlar, %10 Sodyum Hipoklorit (NaClO) ile 5 dakika muamele edildikten sonra yine 1 kez steril saf su ile durulanmış ve ardından %20'lik Hidrojen Peroksit (H_2O_2) ile 5 dakika muamele edilmiştir. Ardından tohumlar steril saf su ile 3 kez durulanarak sterilizasyon işlemi tamamlanmıştır.

Steril haldeki tohumlar, içerisinde %3 sükröz, %8 agar bulunan pH'sı 5,7' e ayarlanmış 1 mg/l Benzil Adenin (BAP) ile güçlendirilmiş MS (Murashige ve Skoog,

1962) temel besin ortamı (Çizelge 1) bulunan deney tüplerine, her bir tüpe bir adet olmak üzere ekilmiştir.

Çizelge 1. MS bazal besi yerinde bulunan makro-mikro elementler, vitaminler, aminoasitler, diğer maddeler ve konsantrasyonları (Murashige and Skoog, 1962).

Table 1. Macro-micro elements, vitamins, amino acids, other substances and their concentrations in MS basal medium (Murashige and Skoog, 1962).

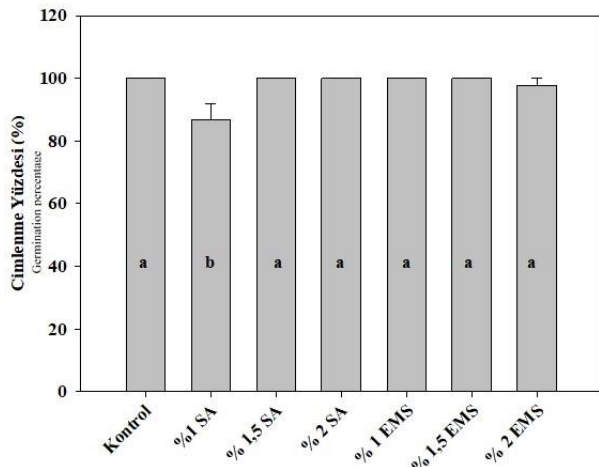
Makro Elementler Macro Elements	mg/l
KNO_3	1900
NH_4NO_3	1650
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	370
CaCl_2	332,2
KH_2PO_4	170
Mikro Elementler Micro Elements	mg/l
$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	16,9
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	8,6
H_3BO_3	6,20
KI	0,83
$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,25
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0,025
$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0,025
FeNaEDTA	36,72
Vitaminler ve amino asitler Vitamins and amino acids	mg/l
Myo-inostol	100,0
Pyridoxine-HCl	50
Nicotinik Asit	50
Thiamin- HCL	10
Glycine	2,0
Diğer Maddeler Others substances	g/l
Sakkaroz	30
Agar	8
pH	5,7

Çalışma her iki mutagen dozları için Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre her tekerrürde 15 materyal olmak üzere 3 tekerrürlü olarak yürütülmüş olup toplamda 45 tohum kullanılmıştır. Tüplere ekilen tohum eksplantları çimlenmek üzere $22\text{ }^\circ\text{C}$ ' de ve 16 saat aydınlık ve 8 saat karanlık ışık periyotlu iklim odasında büyüme bırakılmıştır.

Veriler, JMP 6 SAS istatistiksel analiz programı kullanılarak analiz edilmiştir. Uygulamalar arasındaki farklılıkları ortaya koymak için $p < 0,05$ seviyesinde F-testi ve T testi uygulanmıştır. F-testi sonucunda önemli çıkan uygulamalara TUKEY-HSD çoklu karşılaştırılması uygulanmıştır (JMP, 2005).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Farklı konsantrasyonlarda kimyasal mutagen uygulamalarının susamda *in vitro* tohum çimlenmesini istatistiki olarak önemli derecede etkilediği ortaya konulmuştur ($F= 5,5396$, $p<0,01$; Şekil 1). Yapılan uygulamalarda kontrol ile % 1,5 ve % 2 SA; % 1 ve % 1,5 EMS uygulamalarında % 100 çimlenme oranı elde edilmiştir. Bunu $97,78\pm 2,22$ çimlenme oranı ile % 2 EMS mutagen uygulaması ile $86,67\pm 5,12$ % 1 SA uygulaması takip etmiştir.

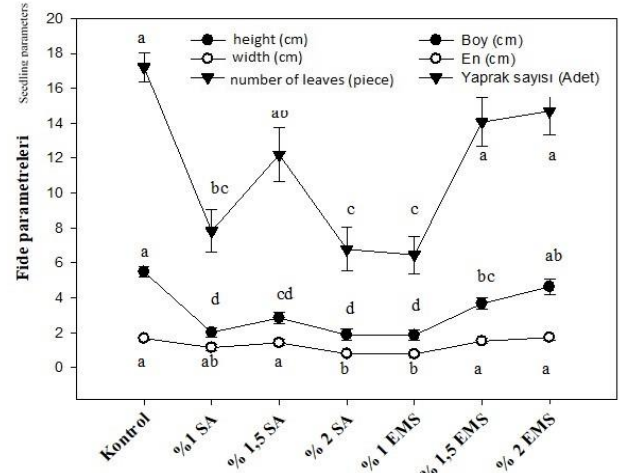


Şekil 1. Farklı konsantrasyonlarda kimyasal mutagen uygulamalarının susamda *in vitro* tohum çimlenmesi üzerine etkileri. Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir. Tukey HSD; $p < 0,05$.

Figure 1. Effects of different concentrations of chemical mutagen treatments on *in vitro* seed germination of sesame. Differences between means with different letters in the same column are significant. Tukey HSD; $p < 0.05$.

Farklı konsantrasyonlarda kimyasal mutagene maruz bırakılan susam bitkisinin, bütün uygulamalarda ve konsantrasyonlarda susam fidelerinin eni, boyu ve yaprak sayısını istatistiki olarak önemli derecede etkilediği ortaya konulmuştur. Şekil 2’de elde edilen bulgulara göre, susam fidesinde en yüksek bitki boyu $5,49\pm 0,27$ cm. ile kontrol uygulamasında elde edilirken, bunu $4,63\pm 0,44$ cm. ile %2 EMS uygulaması takip etmiştir. Farklı konsantrasyonlarda SA uygulamalarının susam boy uzamasını istatistiki olarak önemli ölçüde düşürdüğü tespit edilmiştir. Yaptığımız çalışmada susam tohumlarına uygulanan farklı SA ve EMS mutagen dozlarının susam fide gelişimi üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülen bu çalışmada, fidelerinin bitki eni 0,78 ile 1,73 cm. arasında değişirken, en yüksek değer $1,73\pm 0,17$ ile %2

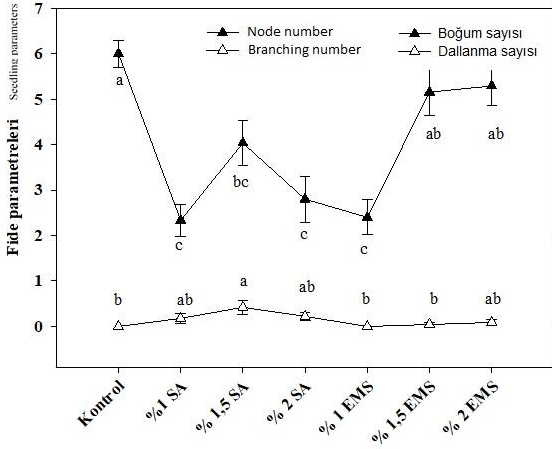
EMS uygulamasında elde edilmiştir. Susam fidelerinin yaprak sayısı 6,47 ile 17,20 arasında değişirken en yüksek yaprak sayısı kontrolü takiben, %2 ve %1,5 EMS uygulamalarında elde edilmiştir. %1 EMS ile %2 SA uygulamalarında yaprak sayısı düşük düzeyde kalmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Farklı konsantrasyonlarda kimyasal mutagen uygulamalarının susamda *in vitro* bitki gelişimi üzerine etkileri (Bitki boyu, Bitki eni, Yaprak sayısı). Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir. Tukey HSD; $p < 0,05$.

Figure 2. Effects of chemical mutagen treatments at different concentrations on *in vitro* plant development in sesame (Plant height, Plant width, Leaf number). Differences between means shown with different letters in the same column are significant. Tukey HSD; $p < 0.05$.

Farklı konsantrasyonlarda kimyasal mutagene maruz bırakılan susam bitkisinin, bütün uygulamalarda ve konsantrasyonlarda susam fidelerinin boğum ($F= 12,0245$, $p<0,01$) ve dallanma sayısını ($F=3,1756$, $p<0,05$) istatistiki olarak önemli derecede etkilediği ortaya konulmuştur. En yüksek boğum sayısı kontrol uygulaması ile %2 ve %1,5 EMS dozlarında elde edilirken, %1 SA ve %1 EMS uygulamalarında boğum sayısında önemli azalmalar görülmüştür (Şekil 3). Farklı konsantrasyonlarda kimyasal mutagenlerin susam bitkisinin fide gelişimi üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmamızda, fide dallanma sayısı bakımından yapılan uygulamalar arasında önemli farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. En fazla dallanma sayısı, boğum sayısından farklı olarak %1,5 SA dozunda elde edilmiş olup, bunu %2 SA takip etmiştir. Mutagen uygulanmayan kontrol uygulamasında ise dallanma görülmemiştir (Şekil 3.)



Şekil 3. Farklı konsantrasyonlarda kimyasal mutagen uygulamalarının susamda *in vitro* bitki gelişimi üzerine etkileri (Boğum ve dallanma sayısı). Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir. Tukey HSD; $p < 0.05$.

Figure 3. Effects of chemical mutagen treatments at different concentrations on *in vitro* plant development in sesame (number of nodes and branches). Differences between means shown with different letters in the same column are significant. Tukey HSD; $p < 0.05$.

Uttarde ve ark., (2020) Gama ışını, EMS ve SA'nın etkilerini araştırdıkları çalışmada, tüm mutagenik uygulamalarda bitkisel parametrelerin kontrol grubuna göre daha düşük olduğu bildirilmiştir. Benzer şekilde çalışmamızda da hem EMS hem de SA dozlarında, çimlenme ve dallanma dışındaki tüm bitkisel parametrelerde kontrol grubuna göre azalma olduğu tespit edilmiştir. Soya bitkisinde yürütülen bir çalışmada, olgunlaşmamış embriyolara farklı EMS konsantrasyonları (0,0, 0,2, 0,4 ve 0,8 mM) uygulanmış ve tüm EMS konsantrasyonlarında embriyo oluşumu ve rejenerasyon oranının kontrole kıyasla daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir (Van ve ark., 2008). Benzer şekilde Sharma ve ark. (2013), *Citrus jambhiri*'nin gama ile ışınlanan tohumlarından gelişen bitkilere *in vitro* ortamda çeşitli EMS (0,2, 0,3 ve %0,4) ve metil metansülfonat (MMS; 0,05, 0,1 ve %0,2) konsantrasyonlarıyla muamele etmişlerdir. Sonuç olarak EMS'nin tüm konsantrasyonlarında rejenerasyon oranlarının kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Dhakshanamoorthy ve ark. (2010), *Jatropha curcas* türünde kuru tohumlara çeşitli konsantrasyonlarda gama ışını ve farklı oranlarda (%1, 2, 3 ve 4) EMS uygulamışlardır. Çalışmada, tohum çimlenme oranı, kök uzunluğu ve

sürgün uzunluğu gibi pek çok karakter incelenmiştir. Araştırmacılar, %1 oranındaki EMS uygulamasının engelleyici bir etki yarattığını gözlemlemişlerdir. Çalışmamızda da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Tüm bitkisel parametrelerde %1 EMS dozunda bir azalış meydana gelirken, EMS dozu arttıkça bitkisel parametrelerde artış gözlenmiştir. Pius ve ark. (1994) ise EMS'nin birçok stres faktöründen biri olduğunu ve *in vitro* ortamda bitki rejenerasyonunu teşvik edici bir etki gösterdiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda elde edilen sonuçların, ilgili literatür verileri ile paralel olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 2. SA ve EMS kimyasal mutagen uygulamalarının % çimlenme, boy-en uzunluğu, yaprak sayısı, boğum sayısı ve dallanma sayısı için T-testi sonuçları

Table 2. T-test results for % germination, height-width, leaf number, node number and branch number of SA and EMS chemical mutagen treatments

Parametreler Parameters	SA	EMS
% Çimlenme (Germination %)	95,56±1,78	99,26±0,74*
Bitki boyu (Plant height) (cm)	2,25±0,19	3,38±0,23*
Bitki eni (Plant width) (cm)	1,13±0,10	1,34±0,09
Yaprak sayısı (Leaf number) (adet)	8,93±0,80	11,74±0,80*
Boğum sayısı (Node number)(adet)	3,06±0,27	4,28±0,28*
Dallanma sayısı (Branch number) (adet)	0,27±0,07*	0,04±0,03

* t ($p < 0,05$), ± SE

Elde edilen veri analiz sonuçlarına göre, SA ile EMS uygulamaları arasında % çimlenme, bitki boyu, yaprak sayısı, boğum sayısı ve dallanma sayısı bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 2).

Yapılan istatistiksel analizler neticesinde; tüm bitkisel parametrelerde SA'nın kontrole göre tüm dozlarında genel bir azalış olmasına rağmen %1,5 SA dozunda dallanma sayısında artış olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar Abubakar ve Abdul (2021)'nin yaptıkları çalışma ile uyumludur. Abubakar ve Abdul (2021)'e göre SA optimum konsantrasyonları, bitkilerde muhtemelen hormonal dengeyi değiştirerek hücre bölünmesini ve uzamasını teşvik etmektedir. Susamda yaptıkları çalışmada SA'nın (0,00mM, 1,0mM, 2,0mM, 3,0mM ve 4,0mM) farklı dozlarının etkisini incelemişlerdir. Çimlenme ve kök uzunluklarının diğer dozlarda azalmasına rağmen 3,0 mM dozunda her iki

parametre üzerinde arttığı tespit edilmiştir. Sürgün uzunluğunda ise yine diğer dozlardaki meydana gelen azalmalara rağmen 2.0 mM dozunda bir artış meydana geldiği bildirilmiştir. Aynı şekilde; Ashish ve ark. (2011) *Abelmoschus moschatus* türünde kimyasal mutagenlerle (Sodyum Azit veya Para-diklorobenzen) muamele edilen tohumlarda sürgün ve kök uzunluğunda bir azalma bildiren bulgularıyla uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Olgun embriyo kültüründe sodyum azitin (NaN_3) farklı süre ve konsantrasyonlarda uygulanmasının etkilerine ilişkin elde edilen verilere göre, sodyum azit uygulaması kallus oluşumunu, rejenerasyon etkinliğini ve bitki sayısını azaltmıştır, bu etki, özellikle yüksek konsantrasyonlar ve uzun uygulama sürelerinde daha belirgin hale geldiği belirtilmiştir (Pour, 2016). Çalışmamızı üzerinde durulan karakterler özelinde değerlendirdiğimizde, sonuçların birbiri ile paralellik gösterdiği anlaşılmaktadır.

Yapılan farklı araştırmalarda en fazla çeşitliliği sağlayan dozun %0,5 EMS olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar bu sonuçlara dayanarak kromozomal hasara yol açmayan daha düşük kimyasal mutagen dozlarının (EMS için %0,5) çeşitlilik miktarını artırmada daha etkili olabileceğini bildirmişlerdir (Montalván ve Ando, 2005; Begum ve Dasgupta, 2010) Çalışmamızda ilgili literatüre paralel olarak kullanılan

en düşük EMS dozunun, mutagen etkisini artırarak daha etkili mutasyon sağladığı tespit edilmiştir.

SONUÇ

Çalışmamızda kullanılan her iki mutagen (SA ve EMS) kontrol grubuna göre fenotipik çeşitlilik sağlamış olup, sözkonusu mutajenlerin susam mutasyon ıslahı çalışmalarında kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Elde edilen bulgulara göre; %2,0 SA uygulaması daha fazla varyasyon yarattığından dolayı, bundan sonra planlanacak çalışmalarda SA'nın %2,0 ve daha yüksek dozlarının kullanılması önerilmektedir. Buna karşılık yüksek doz EMS uygulamasında bitkilerin stres faktörüne vermiş olduğu tepki sebebiyle varyasyon oluşumu azaldığından, mutasyon ıslahı çalışmalarında %1,0 EMS ve daha düşük dozlarının kullanılması önerilmektedir.

EMS ve SA'nın bitki büyüme parametreleri üzerinde olumsuz etkileri olsa da bu etkiler genellikle bitki ıslah programlarında arzu edilen mutantların seçilmesi için temel oluşturmaktadır. Bu araştırmanın sonuçları susam ıslahında mutagen uygulamalarının genetik çeşitliliğin artırılmasına katkı sağlayabileceğini göstermiştir. Bununla birlikte, mutagenlerin uzun vadeli ıslah programlarında nasıl kullanılabileceğinin belirlenmesinde, mutasyonların genetik temeli, mutagenlerin etki ve moleküler mekanizmaları ile ilgili yapılacak daha detaylı çalışmalara gereksinim vardır.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Abe, A. S. Kosugi, K. Yoshida, S. Natsume, H. Takagi, H. Kanzaki, H. Matsumura, K. Yoshida, C. Mitsuoka, M. Tamiru, H. Innan, L. Cano, S. Kamoun, and R. Terauchi. 2012. Genome sequencing reveals agronomically important loci in rice using MutMap. *Nat. Biotechnol.* 30: 174–178.
- Abubakar, D., and S. Abdul. 2021. Effects of Para-Dichlorobenzene and sodium azide on germination and seedling growth of sesame (*Sesamum indicum* L.). *FUDMA Journal of Sciences* 5(2): 203–207.
- Ashish, R., H.R. Nandkishor, and W. Prashant. 2011. Effect of sodium azide and gamma rays treatments on percentage germination, survival, morphological variation, and chlorophyll mutation in okra (*Abelmoschus moschatus* L.). *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences* 3 (5).
- Baydar, H. 2005. Susamda (*Sesamum indicum* L.) verim, yağ, oleik ve linoleik tipi hatların tarımsal ve teknolojik özellikleri. *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture* 18 (2): 267-272.
- Begum, T., and Dasgupta, T. 2010. A comparison on the effect of physical and chemical mutagenic treatments in sesame (*Sesamum indicum* L.). *Genet. Mol. Biol.* 33: 761-766.
- Brar, G. S., and K. L. Ahuja. 1979. Sesame: its culture, genetics, breeding and biochemistry. *Annual reviews of plant sciences* 1: 245-313.
- Dhakshanamoorthy, D., R. Selvaraj, and A. Chidambaram. 2010. Physical and chemical mutagenesis in *Jatropha curcas* L. to induce variability in seed germination, growth, and yield traits. *Romanian Journal of Biology* 55 (2): 113–125.
- Freisleben, R., and A. Lein. 1944. Möglichkeiten und praktische Durchführung der Mutationszüchtung. *Kühn-Archiv* 60:211-222.
- JMP. 2005. JMP SAS Statistical Analysis System. Cary, North Carolina, USA.
- Lamo, K., D. J. Bhat, K. Kour, and S. P. S. Solanki. 2017. Mutation studies in fruit crops: a review. *Int. J Curr Microbiol Appl. Sci.* 6 (12): 3620-3633.
- Memiş, A. A., M. Aldemir, U. Özer, K.N. Karlık ve E. Serin. 2022. Ege Bölgesi Susam Araştırmaları Projesi 2022 Gelişim Raporu.
- Montalván, R., and A. Ando. 2005. Effect of gamma-radiation and sodium azide on quantitative characters in rice (*Oryza sativa* L.). *Genetics and Molecular Biology* 2: 117–126.

- Murashige, T., and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia plantarum* 15(3).
- Nei, M. 2007. The new mutation theory of phenotypic evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (30): 12235-12242.
- Owais, W.M. and A. Kleinhofs. 1988. Metabolic activation of the mutagen azide in biological systems. *Mutation Research* 197: 313–323.
- Pius, J., L. George, S. Eapen, and P. Rao. 1994. Evaluation of somaclonal and mutagen-induced variation in finger millet. *Plant Breeding* 112 (3): 239–243.
- Pour, A. H. 2016. Kimyasal mutagen uygulamalarının buğdayda bazı in vitro karakterler ve kuraklığa tolerans üzerine etkileri. Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Raina, A., R. A. Laskar, S. Khursheed, R. Amin, Y. R. Tantray, K. Parveen, and S. Khan. 2016. Role of mutation breeding in crop improvement-past, present and future. *Asian Research Journal of Agriculture* 2: 1-13.
- Seçer, A. 2016. Türkiye’de susam üretim ve dış ticaretinde gelişmeler. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi* 31: 27–36.
- Sharma, L. K., M. Kaushal, M. I. S. Gill, and S. K. Bali. 2013. Germination and survival of *Citrus jambhiri* seeds and epicotyls after treating with different mutagens under in vitro conditions. *Middle-East J. Sci. Res.* 6(2): 250-255.
- Shikata, M., K. Hoshikawa, T. Ariizumi, N. Fukuda, Y. Yamazaki, and H. Ezura. 2016. TOMATOMA update: Phenotypic and metabolite information in the Micro-Tom mutant resource. *Plant Cell Physiol.* 57 e11.
- Shirasawa, K., H. Hirakawa, T. Nunome, S. Tabata, and S. Isobe. 2016. Genome-wide survey of artificial mutations induced by ethyl methanesulfonate and gamma rays in tomato. *Plant Biotechnol. J.* 14: 51–60.
- Tan, A. Ş. 2011. Bazı susam çeşitlerinin Menemen koşullarında performansları. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi* 21 (2): 11-28.
- TÜİK. 2024. Türkiye İstatistik Kurumu.2023 Susam Tarımsal Verileri
- Uttarde, R. B., S. N. Bolbhat, N. B. Admuthé, V. S. Kumavat, and A. K. Bhor. 2020. Induced mutations in sesame (*Sesamum indicum* L.). *International Journal of Creative Research Thoughts* 8 (3).
- Van, K., H. J. Jang, Y.-E. Jang, and Lee, S.-H. 2008. Regeneration of plants from EMS-treated immature embryo cultures in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Journal of Crop Science and Biotechnology* 11: 119–126.
- Yali W., and T. Mitiku. 2022. Mutation Breeding and Its Importance in Modern Plant Breeding. *Journal of Plant Sciences* 10 (2): 64-70.
- Zhang, N., S. Wang, X. Zhang, Z. Dong, F. Chen, and D. Cui. 2016. Transcriptome analysis of the Chinese bread wheat cultivar Yunong 201 and its ethyl methanesulfonate mutant line. *Gene* 575: 285–293.