

## Bitkilerde Kullanılan Mutajenite Testleri

Doğan İLHAN

Kafkas Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Kars

### Yayın Kodu: 7-3A

**ÖZET:** Canlı organizmaların mutajen olarak adlandırılan çeşitli kimyasal, çevresel ve radyolojik faktörlere karşı hassas oldukları ve bunun neticesinde genetik materyalleri olan DNA'larının zarar gördükleri bilinmektedir. Mutasyon olarak adlandırılan bu durumla birlikte canlılarda nesiller boyunca aktarılacak olan kalıtsal bozukluklar meydana gelmektedir. Aynı zamanda meydana gelen bu hasarların yok edilmesi ya da en aza indirgenmesi için canlıların DNA'ları onarım fonksiyonu da görmektedir. DNA hasarları için otonom olarak geliştirilmiş olan onarım mekanizmaları bulunmaktadır. Bu mekanizmalar sayesinde genlerde ya da kromozomlarda meydana gelen bozukluklar minimum düzeye indirgenmekte ya da tamamen ortadan kaldırılmaktadır. Bu otonom mekanizmaların yanısıra zaman içerisinde canlıların mutajenlere karşı genom düzeyinde hassasiyet durumlarının belirlenmesi için farklı organizmalara göre geliştirilmiş olan çeşitli mutajenite testleri bulunmaktadır. Bu testler memeliler, bakteriler ya da bitkiler gibi farklı özel canlı grupları için spesifik olarak geliştirilmiş olan testlerdir. Bu derleme makalesinde özellikle son yıllarda bitkisel organizmalar için popüler olarak kullanılan bitki gen mutasyon testleri (Klorofil Mutasyonları, Polen Mutasyonları (Mısırdaki Waxy Lokus Mutasyonları), Somatik Mutasyonlar (*Tradescantia* Stamen Tüy Mutasyonu) ve bitki kromozom mutasyon testleri (Kök Ucu Hücreler Testi (Mitotik Analiz ve Mitotik İndeksin Hesaplanması), Kromozomal Anomaliler, Mikronükleus Oluşumları) gibi önemli mutajenite testleri hakkında bilgiler verilmiştir. Bu derlemenin daha fazla bitkisel organizma için mutajenite testlerinin optimal koşullarda, hassas ve uygun kullanımına öncülük edebilmesi açısından referans bir çalışma olabileceği ve bilimsel açıdan destek sunabileceği düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Bitki, DNA, Mutajenite, Test, Canlı Organizma

### **Mutagenicity Tests Used in Plants**

**ABSTRACT:** It is known that living organisms have sensitivity against various chemical, environmental and radiological factors called as mutagen and as a result of this, their DNAs which are described as genetic materials damage. With this event mutation term inheritable disorders occur in living organisms across the generations. In addition, with the aim of eliminating or minimizing of these damages alive DNAs also have repair function by itself. There are that repair mechanisms have been evolved as autonom by DNA for DNA damages. Thanks to these mechanisms, mistakes on the genes or chromosomes either are minimized or thoroughly eliminated. In addition to these repair mechanisms, different mutagenity tests have been improved to determine susceptibilities of based on genome level of living organims for mutagens. These tests are developed for various spesific living groups like mammals, bacteria and plants. In this review, especially used as common in recent years for plants are given informations about major mutagenity tests like Plant Gene Mutation Tests (Chlorophyl Mutations, Polen Mutations (Corn Waxy Loci Mutations), Somatic Mutations (*Tradescantia* Stamen Hair Mutation) and Plant Chromosome Mutation Tests (Root Tip Cell Tests (Mitotic Analyse and Mitotic Index), Chromosomal Aberrations, Mikronucleus Formations). It is though that this review will be reference paper and will be support in terms of scientific perspective with regard to make possible optimal, sensitive and proper mutagenity tests

**Key Words:** Plant, DNA, Mutagenity, Test, Living Organism

E-mail: [doganilhan@kafkas.edu.tr](mailto:doganilhan@kafkas.edu.tr)

## 1. Giriş

Canlılar yaşamları sürecinde ekolojik çevreleri ile sürekli iletişim halindedirler. Bu süreçte canlılık özelliklerini ve nesiller boyunca devam edecek olan genetik yapılarını korumak zorundadırlar. Genetik yapı olarak ifade edilen ve canlının tüm kalıtsal özelliklerini taşıyan DNA molekülleri canlılığın temel yapısını oluşturmakta ve dolayısı ile canlıların tüm fenotipik karakterlerinden sorumlu olmaktadır. DNA moleküllerinde meydana gelebilecek değişiklikler mutasyonlar olarak ifade edilmekte ve bunlar organizmaların yaşamlarını tehdit edebilecek nitelikte olabilen kalıtsal bozukluklara neden olmaktadır (Szövényi et al., 2014). DNA'nın yapısında meydana gelen bozuklukların ya da eksikliklerin ortadan kaldırılması ya da en aza indirgenmesi yine DNA molekülünün kendisi tarafından otonom bir şekilde gerçekleştirmiş olduğu onarım mekanizmaları sayesinde başarılmaktadır.

Bu durum genetik materyal olarak işlev gören DNA'ların en önemli özellikleri arasında yer almaktadır (Pickrell and Reich, 2014). Bu otonom mekanizmaların yanısıra zaman içerisinde canlıların mutajenlere karşı genom düzeyinde hassasiyet durumlarının belirlenmesi için farklı organizmalara göre geliştirilmiş olan çeşitli mutajenite testleri bulunmaktadır. Bu testler memeliler, bakteriler ya da bitkiler gibi farklı özel canlı grupları için spesifik olarak geliştirilmiş olan testlerdir (Akı ve Karabay, 2004).

İlaçlar, kozmetik maddeleri, tarım ilaçları, gıda katkı maddeleri, çeşitli kimyasallar, radyoaktif ışınlar, çevresel kirleticiler, doğal ya da sentetik pek çok maddenin canlılar üzerinde olumsuz etkilerinin oldukları bilinmektedir. Bu etkilerinin belirlenebilmesi için canlılarda çeşitli mutajenite testleri geliştirilmiştir. Mutajen olarak adlandırılan tüm bu olumsuz faktörler canlıların özellikle

insanların sağlığı için test edilmek zorundadır. Memeliler ya da hayvanlar gibi organizmalar açısından bu testlerin gerek maliyetlerinin yüksek olması ve gerekse zahmetli ve süreçli olmalarından dolayı bitkisel organizmaların mutajenite testleri açısından kullanılmaları daha da uygun görünmektedir. Mutajenite testlerinde kullanılan kimyasal maddelerin organizmaların genetik materyalleri üzerinde vermiş oldukları etkinin kanserojenik yönden yetkinliği oldukça önemli bir durumdur (Akı ve Karabay, 2004).

Bitkiler iyi birer monitor sistem olmalarından dolayı mutasyon testleri açısından son yıllarda oldukça popüler duruma gelmişlerdir. Bu amaçla, çeşitli moleküler teknikler, sitogenetik çalışmalar ve genotoksisite çalışmaları yoğun bir şekilde kullanılmaktadır (İlhan, D. ve Akı, C., 2009; İlhan, D. ve Akı, C., 2010). DNA hasarları ve onların biyolojik etkilerini belirlemek için DNA'da

meydana gelen bozuklukların belirlenmesi oldukça önemlidir. Bu amaçla bitkisel organizmalar için zaman içerisinde geliştirilmiş olan birçok mutajenite testleri bulunmaktadır. Bunların bir kısmı genlerde meydana gelen mutasyonlar (Klorofil mutasyonları, Polen Mutasyonları, Somatik Mutasyonlar (*Tradescantia* Stamen Tüyü Mutasyonu)) şeklinde iken bir kısmı da Kromozomlarda meydana gelen mutasyonlar (Kromozom Anomalileri, Mikronükleus Oluşmaları) şeklinde ortaya çıkmaktadır (İlhan, D., 2008).

Mutasyon çalışmalarında kromozomal mutasyonları belirleme aşamasında uygun dozajların ayarlanması ve etki boyutuyla ilişkilendirilmesi oldukça önemli bir husustur. Bir maddenin ya da çevresel faktörün mutajen etki gösterebilmesi için hem gen düzeyinde hem de kromozomal düzeyde etkisinin belirlenmesi gerekmektedir. Genlerde ve kromozomlarda meydana gelen

mutasyonlar etki mekanizması açısından önemli bir belirteçtirler. (<http://www.nadidem.net/bmk/Genotok04.pdf>).

Bu derleme çalışmasında özellikle son yıllarda yaygın olarak kullanılan bitki gen mutasyon testleri (Klorofil Mutasyonları, Polen Mutasyonları (Mısırdaki Waxy

Lokus Mutasyonları), Somatik Mutasyonlar (*Tradescantia* Stamen Tüy Mutasyonu) ve bitki kromozom mutasyon testleri (Kök Ucu Hücreler Testi (Mitotik Analiz ve Mitotik İndeksin Hesaplanması), Kromozomal Anomaliler, Mikronükleus Oluşumları) hakkında bilgi verilmiştir.

### Bitkilerde Kullanılan Mutasyon Testleri

**Tablo 1.** Bitkilerde Gen ve Kromozom Mutasyonlarının Belirlenmesi İçin Kullanılan Testler (Akı ve Karabay, 2004)

<i>Bitki Testleri</i>	<b>Testler</b>
<b>1. Bitki Gen Mutasyon Testleri</b> Çiçek, polen ya da fidelerdeki mutasyonlar	Klorofil Mutasyonları, Polen Mutasyonları (Mısırdaki Waxy Lokus Mutasyonları), Somatik Mutasyonlar ( <i>Tradescantia</i> Stamen Tüy Mutasyonu)
<b>2. Bitki Kromozom Mutasyon Testleri</b> Kök uçları, çiçek, polen ya da fidelerdeki mutasyonlar	Kök Ucu Hücreler Testi (Mitotik Analiz ve Mitotik İndeksin Hesaplanması), Kromozomal Anomaliler, Mikronükleus Oluşumları

#### 1.Bitki Gen Mutasyon Testleri

Gen mutasyonları nükleotid dizilerinde, sıralarında ya da sayılarında meydana gelen değişiklikler sonucunda ortaya çıkan mutasyonlardır. Mutasyonların bu tipleri ilerleyen boyutlarda olduğu durumda organizmanın yaşamını

tehlikeye atabilecek nitelikte olmaktadır. Bu mutasyonlar sonucunda bazı fenotipik ya da morfolojik karakterlerde değişimler meydana gelmektedir. Örneğin *Tradescantia* bitkisinde çiçek organında herhangi bir gen mutasyonu meydana geldiğinde

stamen tüylerinde değişiklik gözlenebilmektedir. Bu tür mutasyonu belirleyebilmek için türe özgü spesifik testler geliştirilmiştir. Benzer şekilde zaman içerisinde bazı bitki türleri için ortaya çıkan mutasyona paralel olarak özel bitki mutasyon testleri geliştirilmiştir (Akı, 2011) (Tablo 1).

### **1.1. Klorofil Mutasyon Testleri**

Çok lokuslu sisteme sahip olan bazı bitki türlerinde oluşan mutasyonlar için geliştirilmiş olan testlerden birisidir. Bu testlerin çok fazla lokus yapısından dolayı oldukça hassas oldukları ve resesif letal allel durumuna bağlı olarak belirlenebildikleri bilinmektedir. *Hordeum vulgare* L. (Arpa) ve *Arabidopsis thaliana* L. (Hardalotu) Klorofil Mutasyon testleri için verilebilecek örnekler arasında yer almaktadır. Bu bitkilerde klorofil yönünden eksik olan mutantlar resesif alleller şeklinde çimlenme döneminde ya da tohum oluşum sürecinde

belirlenebilmektedir (Nilan, 1978; Grant et al., 1981; Redei et al., 1984).

### **1.2. Polen Mutasyon Testleri**

Bu tür mutasyonlar polen tanelerinde resesif allelin ortaya çıkması sonucu oluşurlar. Bu durumu test etmek için geliştirilen sistemde polen tanelerinin sayımı ve mutasyon sonrasında oluşan renklerin tespiti yapılmaktadır. Mısır (*Zea mays* L.) bitkisinde Waxy lokus sistemi bu duruma verilebilecek en güzel örneklerden birisidir. Dominant yabancıl tip Wx alleleline sahip polen tanelerinin nişastası amiloz ve amilo pektin karışımından oluşmaktadır ve iyotla mavimsi gri renk vermektedir. Allel resesif mutant şeklinde kendini ortaya çıkardığında amiloz kaybı neticesinde polenler kırmızı renkli olmaktadır. Bu tür mutasyonlar diğer bitkilerde de görülebilmektedir (Akı ve Karabay, 2004).

### 1.3. Somatik Mutasyon Testleri

Somatik mutasyonlar bitkilerin yaprakları (Mısır, Yonca, Tütün) veya çiçek yapılarında (stamen tüylerinde) bir ya da iki lokusa bağlı olarak gelişebilen mutasyonlardır. Bu mutasyonlarda da ilgili dokuda fenotipik olarak farklılaşma görülmektedir. Örneğin tütün (*Nicotiana tabacum* L.) bitkisinde çeşitli kimyasalların mutajenik etkilerinin belirlenmesinde yapraklar üzerinde yeşil ya da beyaz bölgelerin belirlenmesi önemlidir (Schairer et al., 1981; Vig, 1975).

Benzer şekilde *Tradescantia* bitkisinde stamen tüy hücrelerinde meydana gelen mutasyona bağlı olarak mor ya da pembe renkli tüy hücrelerinin oluşumu söz konusudur (Şekil 1 ve Şekil 2). Bu bitkiler için geliştirilen testler oldukça etkili ve hızlı testlerdir. Bu testler aynı zamanda hava kirleticilerinin belirlenmesinde de referans olarak

kullanılabilen testler arasında yer almaktadır.

*Tradescantia* stamen tüyü mutasyon analizi canlı sistemlerde çeşitli kimyasalların ya da ortamların mutajenik etkilerini değerlendirmek amacıyla kullanılabilir. Bu uygulamalara baktığımızda;

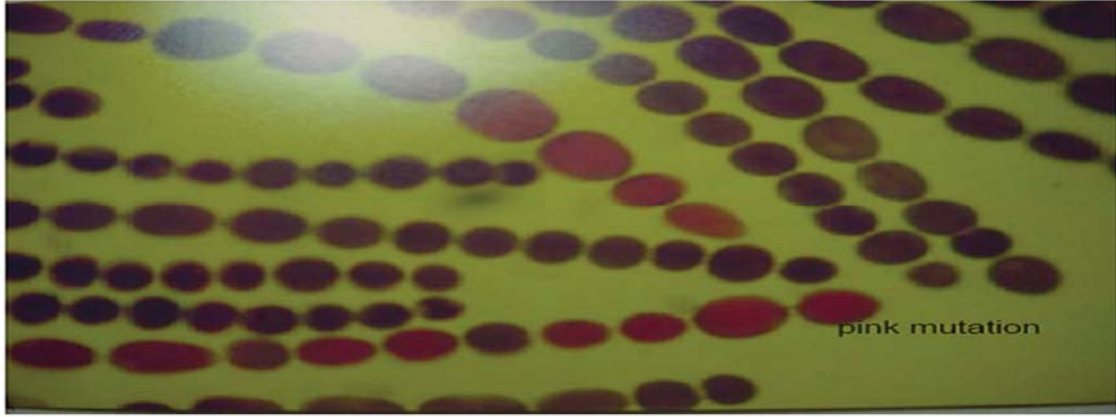
**Sıvı denemeleri için:** Bilinen kimyasal solüsyonlar, bilinmeyen kirletici karışımları.

**Gaz denemeleri için:** Bilinen gazlı kimyasallar, bilinmeyen karışımlar

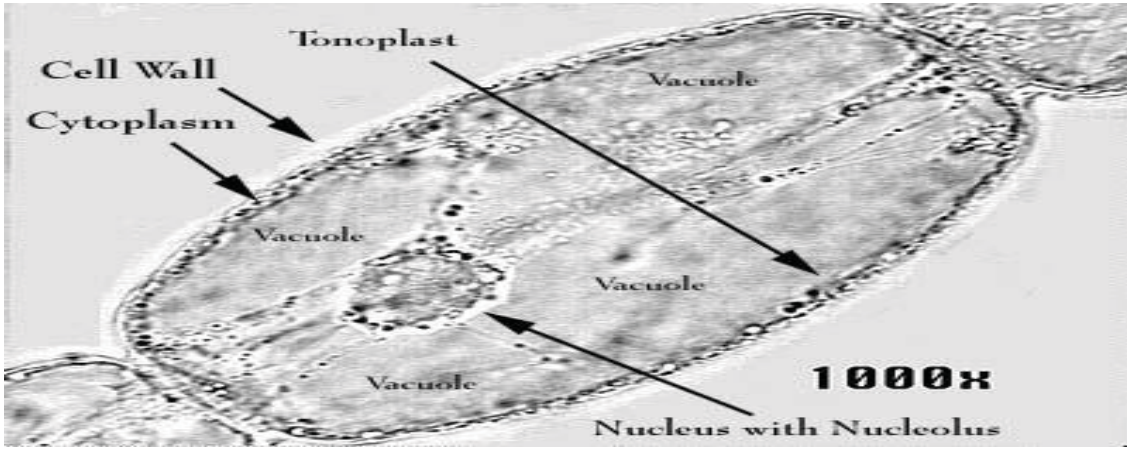
**İn situ görüntüleme için:** Yüzey suları (ırmak, göl, gölet, haliç), dış ortam havası, iç ortam havası (kapalı alanlar) ve dış ortamdaki gelen radyasyon.

**Toprak ekstraktları:** Su çözgeni, organik çözünebilir madde.

**Radyasyon:** İyonize radyasyon ve UV, nötron ve alfa partikülleri şeklinde olduğu görülmektedir (Ma et al., 1994a).



Şekil 1. Stamen tüyü hücrelerinde mutasyon (Ma et al., 1994a)



Şekil 2. Stamen tüyü hücre yapısı ([http://botit.botany.wisc.edu/courses/botany\\_130/Eukaryotic\\_Cell/Cell.html](http://botit.botany.wisc.edu/courses/botany_130/Eukaryotic_Cell/Cell.html)).

## 2. Bitki Kromozom Mutasyon Testleri

Bitki kromozomları da diğer canlı gruplarında olduğu gibi çeşitli mutajenlere karşı bir takım değişikliklere maruz kalmaktadır. Bu değişiklikler neticesinde kromozomlarda sayısal ya da

yapısal mutasyonlar meydana gelmektedir. Bitkisel organizmalarda kromozomlarda meydana gelen mutasyonları belirleyebilmek için çeşitli testler geliştirilmiştir. Bunlardan en sık kullanılanları kök ucu hücreler testi ve paralelinde mitotik analiz ile mitotik



indeksin hesaplanması, kromozomal anormallik yada anomali olarak ifade edilen kromozomal bozuklukların saptanması testleridir (Acar et al., 2010).

### 2.1. Kök Ucu Hücreleri Testi

Bitkilerin kök uçları mitotik kromozomların gözlenebileceği vejetatif bölgelerden birisidir. Bu sebeple mitotik hücre bölünmelerini gözlemek için bitkilerin kök uçları kullanılmaktadır. Kök uçlarından alınan örnekler mikroskop altında incelendiğinde kromozomlarda herhangi bir mutasyon oluşmuşsa bu durum doğrudan mitoz bölünmenin safhalarına yansımakta ve kromozomal bozukluklar belirlenmektedir. Kök ucu hücreler testi kolay, pratik ve düşük maliyetli olmasından dolayı bitkisel organizmalarda mutajenik etkilerin belirlenmesinde oldukça fazla tercih edilmektedir. Kök ucu hücreler testi; mitoz bölünmenin tüm safhalarının

incelenmesi ve takibinde mitotic indeksin hesaplanması şeklinde gerçekleştirilmektedir (İlhan, D., 2008).

#### 2.1.1. Mitotik Analiz

Bitkilerde meristematik dokular mitoz bölünmenin incelemesi açısından en uygun olan hücreleri içermektedirler. Çünkü meristematik olan bölgeler sürekli olarak bölünebilme yeteneğine sahip olan hücrelerden oluşmaktadır. Bitkilerin kökleri, yaprak ve çiçek gibi hem vejetatif hem de generatif özellikte olan bazı bölgeleri meristematik hücrelere sahiptirler. Kök ucu hücreler testinin de bir parçası olan mitoz bölünme analizi herhangi bir mutajenik ajanın belirlenmesinde mitoz bölünmenin tüm safhalarının detaylı olarak incelenmesini içermektedir. Profaz, metafaz, anafaz ve telefaz safhaları sırasında kromozomların davranışları ya da yapısal değişiklikleri mutajenik ajanın etkisinin ortaya çıkarmaktadır. Bitkilerde mitotik analiz

yapmak amacıyla materyalin hazırlanması 4 aşamada gerçekleştirilmektedir ; Ön İşlem, Fiksasyon, Maserasyon, Boyama. Ön işlem basamağında; İğ ipliklerinin tahrip edilerek kromozomların özellikle metafaz ve sonraki safhalarının gözlemlenmesi sağlanmaktadır. Kromozom yapılarının bozulmaması ve sabit bir şekilde incelenebilmesi için fiksasyon işlemi yapılmaktadır. Mitotik hücreleri inceleyebilmek amacıyla maserasyon adı verilen dokuların yumuşatılması işlemi gerçekleştirilmektedir. En son aşamada ise kromozomlara özgü bazik nitelikte olan boyalar kullanılarak boyama işlemi gerçekleştirilmektedir ve mikroskop altında mitoz bölünmenin safhaları detaylı bir şekilde incelenmektedir (İlhan, D., 2008).

### **2.1.2.Mitotik Aktivitenin Hesaplanması**

Mitotik analiz işlemi takiben kromozomlarda sayım işlemi

gerçekleştirilmektedir. Çünkü kromozomlarda meydana gelen mutasyonun sayısal anlamda mitotik hücrelere yansımalarının boyutu ve mitotik hücrelerin oransal olarak bölünme yüzdelilerindeki değişimin sayısal ifadesi etkinin belirlenmesinde önemli bir rol oynayacaktır. Bu sayım işlemi mitoz öncesinde bölünmeye hazırlık evresinde olan interfaz safhasındaki hücreleri ve mitoz bölünmenin profaz, metafaz, anafaz ve telofaz evrelerini içermektedir. Bölünme gösteren tüm mitotik hücrelerin interfaz safhasında olan bölünmeyen hücrelere oranı mitotik indeks ifadesiyle tanımlanmaktadır. Genel itibariyle yüzde (%) ile ifade edildiğinden 100 ile çarpılarak mitotik indeksin hesaplaması yapılmaktadır. Mitotik indeksin formülü aşağıda verilmiştir (Akı ve Karabay, 2004).

$$\text{Mitotik indeks (\%)} = \frac{\text{Bölünen Hücre Sayısı}}{\text{Toplam Hücre Sayısı}} \times 100$$

## 2.2. Kromozomal Anomaliler Testi

Bitkilerde meristematik hücrelerdeki mitoz bölünme safhası sırasında kullanılan kimyasalların ya da diğer mutajenik ajanların dozajlarına bağlı olarak mitoz bölünmenin safhalarında kromozomlarda meydana gelen deformasyonlar kromozom anomalileri ya da anormallikleri olarak tanımlanmaktadır. Bitkisel organizmalarda en sık rastlanılan kromozomal bozukluklar; anafaz ve telofaz safhasında kalgın kromozomların oluşması, anafaz ve telofaz safhasında ayrılmama durumu, metafaz plağı deformasyonu, anafaz ve telofaz safhasında kutup kayması, telofaz safhasında enine bölünme, anafaz ve telofaz safhasında kromozom kırıklarının oluşması, anafaz ve telofaz safhasında köprü oluşumu, anafaz ve telofaz safhasında tripolar kutup oluşumu, düzensiz profaz safhası şeklinde sıralanabilir. Mutasyona sebep olan

faktörün bitki kromozomlarında daha çok iğ iplikleri yapısını bozduğu ve buna bağlı olarak ta anafaz ve sonrasında telofaz safhasında genel itibariyle bozuklukların olduğu anlaşılmaktadır. Bitkisel organizmaların mutajenik ya da genotoksik etkilerini belirlemek amacıyla kullanılan bu test oldukça hassas ve uygun mutajenik aralığın belirlenmesi açısından oldukça önemlidir (İlhan, D. 2008).

## 2.3. Mikronükleus Testi

Mikronükleus yapısı hücrenin mitoz bölünmesi sırasında nükleusa yakın bölgelerde oluşan ona benzeyen fakat daha küçük olan kromozomal yapılardır (Şekil 3). Bu yapılar çeşitli mutajenik ajanların kromozomlardaki etkilerinin ortaya çıkarılmasında kullanılmaktadırlar. Klastojenite ve anöploidi durumları mikronükleus yapılarının oluşum nedenleri arasında yer almaktadır (Zijno et al., 1994, Ford et al., 1988,

Vanderkerken et al., 1989, Vanparys et al., 1990). Çeşitli çevresel mutajenik etkilere sahip ajanların değerlendirilebilmesi açısından mikronükleus testleri yaygın bir şekilde kullanılmaktadırlar. Yüksek verimli sonuç eldesi, güvenilir ve daha fazla istatistiki analizlere olanak sunması, istatistiki açıdan yüksek örneklem sayısına izin vermesi ve anlamlı sonuçlar vermesinden dolayı kromozomal analizlerden daha başarılı oldukları bilinmektedir (Labay et al., 2001, Majer et al., 2001, Pastor et al., 2001, Schweikl et al., 2001, Hessel et al., 2001, Garewal et al., 1993, Maluf ve Erdtmann., 2001, Schneider et al., 2001, Rozgaj ve Kasuba., 2000, Naccarati et al., 2000). Mikronükleus testleri insanlarda lenfositler, epitel hücreler ve fibroblastlar gibi farklı hücre ve dokularda yapılabildiği gibi (Fenech ve diğ. 2003) bitkilerde de polen ana hücrelerinde

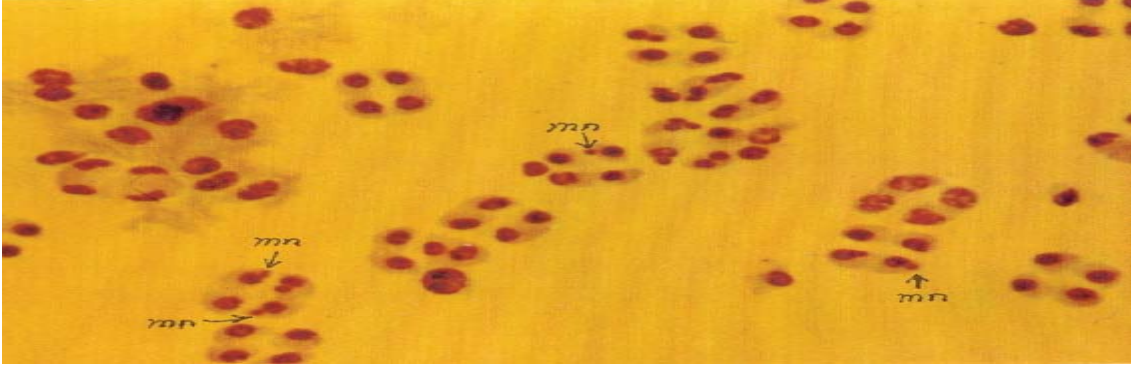
(*Tradescantia* bitkisinde erken tetrad evresinde) ve meristematik özellikte olan kök uçlarında (Soğan, bakla) yapılabilmektedir. Tıpkı *Tradescantia* Stamen Tüyü Mutasyon Testinde olduğu gibi bu test için de birçok amaçla mutajenik görüntüleme yapılabilmektedir. Bunlar; **Sıvı denemeleri için:** Bilinen kimyasal solüsyonlar, bilinmeyen kirletici karışımları.

**Gaz denemeleri için:** Bilinen gazlı kimyasallar, bilinmeyen karışımlar

**İn situ görüntüleme için:** Yüzey suları (ırmak, göl, gölet, haliç), dış ortam havası, iç ortam havası (kapalı alanlar) ve dış ortamdan gelen radyasyon.

**Toprak ekstraktları:** Su çözgeni, organik çözünebilir madde.

**Radyasyon:** İyonize radyasyon ve UV, nötron ve alfa partikülleri şeklinde sıralanabilirler (Ma et al., 1994b).



**Şekil 3.** *Tradescantia* da mayoz bölünmenin tetrad safhasındaki Mikronükleuslar (Ma et al., 1994b)

### Sonuç ve Tartışma

İnsanların da içerisinde olduğu canlılığın sınırları içerisinde ekolojik çevre ile olan etkileşimde çeşitli fiziksel, kimyasal ya da diğer olumsuz etmenlerden öncelikle genetik yapının korunması gerekmektedir. Türlerin çoğalabilmesi ve genetik yapılarını sonraki nesillere sağlıklı bir şekilde aktarabilmesi açısından DNA, kromozom ve gen yapılarının işlevselliğini kaybetmeden görev yapması bu noktada oldukça önemlidir. Genetik materyalde meydana gelebilecek mutasyonlar, popülasyonları da etkileyebilmektedir. Bunun yanısıra insan sağlığının çeşitli karsinojenik etkilerden de korunabilmesi elzem bir

durum haline gelmiştir. Tüm bu sebepler göz önüne alındığında, canlı organizmaların model sistemler kullanılarak değerlendirilmeleri için ve elde edilen sonuçların bilimsel açıdan uygulanabilmesi açısından anlamlı olarak geliştirilen pek çok mutasyon testi bulunmaktadır. Bu testlerin herbirisi yüksek duyarlılıkta olan ve vermiş oldukları sonuçlar bakımından yetkin sayılan testlerdir. Bu testlerin uygulandığı, biyomonitör sistem olarak ta ifade edilebilen bitkiler alemi, canlıların genetik materyallerinde çeşitli faktörlere bağlı olarak meydana gelen değişikliklerin gözlemlenmesinde ve değerlendirilmesinde referans

niteliğindedirler. Dolayısıyla bu canlıların kullanılmasıyla geliştirilen mutasyon testleri de aynı zamanda diğer canlılar açısından da önemli olmaktadır. Literatüre bakıldığında son yıllarda bitkisel organizmalarda mutasyon testlerinin yoğun bir şekilde yapıldığı görülmektedir (Poli et al., 2003; Yi H ve Meng Z, 2003; Minouflet et al., 2005; Wang ve Wang, 1999; Ivanova et al., 2005; Jiang et al., 1998; Duan et al., 1998; Carreas ve diğ., 2006).

Kullanışlı olan çoğu biyoanalizler arasında çevresel mutajenlerin değerlendirilmesinde biyoindikatörler olarak yüksek bitkilere dayanan mutasyon testleri bazı avantajlara sahiptirler. Bu testler genellikle özel yapısal ya da lojistik desteklerden bağımsız olan düşük maliyetli test sistemleridir ve aşırı örnek kullanımına ya da kompleks örnek konsantrasyon prosedürlerine gereksinim göstermezler (Rodrigues, 1999a).

Yapılan bu derlemede, özellikle son yıllarda bitkisel organizmalar için popüler olarak kullanılan bitki gen mutasyon testleri (Klorofil Mutasyonları, Polen Mutasyonları (Mısırdaki Waxy Lokus Mutasyonları), Somatik Mutasyonlar (*Tradescantia* Stamen Tüy Mutasyonu) ve bitki kromozom mutasyon testleri (Kök Ucu Hücreler Testi (Mitotik Analiz ve Mitotik İndeksin Hesaplanması), Kromozomal Anomaliler, Mikronükleus Oluşumları) gibi önemli mutajenite testleri hakkında bilgiler verilmiştir. Bitkisel organizmalar için kullanılan mutasyon testleri genel olarak değerlendirildiğinde, bu testlerin yüksek verimlilikte, düşük maliyette, uygun zaman aralığında ve kullanılan bitkisel organizma açısından hassas oldukları görülmektedir. Elde edilen sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda bu derlemenin daha fazla bitkisel organizma için mutajenite testlerinin optimal koşullarda, hassas ve uygun kullanımına

öncülük edebilmesi açısından referans bir çalışma olabileceği ve bilimsel açıdan destek sunabileceği düşünülmektedir.

#### **Kaynaklar:**

**Acar O, Demirbas S, Ilhan D, Ozdinc N 2010.** The Effects Of Glyphosate Isopropylamine on Mitotic Activity, Superoxide Dismutase and Peroxidase Activities of *Allium cepa* L. Root Tips, Fresenius Environmental Bulletin, vol. 19, pp. 522-525.

**Akı C, Karabay Ü 2004.** Genetik Laboratuvarı Uygulama Kitabı. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Yayınları, No.38, Çanakkale.

**Akı C 2011.** Genel Genetik Kitabı. Kriter Yayınları, Yayın No: 73, ISBN: 978-605-5863-68-5, İstanbul

**Carreas HA, Pignata ML, Saldiva PHN 2006.** In situ monitoring of urban air in Cordoba, Argentina using the *Tradescantia*-micronucleus (Trad-MCN)

bioassay. *Atmospheric Environment*, 40: 7824-7830.

**Duan CQ, Hu B, Wang ZH, Wen CH, Yan SQ, Jiang XH, Wang DK, Li Q, Liang XF 1998.** *Tradescantia* bioassays for the determination of genotoxicity of water in the Panlong River, Kunming, People's Republic of China. *Mutation Research*, 426: 127-131.

**Fenech M, Chang WP, Kirsch-Volders M, Holland N, Bonassi S, Zeiger E 2003.** Human Micronucleus Project. "HUMN Project: Detailed Description of The Scoring Criteria for The Cytokinesis-Block Micronucleus Assay Using Isolated Human Lymphocyte Cultures.", *Mutat Re.*, 534 (1-2): 65-75.

**Ford JH, Schultz CJ, Correll AT 1988.** Chromosome elimination in micronuclei: A common of hypoploidy. *Am J Hum Genet*, 43: 733-40.

**Garewal HS, Ramsey L, Kaugars G, Boyle J 1993.** Clinical experience with

the micronucleus assay. *Cellular Biochem*, 17: 206-12.

**Grant WF, Zinoveva-Stahevitch AE, Zura KD 1981.** Plant genetic test system for the detection of chemical mutagens. In: Stich HF, and San RHC, (Eds) Short term test for chemical carcinogens. Springer-Verlag, New York, Heidelberg, Berlin. 200-216.

**Hessel H, Radon K, Pethran A, Maisch B, Grobmair S, Sautter I 2001.** The genotoxic risk of hospital, pharmacy and medical personnel occupationally exposed to cytostatic drugsevaluation by the micronucleus assay. *Mutat Res*, 497: 101-9.

**Ilhan D, Aki C 2010.** Mutagenicity of Sunset Yellow and Brilliant Black in *Vicia faba* L. and *Allium cepa* L. Fresenius Environmental Bulletin, Vol.19, No:5, pp 769-772.

**Ivanova E, Staikova TA, Velcheva I 2005.** Cytogenetic Testing of Heavy Metal and Cyanide Contaminated River

Waters in a Mining Region of Southwest Bulgaria. *Journal of Cell and Molecular Biology*, 4: 99-106.

**İlhan D 2008.** *Tradescantia pallida* H., *Allium cepa* L., *Vicia faba* L., bitkilerinde bazı genotoksik bileşiklerin genetiksel etkilerinin belirlenmesi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale

**İlhan D, Aki C 2009.** Evaluation of Genetic Effects of Some Genotoxic Compounds in *Tradescantia pallida* H. With Micronucleus and Stamen-Hair Mutation Test. Fresenius Environmental Bulletin, Vol.18, No:10, pp. 1828-1831.

**Jiang YG, Yu ZD, Liu GZ, Chen RZ, Peng GY 1998.** Genotoxicity of water samples from the scenic Lijang river in the Guilin area, China, evaluated by *Tradescantia* bioassays. *Mutation Research*, 426: 137-141.

**Labay K, Ould-Elhkim M, Kles V, Guffroy M, Poul JM, Sanders P 2001.** Effects of griseofulvin in medium-term



- liver carcinogenesis assay and peripheral blood micronucleus test in rat. *Teratog Carcinog Mutagen*, 21: 441-51.
- Ma TH, Cabrera GL, Cebulska-Wasilewska A, Chen R, Loarca F, Vandererg AL, Salamone MF 1994a.** *Tradescantia*-Stamen-Hair-Mutation Bioassay – A Collaborative Study on Plant Genotoxicity Bioassays for the International Program on Chemical Safety, WHO, The United Nations, *Mut. Res.*, 310: 211-220.
- Ma TH, Cabrera GL, Chen R, Gill BS, Sandhu SS, Vanderberg AL, Slamone MF 1994b.** *Tradescantia*-Micronucleus Bioassay – A Collaborative Study on Plant Genotoxicity Bioassays for the International Program on Chemical Safety, WHO, The United Nations, *Mut. Res.*, 310: 221-230.
- Majer BJ, Laky B, Knasmuller S, Kassie F 2001.** Use of the micronucleus assay with exfoliated epithelial cells as a biomarker for monitoring individuals at elevated risk of genetic damage and in chemoprevention trials. *Mutat Res*, 489: 147-72.
- Maluf SW, Erdtmann B 2001.** Genomic instability in Down syndrome and Fanconi anemia assessed by micronucleus analysis and single-cell gel electrophoresis. *Cancer Genet Cytogenet*, 124-5.
- Minouflet M, Ayrault S, Badot PM, Cotelle S, Ferard JF 2005.** Assessment of The Genotoxicity of <sup>137</sup>Cs Radiation Using *Vicia*-Micronucleus, *Tradescantia*-Micronucleus and *Tradescantia*-Stamen-Hair Mutation Bioassays. *Journal of Environmental Radioactivity*, 81: 143-153.
- Naccarati A, Molinu S, Mancuso M, Siciliano G, Migliore L 2000.** Cytogenetic damage in peripheral lymphocytes of mitochondrial disease patients. *Neurol Sci*, 21: 963-5.
- Nilan RA 1978.** Potential of plant genetic system for monitoring and screening

- mutagens. *Environ. Health Perspect.* 27: 181-196.
- Pickrell JK, Reich D 2014.** Toward a new history and geography of human genes informed by ancient DNA. *Trends Genet.* 30(9):377-389.
- Pastor S, Gutierrez S, Creus A, Xamena N, Piperakis S, Marcos R 2001.** Cytogenetic analysis of Greek farmers using the micronucleus assay in peripheral lymphocytes and buccal cells. *Mutagenesis*, 16: 539-45.
- Poli P, Mello MA, Buschini A, Castro VLSS, Restivo FM, Rossi C, Zucchi TMAD 2003.** Evaluation of The Genotoxicity Induced by The Fungicide Fenarimol in Mammalian and Plant Cells by Use of The Single- Cell Gel Electrophoresis Assay. *Mutation Research*, 540: 57-66.
- Redei GP, Acedo GN, Sandhu SS 1984.** Mutation induction and detection in *Arabidopsis*. In Chu, EHY, and Generoso WM (Eds) *Mutation, Cancer and Malformation*, plenum Press, New York, London. 285-314.
- Rodrigues GS 1999a.** Bioensaios de Toxicidade Genetica com Plantas Superiores: *Tradescantia* (MCN, SHM), Milho e Soja. *Embrapa Meio Ambiente, Circular Tecnica 02*. Jaguariuna, 30.
- Rozgaj R, Kasuba V., 2000.** Chromosome aberrations and micronucleus frequency in anaesthesiology personnel. *Arh Hig Rada Toksikol*, 51: 361-8.
- Schairer LA, Santkulis RC, Tempel NR 1981.** Monitoring ambient air for mutagenicity using the higher plant *Tradescantia*. In: Tice RC, Costa DL, Scheich KM (Eds) *Genotoxic effects of airborne Agents*, Plenum Press, New York. 123-140.
- Schneider M, Diemer K, Engelhart K, Zankl H, Trommer WE, Biesalski HK 2001.** Protective effects of vitamins C and E on the number of micronuclei in lymphocytes in smokers and their role in

- ascorbate free radical formation in plasma. *Free Radic Res*, 34: 209-19.
- Schweikl H, Schmalz G, Spruss T 2001.** The induction of micronuclei in vitro by unpolymerized resin monomers. *J Dent Res*, 80: 1615-20.
- Szövényi P, Devos N, Weston DJ, Yang X, Hock Z, Shaw JA, Shimizu KK, McDaniel SF, and Wagner A 2014.** Efficient Purging of Deleterious Mutations in Plants with Haploid Selfing. *Genome Biol. Evol.* 6(5):1238-1252.
- Vanderkerken K, Vanparys P, Verschaeve M, Volders K 1989.** The mouse bone marrow micronucleus assay can be used to distinguish aneugens from clastogens. *Mutagenesis*, 4: 6-11.
- Vanparys P, Vermeiren F, Sysmans M, Temmerman R 1990.** The micronucleus assay as a test for the detection of aneugenic activity. *Mutat Res*, 244: 95-103.
- Vig BK 1975.** Soybean (*Glycine max*): a new test system for study of genetic parameters as effected by environmental mutagens. *Mutation research*. 31: 49-56.
- Wang S, Wang X 1999.** The *Tradescantia*-Micronucleus Test on The Genotoxicity of UV-B Radiation. *Mutation Research*, 426: 151-153.
- Yi H, Meng Z 2003.** Genotoxicity of Hydrated Sulfur Dioxide on Root Tips of *Allium sativum* and *Vicia faba*. *Mutat. Res.*, 537 (1): 109-14.
- Zijno A, Marcon F, Leopardi P, Salvatore G, Carere A, Crebelli R 1994.** An assessment of the in vivo clastogenicity of erythrosine. *Fd Chem Toxic* 32: 159-63.
- (<http://www.nadidem.net/bmk/Genotok04.pdf>), (22.03.2008)
- ([http://botit.botany.wisc.edu/courses/botany\\_130/Eukaryotic\\_Cell/Cell.htm](http://botit.botany.wisc.edu/courses/botany_130/Eukaryotic_Cell/Cell.htm)), (22.03.2008)