

Torpedo EC Pestisitinin Ames Salmonella/Mikrozom Metodu ile Mutajenitesinin Değerlendirilmesi

***Makale Bilgisi / Article Info**

Alındı/Received: 05.01.2025

Kabul/Accepted: 14.03.2025

Yayımlandı/Published: 01.10.2025

Evaluation of Mutagenicity of Torpedo EC Pesticide by Ames Salmonella/Microsome Method

Arzu ÖZKARA* 

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye



© 2025 The Authors | Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 (CC BY-NC) International License

Öz

Bu çalışmada avermektin grubu bir pestisit olan abamektinin ticari formu Torpedo EC'nin Ames/Salmonella mikrozom testi ile mutajenitesinin değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Test *Salmonella typhimurium*'a ait TA98 ve TA100 suşlarında S9 fraksiyonu varlığında ve yokluğunda iki aşamalı olarak yapılmıştır. Uygulanacak dozların belirlenmesi için test maddesinin sitotoksik dozları belirlenmiş ve deney için sitotoksik olmayan 6 farklı test dozu (1000, 800, 400, 200, 100, 50 µg/plak) üç tekrarlı olarak çalışılmıştır. Elde edilen veriler Dunnett-t testi kullanılarak istatistiksel açıdan değerlendirmeye alınmış ve negatif kontrol grubuyla karşılaştırılarak mutajenik aktivite değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışma sonucuna göre, Torpedo EC'nin 1000 µg/plak dozu hem S9 fraksiyonu varlığı hem de yokluğunda TA98 ve TA100 suşları üzerinde mutajenik aktivite gösterdiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Abamektin; Akarisit; Ames Testi; Mutajenite; Torpedo EC

Abstract

In this study, the mutagenicity of Torpedo EC, a commercial form of abamectin, a pesticide from the Avermectin group, was evaluated using the Ames/Salmonella microsome test. The test was performed in two stages on TA98 and TA100 strains of *Salmonella typhimurium* in the presence and absence of S9 fraction. In order to determine the doses to be applied, cytotoxic doses of the test substance were determined and 6 different non-cytotoxic test doses (1000, 800, 400, 200, 100, 50 µg/plate) were studied in triplicate. The obtained data were statistically evaluated using the Dunnett-t test and mutagenic activity was evaluated by comparing with the negative control group. According to the study results, it was determined that Torpedo EC at a dose of 1000 µg/plate showed mutagenic activity on TA98 and TA100 strains both in the presence and absence of S9 fraction.

Keywords: Abamectin; Acaricide; Ames Test; Mutagenicity; Torpedo EC

1. Giriş

Pestisitler, tarımda verimi arttıran, maliyetleri düşüren kimyasal maddeler olup küresel çapta tarımsal üretkenliği büyük ölçüde iyileştirmişlerdir (Savary vd. 2019). Pestisitlerin tarımsal açıdan bu faydalarına rağmen, insanlar ve diğer canlı organizmalar bu kimyasallara çevresel olarak maruz kalmaktadır (WHO 1990). Küresel anlamda pestisit kirliliği sadece akut bir problem olmayıp, artan dünya nüfusu ve buna bağlı olarak ortaya çıkan daha fazla gıda ihtiyacını karşılayabilmek için pestisit kullanımının artmış olması ve zamanla bu tablonun daha da kötüleşebileceği düşünülmektedir (Möhring vd. 2020). Dolayısıyla kullanılan tüm bu pestisitler bulundukları ekosistemlerde hedef olmayan organizmalar üzerinde olumsuz etkiler gösterebilmektedir. Torpedo EC ticari formda bir akarisit olup, etken maddesi avermektin sınıfından bir insektisit ve antihelmintik ajan olan abamektin, örümcek ve akarlar karşı sıklıkla kullanılmaktadır. Ayrıca bu pestisit avokado, ceviz, elma, badem, narenciye, mısır, pamuk, üzüm, domates ve

kabakgillerde tohum muamelesi ile nematisit olarak kullanımı da mevcuttur. Abamektinin GABA reseptörleri üzerinde etki gösterdiği bilinmektedir (Bağdatlı 2024). Günümüzde farklı amaçlarla yaygın olarak kullanılan pestisitlerin bulundukları ekosistemlerde birikmeleri, uzun yıllar bu çevrede kalmaları sebebiyle bu pestisitlere maruz kalan, doğrudan bu pestisit hedefi olmayan organizmalar üzerindeki etkilerinin araştırılması oldukça önem taşımaktadır. Daha önce yapılmış bazı araştırmalar farklı pestisitlerin çeşitli biyolojik test sistemlerinde mutajenik ve klastojenik olduğunu göstermiştir (Moulas vd. 2013, Akyl 2021, Özkara 2022).

Pestisitler tarımda ürün verimliliğinin artırılmasında vazgeçilmez bir unsur haline gelmiş olmakla birlikte, bulundukları ekosistemlerde hedef olmayan organizmalar üzerinde zararlı etkileri daha önceki çalışmalarla tespit edilmiş olup, çevresel kirlilik bakımından da önemli bir yük oluşturmaktadır. Dolayısıyla tarımda yaygın olarak kullanılan bu kimyasalların güvenilirliğinin ve potansiyel risklerinin değerlendirilmesi günümüz bilimsel çalışmaları

arasında önemini korumaya devam etmektedir. Bu nedenle yapılan bu çalışma ile abamektin etken maddesinin ticari formu olan Torpede EC'nin Ames/Salmonella mikrozom testi kullanılarak potansiyel mutajenik etkisinin araştırılması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Kullanılan Kimyasallar ve Test Suşları

Yapılan çalışmada, *Salmonella typhimurium*'a ait iki farklı suş (TA98 ve TA100) kullanılmıştır (Maron ve Ames 1983) ve bu suşlar Prof. B. N. Ames'ten (California Üniversitesi, Berkeley) elde edilmiştir. Bu suşlardan TA98 mutajenik ajanların sebep olduğu çerçeve kayması mutasyonlarını belirlerken TA100 suşu ise baz çifti mutasyonlarını belirlemektedir. Çalışmada bir akarisit olan ve abamektin etken maddesini içeren Torpedo EC'nin ticari formu Afyonkarahisar'da lokal olarak zirai ilaç satan bir marketten temin edilmiştir. Yine çalışmada S9'lu deneyi yapmak için kullanılan S9 fraksiyonu da ticari olarak temin edilmiştir (Sigma-Aldrich-S2067).

2.2. Metot

2.2.1. Sitotoksik Dozun Belirlenmesi ve Deneyin Uygulanması

Deneyde kullanılacak dozları belirlemek için öncelikle bileşiğin toksik olmayan dozları Dean ve arkadaşlarının (Dean vd. 1985) yöntemine göre tespit edilmiş ve sitotoksik olmayan 6 farklı dozu test edilmiştir. Bu kimyasalın, hem TA98 hem de TA100 suşları için ilk önce öldürücü dozunun belirlenmesi amacıyla 2 ml'lik top agara her bir suş için 100 µl'lik bakteri kültürü ile farklı dozlardaki test maddesinin 100 µl'si ilave edilmiştir. Elde edilen bu karışım daha sonra nutrient agar içeren üç farklı plağa eklenerek, 24 saat süre ile 37°C'de inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresi sonunda petri plaklarındaki koloniler sayılarak ortalama koloni sayısı tespit edilmiş ve negatif kontrol grubu işe karşılaştırılarak toksik olan ve olmayan dozlar belirlenmiştir. Mutajenik potansiyel değerlendirme çalışmalarında toksik dozun altındaki 6 farklı dozla deney gerçekleştirilmiştir.

Torpedo EC için belirlenen 6 farklı test dozu (1000, 800, 400, 200, 100, 50 µg/plak) deney sırasında taze bir şekilde steril distile su kullanılarak hazırlanmıştır. Çalışmada kullanılacak olan iki farklı (TA98 ve TA100) Mortelmans ve Zeiger (2000)'a göre belirlenmiştir. Mutant bakteri suşlarının spontan his- durumundan his+ durumuna dönüşmesi ancak belirli sınırlar içinde gerçekleşmektedir ve bu sınırlar suşlar için farklılık göstermekte olup TA98 için ise 25-50 revertant/plak, TA100 için ise 75-200 revertant/plaktır. Yapılan ön çalışma ile suşlara ait değerler bu sınırlar içinde bulunmuş ve suşların

kullanılabilirliği çalışma öncesinde doğrulanmıştır. Çalışma Ames standart plak inkorporasyon testi ile *Salmonella typhimurium*'un iki farklı (TA98 ve TA100) suşu kullanılarak metabolik aktivasyon varlığında ve yokluğunda olmak üzere iki aşamalı olarak yapılmış olup çalışma Maron ve Ames (1983) metoduna göre gerçekleştirilmiştir. Her bir doz ve kontrol grupları için deneyler 3 tekrarlı olarak planlanmış ve birbirinden bağımsız iki deney gerçekleştirilmiştir. Deney sırasında kullanılan pozitif kontrol grupları suşlara uygun olarak seçilmiş negatif kontrol grubu için distile su kullanılmış ve elde edilen sonuçlar negatif kontrol grubu ile karşılaştırılmıştır.

2.3. Plak İnkorporasyon Testinin Uygulanması

Torpedo EC'nin mutajenik aktivitesini değerlendirmek için 1000, 800, 400, 200, 100, 50 ve 25 µg/plak olarak belirlenen 6 farklı doz *S. typhimurium*'un TA98 ve TA100 suşları kullanılarak, S9 karışımı varlığında/yokluğunda plak inkorporasyon metodu uygulanmıştır (Maron and Ames 1983).

Ames testi için suşlar, 16 saat süre ile 37 °C'de çalkalamalı inkübatörde bekletilmiştir. S9 fraksiyonu varlığında 45°C'lik sıcak su banyosunda hazır halde bekletilen 2 ml top agar olan deney tüplerine sırasıyla 100 µl bakteri suşları ve 100 µl pestisit farklı dozları ve içine 500 µl S9 karışımı eklenmiş, bu karışım vortekslenerek homojen bir karışım elde edildikten sonra minimal glukoz agar plaklarına ekilerek sıvı eşit bir biçimde petri plağına dağıtılmış, agar donduktan sonra inkübatörde 48-72 saat süre ile 37 °C'de inkübe edilmiştir. Uygulamaya paralel olarak negatif ve pozitif kontrol grupları da çalışılmıştır. Süre sonunda geri dönen koloniler sayılarak tekrar gruplarının ortalamaları alınmıştır. Elde edilen sonuçlar negatif kontrol grubu ile istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır.

S9 fraksiyonu yokluğunda ise yine sıcak su banyosunda bekletilen 2 ml top agar olan deney tüplerine sırasıyla 100 µl bakteri suşları ve 100 µl pestisit farklı dozları ilave edilmiş bu karışım vortekslenerek minimal glukoz agar plakları üzerine dökülerek homojen bir dağıl sağlandıktan sonra karışımın donması beklenmiş donduktan sonra 37°C'de 48-72 saat kadar inkübe edilmiştir. Negatif ve pozitif kontrol grupları kullanılmış, çalışmalar üç tekrarlı olacak birimde ve birbirinden bağımsız iki deney halinde yürütülmüştür. Sayımlar S9 fraksiyon varlığında olduğu gibi gerçekleştirilmiştir.

2.4. İstatistiksel Analiz

Torpede EC'nin mutajenitesini değerlendirmek için yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar SPSS 18.0 for

Windows paket programı ile Dunnett-t testi (2 yönlü) uygulanarak değerlendirilmiş ve verilerin ortalamaları arasındaki farklılıklar $p<0.05$ düzeyindeki hesaplanmıştır.

3. Bulgular

Yapılan çalışma ile Torpedo EC'nin 6 farklı dozu (1000, 800, 400, 200, 100, 50 ve 25 µg/plak) Ames testi ile çalışılmıştır. Sonuçlar değerlendirilirken uygulanan her bir doz negatif kontrol grubuyla karşılaştırılır ve kontrol grubunda elde edilen koloni sayılarının iki katına çıkan değerler mutajenik olarak kabul edilir. Elde edilen değerler iki katına çıkmaz ancak doza bağlı bir artış gösterirse o zaman test maddesinin zayıf mutajenik aktiviteye sahip olduğu kabul edilir. Deneyden elde edilen

sonuçlar Çizelge 1'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında her iki suş içinde hem S9 fraksiyonu varlığında hem de yokluğunda son uygulama dozu olan 1000 µg/plak'lık uygulama grubunda mutajenik aktivite göstermiştir. Ayrıca kendiliğinden mutasyon oranında iki suşta da doza bağlı önemli bir artış göstermiştir.

Çalışmada elde edilen sonuçlara bakıldığında pozitif kontrol grubu dışında en yüksek geri dönen koloni sayısı TA100 suşunda S9 fraksiyonu varlığında 1000 µg/plak'lık uygulama grubunda 328.74 ± 9.34 olarak tespit edilmiştir. En düşük geri dönen koloni sayısı ise TA98 suşunda 50 µg/plak'lık uygulama grubunda 47.23 ± 3.76 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 1. Torpedo EC pestisitinin *S. typhimurium* TA98 ve TA100 suşları ile S9 fraksiyonu varlığında ve yokluğunda mutajenik aktivitesi.

Madde	Doz (µg/plak)	Revertant Sayısı Aritmetik Ortalama± Standart Sapma			
		TA98		TA100	
		- S9	+ S9	- S9	+ S9
Torpedo EC	1000	$96.12\pm3.36^*$	$158.32\pm6.37^*$	$167.13\pm7.53^*$	$328.74\pm9.34^*$
	800	81.25 ± 5.52	127.63 ± 5.72	139.45 ± 6.87	263.62 ± 14.42
	400	78.61 ± 4.88	121.95 ± 5.02	130.17 ± 4.56	249.36 ± 9.89
	200	69.98 ± 5.12	97.68 ± 5.56	94.09 ± 5.12	203.94 ± 8.38
	100	53.78 ± 4.11	81.48 ± 4.26	88.37 ± 5.89	179.26 ± 7.91
	50	47.23 ± 3.76	77.92 ± 6.15	78.34 ± 5.95	168.18 ± 6.99
Negatif Kontrol (dH ₂ O)	100	43.22 ± 2.24	67.24 ± 8.92	74.12 ± 9.24	158.12 ± 9.12
SA	10			$2798.96\pm38.26^*$	
2AA	5				$2463.35\pm29.42^*$
2AF	200		$1235.34\pm11.58^*$		
NPD	200	$1422.13\pm38.12^*$			

*Kontrol grubuna göre revertant sayısı $p<0,05$ düzeyinde anlamlı) *:mutajen, NPD: 4-nitro-o-fenilendiamine, SA: Sodyum azid, 2AF: 2-aminofluorene, 2AA: 2-aminoanthracene

4. Tartışma

Torpedo EC ticari formda bir akarisit olup, etken maddesi Avermectin sınıfından bir insektisit ve antihelmintik ajan olan abamektin, örümcek ve akarlar karşı sıklıkla kullanılmaktadır (Bağdatlı 2024). Avermectin ilk olarak 1970'lerde *Streptomyces avermectinus*'tan izole edilmiş ve potansiyel antihelmintik aktivitesi nedeniyle bilim camiasında büyük ilgi uyandırmıştır (Burg vd. 1979). O zamandan beri, Avermectin grubuna ait birkaç başka makrosiklik lakton tanımlanmış olup bunlar arasında ivermectin, doramektin, abamektin, emamektin ve eprinomectin (Oliveira vd. 2016) yer almaktadır. Abamektin'in GABA reseptörleri üzerinde etki gösterdiği bilinmekte olup örümcek ve akarlar haricinde; avokado, ceviz, elma, badem, narınciye, mısır, pamuk, üzüm, domates ve kabakgillerde tohum muamelesi ile nematisit olarak kullanımı da mevcuttur (Bağdatlı 2024).

Pestisit kullanımı, verimi artırmış, tüm dünyada tarımsal üretkenliği büyük ölçüde iyileştirmiş ve üretim

malietlerini düşürmüştür (Savary vd. 2019). Pestisitler sadece tarım arazilerinde değil, demiryolları kenarlarında, özel bahçelerde, ve diğer kamusal alanlarda da kullanılmaktadır (Grube vd. 2011). Ancak başta tarım ve veterinerlik alanlarında bilinçsizce kullanımları çevre, insan ve hayvan sağlığı için potansiyel bir risk taşımaktadır (Zhu vd. 2013). Dolayısıyla pestisitlerin faydaları her ne kadar muazzam olmasa da, insanlar ve diğer tüm canlı organizmalar çevrede bu kimyasallara sıklıkla maruz kalmaktadır (WHO 1990). Çünkü bu kirleticiler bulundukları tüm ortamlarda hem çevreye hem de çevrede bulunan hedef olmayan diğer organizmalara zarar vermektedir (Özkara 2024). Çevrede kalıcı kimyasal maddelerin varlığı ve bunların tüm canlılar üzerindeki etkileri ciddi anlamda küresel bir endişe yaratmıştır (Özkara vd. 2016). Dolayısıyla pestisitlerin risklerinin hafife alınmaması gerekmektedir. Yapılan son çalışmalar ile ülkeler artık bu tehlikenin farkına varmış durumdadır. Pestisitlerin kar/zarar oranları belirlenerek gerekli durumlarda kullanımdan kaldırıldıkları görülmektedir

(Özkara 2024). Dolayısıyla pestisitlerin son yıllarda artan kullanımları ve bilinçsiz bir şekilde uygulanmaları bu maddelerin mutajenik/genotoksik herhangi bir etkiye sahip olup olmadıkları sorusunu akla getirmektedir. Bu nedenle pestisitlerin hedef dışı canlılar üzerindeki olası etkilerini incelemek amacıyla son yıllarda bu konuda pek çok sayıda araştırma yapılmaktadır.

Dr. Bruce Ames tarafından literatüre kazandırılmış olan Ames testi farklı kimyasal maddelerin mutajenik aktivitelerinin belirlenmesinde sıklıkla kullanılan; ekonomik, güvenilir, geçerliliği yüksek, kısa süreli ve mutajen-karsinojen etkisi en iyi bilinen bir bakteriyel test sistemidir (Maron ve Ames 1983). Bu testte, farklı kimyasal maddelerin mutajenik etkilerini değerlendirmek için *Salmonella typhimurium* LT2 atasal suşundan çeşitli *in vitro* mutasyonlarla elde edilmiş bakteriyel mutantlar (TA98, TA100, TA102, TA1535 ve TA1537 gibi) kullanılmaktadır (Maron ve Ames 1983). Bu öze suşlarda histidin sentezlenmeden koloni oluşumu gerçekleşemez. Suşlar şüpheli kimyasalla muamele edildikten sonra, histidin üretebilmekte ve koloni oluşturmak üzere çoğalmaktadırlar (Maron ve Ames 1983, Kumar vd. 2013). Çalışmada kullanılan Torpedo EC'nin 6 farklı dozuyla gerçekleştirilen Ames testi, kullanılan her iki suş için de en yüksek doz olan 1000 µg/plak konsantrasyonunda mutajenik aktivite göstermiştir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında TA98 suşunda Torpedo EC'nin mutajenitesinin çerçeve kayması mutasyonlarından, TA100 suşunun mutajenitesinin ise baz değişiminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü TA98 suşu, hisD3052 alelinde -1 delesyonundan oluşan çerçeve kayması mutasyonlarına sahiptir ve bu alel, ancak çerçeve kayması mutajenleri tarafından geri döndürülebilir. TA100 suşunda ise baz çifti değişimi sonucunda hisG46 aleli, vahşi tip CTC kodonu (prolin) yerine bir CCC kodonundan (lösin) oluşmaktadır. Bu mutasyon ise G-C çiftlerinde baz değişimine neden olan farklı mutajenler tarafından geri döndürülebilir (Di Sotto vd. 2008).

Geçmişten günümüze avermectin grubuna dahil farklı pestisitler ve farklı model organizmalar üzerinde çok sayıda mutajenik aktivite değerlendirme çalışmaları yapılmıştır. İli ve Sarı (2024) yaptıkları çalışmada ticari pestisit formülü alopec EC'nin aktif bileşeni olan abamectinin toksisitesini, *Allium cepa* ve komet testi kullanılarak değerlendirmişlerdir. Kök büyüme testinde, abamectin maruziyetinden sonra kök büyümesinde konsantrasyona dayalı önemli bir düşüş göstermiştir. Çalışmada araştırmacılar 3 farklı konsantrasyonda abamectine (1.25, 2.50 ve 5.00 mg/L) 96 saat maruziyetten sonra DNA hasarında bir artışla birlikte mitotik indekste konsantrasyona ve zamana bağlı önemli

bir azalma olduğunu göstermişlerdir. Yaptığımız çalışmada bu çalışmaya paralel olarak 1000 µg/plak dozunun benzer şekilde mutajenik aktivite sergilediği gösterilmiştir. Yine Kalefetoğlu Macar (2021) tarafından yürütülen çalışmada abamectinin farklı dozlarının (0.025, 0.050 ve 0.100 ml/L) *Allium cepa* L. üzerinde neden olduğu sitotoksosite ve genotoksositeyi araştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre abamectinin artan dozları çimlenme oranında, ağırlık kazanımında ve kök uzamasında dikkate değer azalmalara neden olmuştur. Ayrıca abamectin kaynaklı genotoksosite nedeniyle mitotik indeks düşerken, mikronükleus, fragman, yapışkan kromozom, kromatinin eşit olmayan dağılımı, köprü, vakuol çekirdeği, çekirdek hasarı ve çok kutuplu anafaz olarak listelenen kromozomal anormallikler tespit edilmiştir. Bu bağlamda çalışmadan elde edilen veriler abamectinin hedeflenmeyen organizmalarda çeşitli sitotoksik ve genotoksik etkilere sahip riskli bir pestisit olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca Ahmed (2014) geniş spektrumlu (Abamectin+Emaamectin benzoat) pestisit sitotoksik ve genotoksik etkisini *Allium cepa* L. testi kullanılarak değerlendirmiş ve soğan kökleri 24 saat boyunca 10 farklı konsantrasyonda (0, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 ve 1 ml.L⁻¹) pestisite maruz bırakılmıştır. Araştırmacı çalışmada kullanılan Abamectin+Emaamectin benzoat'ın, potansiyel olarak mahsuller üzerinde sitotoksik ve genotoksik etkilere neden olabileceğini ve nihayetinde biyotaya ve insan sağlığına zarar verebileceğini göstermiştir. Mobeen ve arkadaşları emamectin benzoat'ın ticari olarak kullanılan formülasyonlarının (Tycon 1.9% EC ve Tycon artı %5 EW) toksik etkilerini değerlendirmek için albino sıçanlar, tavşanlar ve balıklarda (*Labeo rohita*) akut toksisitesini değerlendirmişler ayrıca genotoksosite için sıçanlarda cemet ve kemik iliği mikronükleus testi ile araştırmışlar yine *Salmonella typhimurium* TA98 ve TA100'de *in vitro* olarak ames testi gerçekleştirmişlerdir. Test edilen emamectin benzoat formülasyonlarının orta derecede toksik (oral LD50: 122-168 mg/kg), tavşanlarda şiddetli göz tahrişine neden olduğu, balıklar için oldukça toksik (LC50: 9-43 µg/L) olduğu ve mutajenik olmadığı bulunmuştur. *Salmonella typhimurium* TA98 ve TA100'de *in vitro* mutajenite test edilmiş ve test edilen tüm konsantrasyonlarda (500, 1500 ve 3000 µg/plak) geri dönen koloniler olmasına rağmen istatistiksel olarak herhangi bir mutajenik aktivite göstermemiştir. Ancak komet testi sonuçlarına göre bu pestisit genotoksik aktivite gösterdiği tespit edilmiştir. Hücrelerdeki yüksek ROS seviyesi, proteinler, zarlar, lipitler ve nükleik asitler dahil olmak üzere hücre yapıları için önemli bir hasar aracısı olabilir (Poli ve ark. 2004). Yapılan bu çalışmaların sonucunda avermectin grubu pestisitlerin oluşturduğu

DNA hasarının muhtemel ROS seviyesinin artış göstermesinden kaynaklanabileceği söylenebilir.

Tüm bu çalışmalar göstermiştir ki kimyasal maddelerin genotoksik etki gösterip göstermemeleri farklı etkenlere bağlı olarak değişik sonuçlar göstermektedir. Özellikle Ames testinde uygulanan kimyasalın bakteri hücre duvarını aşmış olması bu kimyasalın doğrudan DNA ile etkileşime gireceğini garantisini vermemektedir. Bu nedenle, uygulanan kimyasal madde hücre içerisine girmiş olsa bile DNA ile herhangi bir etkileşim gerçekleşmeyebilir. Bu koşullarda DNA ile bağlantıya geçmemiş herhangi bir ajanın mutajenitesinden bahsedilemez (Kayaalp 1995). Yine pestisitlerin vücuda giriş yolları, pestisite temas süresi, yağda çözünürlük oranı ve maddenin vücutta hidroliz olma şekli gibi birçok farklı neden de yine toksisite üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olmaktadır (Namba vd. 1972, Vural 1996). Tüm bunların dışında uygulanan kimyasal maddelerin kimyasal niteliği, yapısında bulunan halkalar, bağlanma konumları, yan zincirler, grup sayıları ve pozisyonları maddelerin mutajenik aktivitelerini etkileyen diğer faktörler arasındadır (Öztaş 2005). Tüm bu değişkenler göz önünde bulundurulduğunda herhangi bir kimyasal maddenin mutajenitesini belirleyebilmek için pek çok değer gözden geçirilmesi gerekmektedir. Tüm bu farklılıklar bu kimyasal maddelerin farklı potansiyel mutajenik etkilerini oluşturmada katkı sağlamaktadır.

Sonuç olarak, abamektinin ticari formlarından biri olan Torpedo EC'nin mutajenik aktivitesi ames testi ile araştırılmıştır. Hem TA98 hem de TA100 suşunda S9 fraksiyon varlığı ve yokluğunda uygulanan bu maddenin 1000 µg/plak dozunda mutajenik olduğu belirlenmiştir. Ames testi sadece bir bakteriyel test sistemi olmayıp, ökaryotik canlılar üzerinde de fikir sahibi olmamızı sağlayacak S9 fraksiyonu uygulaması ile oldukça güvenilir bir test sistemidir. Günümüzde artan pestisit kullanımının hedef olmayan organizmalar üzerindeki muhtemel toksik etkilerinin değerlendirilmesi her geçen gün önem arz eden bir konu haline gelmektedir. Elde ettiğimiz veriler sonucunda Torpedo EC belirli bir dozda mutajenik etki göstermiştir ancak daha güvenilir sonuçlar için bu ticari formun farklı test sistemleriyle de değerlendirilmesi önem gerekmektedir.

Etik Standartlar Bildirgesi

Bu çalışma tüm etik standartlara uygun olarak tasarlanmıştır.

Yazarlık Katkı Beyanı

Yazar: Araştırma, Kavramsallaştırma, Deneysel tasarım, Analiz ve yorumlama, Kaynak sağlama, Yazma/orijinal taslak, Yazma/inceleme ve düzenleme, Görselleştirme

Çıkar Çatışması Beyanı

Bu makale ile ilgili çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Verilerin Kullanılabilirliği

Bu çalışmada analiz edilen ve elde edilen tüm değerler yayınlanan bu makaleye dahil edilmiştir.

Kaynaklar

- Ahmed, F.A.W., 2014. Cytotoxic and genotoxic potency screening of WIDE-SPEC pesticide on *Allium cepa* L. root meristem cells. *Journal of Natural Sciences Research*, **4**(24).
- Akyıl, D., 2021. Potential mutagenicity of Udimo 75 WG herbicide in *Salmonella typhimurium* with Ames test. *Afyon Kocatepe University Journal of Science and Engineering*, **21**, 1016-1021.
<https://doi.org/10.35414/akufemubid.891586>
- Bağdatlı, S., 2024. Zebra Balıklarında Abamektin Üreme Toksisitesi: Histolojik Yönden İncelenmesi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Haziran 2024.
- Burg, R.W., Miller, B.M., Baker, E.E., Birnbaum, J., Currie, S.A., Hartman, R., ... & Ömura, S., 1979. Avermectins, new family of potent anthelmintic agents: producing organism and fermentation. *Antimicrobial agents and Chemotherapy*, **15**(3), 361-367.
- Dean, B.J., Brooks, T.M., Hodson-Walker, G. and Hutson, D.H., 1985. Genetic toxicology testing of 41 industrial chemicals. *Mutation Research*, **153**, 57-77.
- Di Sotto, A., Evandri, M.G. and Mazzanti, G., 2008. Antimutagenic and mutagenic activities of some terpenes in the bacterial reverse mutation assay. *Mutation Research*, **653**, 130-133.
- Grube, A. H., Donaldson, D., & Kiely, T., 2004. *Pesticides industry sales and usage: 2000 and 2001 market estimates* (p. 114). Washington, DC, USA: Biological and Economic Analysis Division, US Environmental Protection Agency.
- İli, P., & Sari, F., 2024. Evaluation of the cytogenetic and genotoxic effects of an abamectin-based pesticide on *Allium cepa* roots. *Archives of Biological Sciences*, **76**(4), 477-490.
- Kalefetoğlu Macar, T., 2021. Investigation of cytotoxicity and genotoxicity of abamectin pesticide in *Allium cepa* L. *Environmental Science and Pollution Research*, **28**, 2391-2399.
- Kayaalp, O., 1995. Tıbbi Farmakoloji. Hacettepe Taş Yayınları, Ankara.
- Maron, D.M. and Ames, B.N., 1983. Revised methods for the *Salmonella* mutagenicity test. *Mutation Research*, **113**, 173-215.
- Mobeen, A., Khan, Q. M., Ishrat, I., Awan, F. R., & Mansoor, S., 2022. Toxicity assessment of emamectin benzoate and its commercially available formulations in Pakistan by in vivo and in vitro assays. *Food and Chemical Toxicology*, **165**, 113139.

- Mortelmans, K. and Zeiger, E., 2000. The Ames Salmonella/microsome mutagenicity assay. *Mutation Research*, **445**, 29–60.
- Moulas, C., Petsoulas, C., Rousidou, K., Perruchon, C., Karas, P., & Karpouzas, D.G., 2013. Effects of systemic pesticides imidacloprid and metalaxyl on the phyllosphere of pepper plants. *BioMed Research International*, 2013(1), 969750.
- Möhring, N., Ingold, K., Kudsk, P., Martin-Laurent, F., Niggli, U., Siegrist, M., ... & Finger, R., 2020. Pathways for advancing pesticide policies. *Nature Food*, **1(9)**, 535-540.
- Namba, T., Nolte, C., Jackrel, J. and Grob, D., 1972. Poisoning due to organophosphate insecticides, acute and chronic manifestations. *The American Journal of Medicine*, **50**, 475-492.
- Oliveira, R., Grisolia, C.K., Monteiro, M.S., Soares, A.M., & Domingues, I., 2016. Multilevel assessment of ivermectin effects using different zebrafish life stages. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, **187**, 50-61.
- Özkara A., Ciğerci İ.H., Akyıl D., 2024, Bölüm 2: Pestisitlerin Su Ekosistemi Üzerinde Etkileri, Biyolojide Güncel Çalışmalar, Ed. Nurşen ÇÖRDÜK, e-ISBN: 978-2-38236-731-5, Livre de Lyon, 2024.
- Özkara, A., 2022. Assessment of mutagenic activity of karate zeon pesticide by Ames Test. *Afyon Kocatepe University Journal of Sciences and Engineering*, **22**, 465-469.
<https://doi.org/10.35414/akufemubid.1069842>.
- Özkara, A., Akyıl, D. ve Konuk, M., 2016. Pesticides, environmental pollution, and health. İçinde M. Larramendy & S. Soloneski (Ed.), *Environmental Health Risk—Hazardous Factors to Living Species*. InTech.
<https://doi.org/10.5772/63094>.
- Öztaş, E., 2005. Bazı 9-sübstitüe fenantren türevlerinin mutajenik aktivitelerinin Ames/Salmonella/Mikrozom Testi ile Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 74.
- Poli, G., Leonarduzzi, G., Biasi, F., and Chiarpotto, E., 2004. Oxidative stress and cell signalling. *Current Medicinal Chemistry*, **11(9)**, 1163-1182.
- Savary, S., Willocquet, L., Pethybridge, S. J., Esker, P., McRoberts, N., & Nelson, A., 2019. The global burden of pathogens and pests on major food crops. *Nature Ecology & Evolution*, **3(3)**, 430-439.
- Vural, N., 1996. Toksikoloji. Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara. 344-363.
- WHO: Public Health Impacts of Pesticides Used in Agriculture. WHO in Collaboration with the United Nations Environment Programme. World Health Organization, Geneva, 1990.
- World Health Organization & United Nations Environment Programme (Ed.). (1990). Public health impact of pesticides used in agriculture. World Health Organization.
- Zhu, W. J., Li, M., Liu, C., Qu, J. P., Min, Y. H., Xu, S. W., & Li, S., 2013. Avermectin induced liver injury in pigeon: mechanisms of apoptosis and oxidative stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **98**, 74-81.