

Adil Denizli

Gölsu Őener

Erdoğan Özgür

Hacettepe Üniversitesi Kimya Bölümü  
Hacettepe Üniversitesi Nanoteknoloji ve  
Nanotıp Ana Bilim Dalı

# Zararlarına rağmen vazgeçilemeyen tarım ilaçları: Pestisitler



**Pestisitler yıkandıktan sonra bile yiyeceklerimizde bulunabilir,  
vücudumuzda yıllarca kalabilir,  
rüzgâr ve suyla kilometrelerce uzağa taşınabilir.**

**P**estisitler, zararlı organizmaları öldürmek ve kontrol altına almak için kullanılan kimyasal maddelerdir. Kullanım amacına göre insektisit (böceklerle karşı), herbisit (yabani otlara karşı), fungusit (mantarlara karşı), bakterisit (bakterilere karşı), rodentisit (kemirgenlere karşı), akarisit (akarlara karşı), algisit (algilere karşı) olarak sınıflandırılırlar.

Pestisitlerin çok eskiden beri kullanıldığı biliniyor. Sümerler yaklaşık 4500 yıl önce insektisit, Çinliler ise 15. yüzyılda bahçe zararlılarına karşı civa ve arsenik kullanmış. 19. yüzyıldan itibaren kimya endüstrisindeki gelişmelere paralel olarak, farklı türde kimyasal maddeler pestisit olarak daha fazla kullanılmaya başlanmıştır. II. Dünya Savaşı esnasında bilimsel araştırmalar pestisitlerden biyolojik silah üretimine yönelmiş. Bu da pek çok sentetik pestisitün üretimine neden olmuş. 1940'lı yıllardan itibaren pestisit kullanımını hızla artmış. DDT (Diklorodifenil trikloroetan), aldrin ve dieldrin, endrin kullanılan sentetik pestisitlerden bazılarıdır. DDT, östrojenik olduğu ve besin zincirinin tepesinde birikerek memelilerde ve kuşlarda üreme sistemini etkilediği bildirilene kadar en yaygın kullanılan pestisitlerden biriydi.



Pestisitler tarımsal ürünlerin kalitesini ve üretim verimini artırmak için kullanılıyor. Ekonomik oluşu, işgücü tasarrufu sağlaması, zararlıların sebep olduğu olumsuz etkileri engellemesi veya azaltması pestisit kullanımını cazip hale getiriyor.

Çevre Koruma Örgütü (EPA) tarafından yayımlanan rapora göre dünya genelinde toplam pestisit kullanımı 2006 yılında 2,357 milyar ton, 2007 yılında 2,363 milyar ton olmuş. Bunun mali karşılığı ise 2006 yılı için 35,814 milyar dolar, 2007 yılı için de 39,443 milyar dolar. Tabloda da belirtildiği gibi %40'lık bir payla herbisitler birinci sırada, onun ardından %29 ile insektisitler ve %22 ile fungusitler geliyor.

2006-2007 Yıllarında Dünya Pestisit Tüketimi

Yıl ve Pestisit Türü	Dünya Pazarı		Dünya Pazarı	
	Milyar Dolar	%	Milyon Kg	%
<b>2006</b>				
Herbisitler	14,247	40	915,35	39
Insektisitler	10,259	29	433,13	18
Fungusitler	7,987	22	235,41	10
Diğer	3,320	9	773,37	33
<b>Toplam</b>	<b>35,814</b>	<b>100</b>	<b>2357,32</b>	<b>100</b>
<b>2007</b>				
Herbisitler	15,512	39	950,73	40
Insektisitler	11,158	28	404,60	17
Fungusitler	9,216	23	234,96	10
Diğer	3,557	9	773,37	33
<b>Toplam</b>	<b>39,443</b>	<b>100</b>	<b>2363,67</b>	<b>100</b>

## Pestisitlerin İnsan Sağlığına Etkileri

Zararlıların bertaraf edilmesi amacıyla üretilen pestisitlerin bilinçsiz kullanımı, insan sağlığını ve çevreyi tehdit eden pek çok olumsuz etkiyi de beraberinde getiriyor. Çok farklı pestisit türü bulunduğu için pestisitlerin canlı organizmalar üzerindeki etkileri hakkında genelleme yapmak hayli zor. Ancak çevre sularına karışan pestisit kalıntılarının, olumsuz etkilerin temel kaynağı olduğu biliniyor. Yasaklanmış zehirli kimyasal maddelerin kullanımı, yanlış uygulama teknikleri, bakımsız ve uygun olmayan püskürtme cihazlarının kullanımı, yetersiz depolama uygulamaları ve eski pestisit kaplarının gıda ve su depolamak için yeniden kullanımı pestisitlere maruz kalma riskini artırıyor. Bu kimyasal maddelere maruz kalınmasının kardiyovas-

WHO Sınıflandırmasına Göre Pestisitlerin Kısa Süreli Zehirlilik Miktarları

Sınıflandırma	LD50 farelerde (mg/kg)			
	Oral		Dermal	
	Katı	Sıvı	Katı	Sıvı
Son derece tehlikeli	<5	<20	<10	<40
Hayli tehlikeli	5-50	20-200	10-100	40-400
Orta derecede tehlikeli	50-500	200-2000	100-1000	400-4000
Az tehlikeli	>501	>2001	>1001	>4001
Kısa süreli tehlike görülmesi olası değil	>2000	>3000	-	-

\*LD50: Toksik bir maddenin ortalama öldürücü dozu

küler sinir sisteminde, duyu organlarında, solunum sisteminde (akciğer fonksiyonunu azaltarak) olumsuz etkilere sebep olduğu biliniyor. Cilt iltihaplanması (dermatitis), baş ağrısı ve bulantı gibi olumsuz etkiler de rapor edilmiştir. Karbamat ve organofosfat (diazinon, orten, malation, parathion vb.) içeren insektisitler, hastalıklara neden olan insektisitlerdir. Organofosfatlar sinir sisteminde kolinesteraz enziminin etkinliğini engeller. Kolinesteraz inhibisyonu, nöron sinaplarında ve nöromusküler (sinirlerin ve kasların birlikte olduğu) kavşaklarda asetilkolin birikmesine ve asetilkolin almaçlarının aşırı uyarılmasına yol açar.



Asetilkolin birikimine bağlı olarak ortaya çıkan etkiler, merkezi sinir sisteminde (MSS), solunum sistemi ve kalp damar sisteminde ortaya çıkar. Serum asetilkolinesteraz düzeyinin ölçülmesi, hastalığın seyrinin belirteci olarak kullanılır. Organofosfatlar eritrositlerin (kırmızı kan hücreleri) zar özelliklerini değiştirerek eritrosit fonksiyonunu engeller. Sinir gazlarında bulunan asıl zehirler de organofosfatlardır. Solunum ya da cilt yoluyla emilim sonucunda dakikalar içinde ölüm yol açarlar.



## Zararlarına rağmen vazgeçilemeyen tarım ilaçları: Pestisitler

EPA sınıflandırmasına göre pestisitlerin (göz ve deri etkileri) akut toksisite miktarları

## Sulardaki Pestisit Kirliliği

Su yollarının pestisitlerle kirlenmesi etkileri de anlaşılmaya başlanmıştır. Herbisitlerin özellikle bazı sucul mikroorganizmalar için zehirli olduğu, fotosentezi bozduğu (örneğin atrazin adlı kimyasal maddenin elektron akışını önleyerek fotosistem II'deki etkinliği azaltması) gösterilmiştir. Sucul ekosistemde mikroorganizmalar birincil üretici oldukları, besin zincirinde görev aldıkları ve ayrışmaya yardımcı oldukları için hayli önemlidir. Pestisitlerin sucul sistemdeki miktarının fazla olması mikroorganizmaları olumsuz etkileyerek ekosistemin dengesini bozar.

Sazan balığının cinsiyet hormonları ile ilgili bir çalışmada, pestisitlerin erkek ve dişi balıklarda östrojen/testosteron oranını değiştirebileceği, sistemde anormalliklerin oluşabileceği belirtilmiştir.

Pestisitler tarlalarda, bahçelerde, parklarda ve diğer alanlarda kullanıldığında kimyasal kalıntılar oluşur. Bu kalıntılar derelere, göllere ve nehirlere taşınır. Benzer olarak kentsel ve kırsal alanlardaki çimlerde pestisit kullanıldığında yağmur, bir kısmını sokaklardaki kaldırımlara taşıyabilir. Pestisitlerle kirlenmiş su, giderlerden ve borulardan geçerek yakındaki derelere ve nehirlere ulaşabilir. Pestisitlerin bir kısmı topraktan süzülerek yeraltı sularına da ulaşabilir. Az miktarı da atmosferde buharlaşıp tekrar yağış olarak karaya düşebilir. Sonuç olarak pestisitler yaygın olarak nehirlerde, akarsularda, göllerde ve hatta içme sularında bile bulunabilir.

EPA Sınıflandırmasına Göre Pestisitlerin Kısa Süreli Zehirlilik Miktarları

Sinyal Kelimeler	Faredeki akut toksisite		
	Oral LD50 (mg/kg)	Dermal LD50 (mg/kg)	Solumla LD50 (mg/L)
Tehlikeli	<50	<200	<0,2
Uyarı	50-500	200-2000	0,2-2,0
Dikkat	500-5000	2000-20000	2,0-20
Dikkat	>5000	>20000	>20

Sinyal Kelimeler	Faredeki akut toksisite	
	Göz etkisi	Deri etkisi
Tehlikeli	Kornea saydamlığının azalması, 7 gün içinde geri alınmaz	Yıpratıcı
Uyarı	Yaklaşık 7 gün süren tahriş	72 saatlik sürede gözlenen şiddetli tahriş
Dikkat	7 günlük süre içinde iyileşen tahriş	72 saatlik sürede gözlenen tahriş
Dikkat	Tahriş gözlenmez	72 saatlik sürede gözlenen hafif tahriş

Maruz kalınan doz ve süre farkı, kullanılan pestisit türünün zehirlenme etkisindeki farklar ve pestisit uygulanan tarımsal alanların coğrafik ve meteorolojik özelliklerinin farklı olması, pestisitlerin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerini belirler. Pestisitlerin ticarileştirilmesi için insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin bilinmesi gerekiyor.

Bu veriler genellikle kısa süreli zehirlilik, uzun süreli zehirlilik, kansere neden olma, teratojenite (teratojen bir maddenin kullanımı sonucu anne karnındaki bebekte meydana gelebilecek bozukluklar), üreme gibi konulara odaklanan Çevre Koruma Örgütü (EPA) ve Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) belirlediği çeşitli testlerle elde ediliyor (yapılan testlerde memeli modeli olarak fareler ve bazı durumlarda da köpekler ve tavşanlar kullanılıyor).



Artan pestisit tüketimi sadece insan sağlığını değil aynı zamanda doğal yaşamı ve hassas ekosistemi de olumsuz etkiliyor. Tarımsal alanlara, ormanlara ve bahçelere uygulanan pestisitler, insan sağlığı ve çevre için makul bir kesinlik ve en az riskle iş görmek üzere geliştirilmiş olmalarına rağmen, çoğu zaman zararlıların doğal düşmanı olan organizmaları da öldürüyor. Ayrıca zararlıların pestisitlere karşı direnç kazanmasına da sebep oluyor.





Çeşitli etkenler sonucunda çevre sularına ve toprağa karışan pestisit kalıntılarının hidrolizi, oksidasyonu ve fotokimyasal bozunumu pestisit dönüşüm ürünlerinin oluşmasına neden olur. Son yıllarda yapılan çevre araştırmalarının büyük bir kısmı bu dönüşüm ürünlerini üzerindedir, çünkü bu dönüşüm ürünleri pestisitler kadar zehirli, hatta daha da zehirli olabilir. Ancak pek çoğunun sebep olduğu etkiler bilinmiyor. Bu nedenle EPA kirlenici aday listelerine bu kimyasal maddeleri de (örneğin asetoklor etansülfonik asit, 3-hidroksikarbofuran) ekledi.

Sulardaki pestisit miktarı arazi kullanımı ve pestisit kullanımı yöntemine göre hem coğrafi hem de mevsimsel olarak farklılık gösterir. Akarsularda ve yeraltı sularında en çok bulunan pestisit türleri tarımsal alanlarda herbisitler, kentsel alanlarda ise insektisitlerdir. Pestisit derişimleri yıllara, yağış çeşitliliğine, mevsimlere ve tarımsal uygulamalara göre de değişir.

İnsanlar, her gün en fazla su tüketir. İçme suyu yerüstü ve yeraltı suyu gibi farklı kaynaklardan elde edilir. İçme suyunun kalitesinde ve içerdiği pestisit kalıntılarında coğrafi ve mevsimsel olarak farklılıklar olur. Bu farklılıklar ve elde sınırlı bilgi olması nedeniyle, pestisitlere sular aracılığıyla maruz kalmanın sağlık üzerindeki etkileri tam olarak bilinmiyor. Ancak triazin grubu herbisitler, örneğin atrazin ile kirlen-

miş suların içildiği ülkelerde göğüs kanseri vakalarının arttığı, bebeklerin düşük kiloda doğduğu, erkeklerin sperm sayısında azalma görüldüğü bildirilmiştir.

Dünya nüfusunun giderek artması, tarım alanlarının da giderek azalması besin talebinin karşılanması zorluğunu da beraberinde getiriyor. Bu da pestisit uygulamalarını cazip kılıyor. Bu konuda sorulması gereken, kabul edilebilir riskin ne olduğu ve riskin nasıl en aza indirilebileceğidir.



#### Kaynaklar

- Curwin, B. D., Hein, M. J., Sanderson, W. T., Nishioka, M. G., Reynolds, S. J., Ward, E. M., Alavanja, M. C., "Pesticide Contamination Inside Farm and Nonfarm Homes", Journal of Occupational and Environmental Hygiene, Cilt 2, Sayı 7, 2005.
- Damalas, C. A. ve Eleftherohorinos, I. G., "Pesticide Exposure, Safety Issues, and Risk Assessment Indicators", International Journal of Environmental Research and Public Health, Sayı 5, 2011.
- Grube, A., Donaldson, D., Kiely, T. ve Wu, L., Pesticides Industry Sales and Usage, 2006 and 2007 Market Estimates, U.S. Environmental Protection Agency, 2011.
- Glaser, A., "Threatened Waters, Turning the tide on pesticide contamination", Beyond Pesticides, Cilt 25, Sayı 4, 2006.
- Tuncok, Y., Kalkan, S., Murat, N., Arkan, F., Guven, H., Aygoren, O. ve ark., "The effect of the nitric oxide synthesis inhibitor L-NAME on amitriptyline-induced hypotension in rats", Clinical Toxicology, Cilt 40, Sayı 2, 2002.
- Worek, F., Kirchner, T., Backer, M., Szinicz, L., "Reactivation by various oximes of human erythrocyte acetylcholinesterase inhibited by different organophosphorus compounds", Archives of Toxicology, Cilt 70, Sayı 8, 1996.