



# TARIMDA PESTİSİT KULLANIMININ ETKİSİ: YARARLARI VE TEHLİKELERİ

Özge Altıntaş ve Dr. Adil DENİZLİ

Hacettepe Üniversitesi, Kimya Bölümü, Beytepe, Ankara

Pestisit terimi insektisitler, fungusitler, herbisitler, rodentisitler, mollusisitler, nematisitler, bitki büyüme düzenleyicileri ve diğerleri gibi geniş bir bileşik yelpazesini kapsar. Bunlar arasında, sıtma ve tifüs gibi hastalıkların kontrolünde başarılı bir şekilde kullanılan organoklorin (OC) insektisitler, 1960'larda teknolojik olarak gelişmiş birçok ülkede yasaklanmış veya kısıtlanmıştır. 1960'larda organofosfat (OP) insektisitler, 1970'lerde karbamatlar ve 1980'lerde piretroidlerin ve 1970-1980'lerde herbisit ve fungusitlerin tanıtımı, haşere kontrolü ve tarımsal üretime büyük katkı sağlamıştır. İdeal olarak, bir pestisit hedeflenen haşerelere ölümcül olmalı, ancak insan dahil olmak üzere hedef dışı türlere zararlı olmamalıdır. Ne yazık ki, durum böyle değildir, bu nedenle pestisitlerin kötüye kullanımı konusunda tartışmalar ortaya çıkmıştır. Bu kimyasalların yaygın kullanımı, "az iyiyse, çok daha iyidir" deyimini altında, insan ve diğer yaşam formlarına zarar vermiştir.





Pestisit terimi insektisitler, fungusitler, herbisitler, rodentisitler, mollusisitler, nematisitler, bitki büyüme düzenleyicileri ve diğerleri gibi geniş bir bileşik yelpazesini kapsar. Bunlar arasında, sıtma ve tifüs gibi hastalıkların kontrolünde başarılı bir şekilde kullanılan organoklorin (OC) insektisitler, 1960'larda teknolojik olarak gelişmiş birçok ülkede yasaklanmış veya kısıtlanmıştır. 1960'larda organofosfat (OP) insektisitler, 1970'lerde karbamatlar ve 1980'lerde piretroidlerin ve 1970-1980'lerde herbisit ve fungusitlerin tanıtımı, haşere kontrolü ve tarımsal üretime büyük katkı sağlamıştır. İdeal olarak, bir pestisit hedeflenen haşerelere ölümcül olmalı, ancak insan dahil olmak üzere hedef dışı türlere zararlı olmamalıdır. Ne yazık ki, durum böyle değildir, bu nedenle pestisitlerin kötüye kullanımı konusunda tartışmalar ortaya çıkmıştır. Bu kimyasalların yaygın kullanımı, "az iyiye, çok daha iyidir" deyimi altında, insan ve diğer yaşam formlarına zarar vermiştir.

## HİNDİSTAN'DA PESTİSİT ÜRETİMİ VE KULLANIMI

Hindistan'da pestisit üretimi, Kalküta yakınlarında BHC üretimi için bir tesisin kurulmasıyla 1952'de başlamış olup, Hindistan şu anda Asya'da Çin'den sonra en büyük ikinci pestisit üreticisi ve dünya genelinde on ikinci sırada yer almaktadır. Hindistan'da teknik sınıf pestisitlerin üretiminde sürekli bir artış olmuştur; 1958'de 5.000 metrik tondan 1998'de 102.240 metrik tona çıkmıştır. 1996-97'de pestisitlere olan talep değeri yaklaşık 22 milyar Rs (0.5 milyar USD) olarak tahmin edilmiştir, bu da dünya pazarının yaklaşık %2'sine tekabül etmektedir. Hindistan'daki pestisit kullanımı modeli, dünya genelindeki kullanımdan farklıdır. Şekil 1'de görülebileceği gibi, Hindistan'da kullanılan pestisitlerin %76'sı, dünya genelinde ise %44'ü böcek ilacıdır. Herbisitler ve fungusitlerin kullanımı ise buna karşılık daha azdır. Hindistan'da pestisitlerin ana kullanımı pamuk bitkileri (%45), ardından piriç ve buğday içindir.

## PESTİSİTLERİN FAYDALARI

Birincil faydalar, pestisitlerin etkilerinin sonuçlarıdır—kullanımından beklenen doğrudan kazançlardır. Örneğin, ürünü yiyen tırtılların öldürülmesi etkisi, daha yüksek verim ve daha iyi kalite lahana gibi birincil fayda sağlar. Rekreatyonel çimlerin korunmasından insan hayatlarının kurtarılmasına kadar birincil fayda ile sonuçlanır. İkincil faydalar ise birincil faydalardan kaynaklanan, daha az doğrudan veya daha az belirgin olan faydalardır. Örneğin, daha yüksek lahana verimi, çocukların eğitimi veya tıbbi bakıma yatırılacak ek gelir getirebilir, bu da daha sağlıklı, daha iyi eğitilmiş bir nüfusla sonuçlanabilir. Daha zinde insanlardan biyolojik çeşitliliğin korunmasına kadar çeşitli faydalar ikincil faydalar olarak belirtilir.



## VERİMLİLİĞİN ARTIRILMASI

Pestisitlerin ormancılık, halk sağlığı ve evsel alanlarda ve tabii ki tarımda kullanımından elde edilen büyük faydalar sağlanmıştır. Hindistan ekonomisi büyük ölçüde bu sektöre bağımlıdır. 1948-49'da 50 milyon ton olan tahıl üretimi, 1996-97 sonunda yaklaşık 169 milyon hektar alandan yaklaşık dört kat artarak 198 milyon tona ulaşmıştır. Benzer şekilde, çoğu ülkede örneğin Birleşik Krallık'ta buğday verimleri, ABD'de mısır verimleri üretim ve verimlilik dramatik bir şekilde artmıştır. Verimlilik artışları, gübre kullanımı, daha iyi çeşitler ve makine kullanımı gibi çeşitli faktörlere bağlı olmuştur. Pestisitler, hasat edilebilir ürün miktarını önemli ölçüde azaltabilecek yabancı otlar, hastalıklar ve böcek haşerelerinden kaynaklanan kayıpları azaltarak sürecin ayrılmaz bir parçası olmuştur. Ayrıca, çevredeki çoğu pestisit, insanlara ve çevreye göreceli olarak toksik olmayan metabolitler üretmek için fotokimyasal dönüşüm geçirmektedir.

## ÜRÜN KAYIPLARININ / VERİM AZALMASININ KORUNMASI

Orta arazide pirinç, kritik dönemde etkili ve ekonomik bir yabancı ot kontrol uygulaması gerektirmekte olup, bu uygulama ile kontrol (yabancı otlu) alanlar ile karşılaştırıldığında pirinç verimindeki kayıplar %28 ile %48 arasında değişmektedir. Yabancı otlar, kuru tarım ürünlerinin verimini %37 ile %79 arasında azaltır. Özellikle ürün ekiminin erken aşamasında ciddi yabancı ot istilası, nihai olarak %40 verim kaybına neden olmaktadır. Herbisitler hem ekonomik hem de iş gücü açısından fayda sağlamaktadır.

## VEKTÖR HASTALIK KONTROLÜ

Vektör kaynaklı hastalıklar, en etkili şekilde vektörlerin öldürülmesiyle kontrol edilmektedir. İnsektisitler, sıtma gibi ölümcül hastalıkları yayan böcekleri kontrol etmenin genellikle tek pratik yoludur ve bu hastalıklar günlük olarak yaklaşık 5000 ölüme neden olmaktadır. 2004 yılında, Bhatia, sıtmanın gelişmekte olan dünyada başlıca morbidite ve mortalite nedenlerinden biri olduğunu ve Hindistan'da büyük bir halk sağlığı sorunu olduğunu yazmıştır. Hastalık kontrol stratejileri, aynı zamanda hayvancılık için de son derece önemlidir.



## GIDA KALİTESİ

Birinci dünya ülkelerinde, taze meyve ve sebze içeren bir diyetin, ürünlerde çok düşük seviyelerde bulunan pestisit kalıntılarından kaynaklanan potansiyel risklerden çok daha fazla fayda sağladığı gözlemlenmiştir. Artan kanıtlar, düzenli olarak meyve ve sebze yemenin birçok kanser, yüksek tansiyon, kalp hastalığı, diyabet, inme ve diğer kronik hastalık riskini azalttığını göstermektedir.

Diğer alanlar – ulaşım, spor sahaları, binalar

Taşımacılık sektörü, özellikle herbisitler olmak üzere geniş çapta pestisit kullanmaktadır. Spor sahaları, kriket sahaları ve golf sahalarında çimlerin bakımı için herbisitler ve insektisitler kullanılmaktadır. Termitler ve odun delici böcekler tarafından verilen zararlardan binaları ve diğer ahşap yapıları korumak için insektisitler kullanılmaktadır.

## PESTİSİTLERİN TEHLİKELERİ: İNSANLAR ÜZERİNDEKİ DOĞRUDAN ETKİSİ

Pestisitlerin ekonomik potansiyeli, gıda ve lif üretimindeki artış ve vektör kaynaklı hastalıkların iyileştirilmesi gibi olumlu yönleri arasında yer alıyorsa, olumsuz yönleri de insan sağlığı ve çevre üzerinde ciddi sağlık etkilerine neden olmuştur. Bazı kimyasalların insanlara ve diğer yaşam formlarına potansiyel risk oluşturduğu ve çevreye istenmeyen yan etkileri olduğu konusunda artık birçok kanıt bulunmaktadır. Hiçbir nüfus kesimi pestisitlerin olası ciddi sağlık etkilerine karşı tamamen korunmuş değildir. Dünya genelinde pestisit zehirlenmesinden kaynaklanan ölümler ve kronik hastalıklar sayısı yılda yaklaşık 1 milyondur.

Pestisitlere maruz kalan yüksek risk grupları arasında üretim işçileri, formül-atörler, püskürtücüler, karıştırıcılar, yükleyiciler ve tarım çiftliği işçileri bulunmaktadır. Üretim ve formülasyon sırasında, dahil olan süreçlerin risksiz olmaması nedeniyle tehlike olasılığı daha yüksek olabilir. Endüstriyel ortamlarda, işçiler çeşitli toksik kimyasallar, pestisitler, hammaddeler, toksik çözücüler ve inert taşıyıcılarla çalıştıkları için yüksek risk altındadır.

OC bileşikler, dünya üzerindeki neredeyse tüm yaşam formlarının dokularını, havayı, gölleri ve okyanusları, bu suların balıklarını ve bu balıklarla beslenen kuşları kirletebilir. ABD Ulusal Bilimler Akademisi, DDT metaboliti DDE'nin yumurta kabuğu incelmeye neden olduğunu ve Amerika Birleşik Devletleri'ndeki kel kartal nüfusunun büyük ölçüde DDT ve metabolitlerine maruz kalma nedeniyle azaldığını belirtmiştir. Endokrin bozucular olarak adlandırılan bazı çevresel kimyasalların, doğal hormonları taklit ederek veya antagoneze ederek olumsuz etkiler oluşturduğu ve uzun süreli, düşük doz maruziyetinin bağışıklık baskılanması, hormon bozulması, zekâ azalması, üreme anormallikleri ve kanser gibi insan sağlığı etkileri



yle giderek daha fazla ilişkilendirildiği öne sürülmüştür. Bu semptomların maruz kalma yoğunluğuyla ilişkili olduğu saptanmıştır. Methomyl, bir karbamat insektisitinin alan koşullarında püskürtülmesindeki toksisite riskinin büyüklüğü, Ulusal İş Sağlığı Enstitüsü (NIOH) tarafından değerlendirilmiştir. Püskürtme yapanlarda önemli değişiklikler ECG, serum LDH seviyeleri ve kolinesteraz (ChE) aktivitelerinde gözlenmiştir, bu da methomyl'in kardiyotoksik etkilerini göstermektedir. Düzenli olmayan sektördeki endüstriyel ortamlarda çeşitli pestisitlerin (malathion, methyl parathion, DDT ve lindane) toz ve sıvı formülasyonlarının üretiminde çalışan formülâtörlerde sağlık gözetimine yönelik gözlemler, genel semptomların (baş ağrısı, bulantı, kusma, yorgunluk, cilt ve gözlerde tahriş) yanı sıra psikolojik, nörolojik, kardiyorespiratuar ve gastrointestinal semptomlar ve düşük plazma ChE aktivitesi ile birlikte yüksek bir sıklıkta ortaya çıktığını ortaya koymuştur.

1.106 çift üzerinde yapılan ve erkeklerin pamuk tarlalarında pestisit (OC, OP ve karbamatlar) püskürtmesiyle ilişkili olduğu bir çalışmada, üreme toksisitesi verileri toplanmıştır. HCH'nin alan koşullarında püskürtülmesi sırasında kısa süreli (16

hafta) maruziyetin etkilerini değerlendirmek için sıtma püskürtme işçileri (N=216) üzerinde bir çalışma başlatılmıştır.

1976'da İtalya'daki Seveso felaketinden etkilenenler üzerinde 2,4,5-T, bir herbisit, üretimi sırasında yapılan bir çalışma, kloraknenin (kesin maruz kalma bağımlılığı olan yaklaşık 200 vaka) dioxin oluşumu sonucu kesinlikle belirlenen tek etki olduğunu ortaya koymuştur. Karaciğer fonksiyonu, bağışıklık fonksiyonu, nörolojik bozulma ve üreme etkileri dahil erken sağlık araştırmaları sonuçsuz kalmıştır. Psikososyal sonuçlarla ilişkili kardiyovasküler ve solunum yolu hastalıklarından aşırı mortalite ortaya çıkmıştır ve kimyasal kontaminasyonun yanı sıra psikososyal sonuçlarına da bağlı olabilir. Ayrıca diyabet vakalarında da bir artış bulunmuştur. Kanser insidansı ve mortalite takibi sonuçları, gastrointestinal bölgeler ve lenfatik ve hematopoetik dokularda artan kanser insidansını göstermiştir. Sonuçlar kesin olarak değerlendirilemez, çünkü çeşitli sınırlamalar vardır (az sayıda bireysel maruz kalma verisi, kısa latent dönem ve bazı kanser türleri için küçük popülasyon büyüklüğü). Benzer bir çalışmada 2001 yılında tüm nedenlere ve tüm kanserlere bağlı ölüm oranında bir artış gözlenmemiştir. Ancak, sonuçlar dioxinin insanlarda kanserojen olduğuna dair hipotezi destekleme-

kte ve kardiyovasküler ve endokrin ile ilişkili etkilerle olan bağlantı hipotezlerini doğrulamaktadır. Vietnam Savaşı sırasında, ABD askeri kuvvetleri yaklaşık 19 milyon galon herbisiti yaklaşık 3.6 milyon dönüm Vietnam ve Laos arazisine orman örtüsünü temizlemek, mahsulleri yok etmek ve ABD üslerinin çevresindeki bitki örtüsünü temizlemek için püskürtmüştür. Bu çaba, 1962'den 1971'e kadar süren "Operation Ranch Hand" olarak bilinmektedir. Çeşitli herbisit formülasyonları kullanılmıştır, ancak çoğu fenoksi herbisitleri 2,4-dikloro-fenoksiasetik asit (2,4-D) ve 2,4,5-trikloro-fenoksiasetik asit (2,4,5-T) karışımlarıydı. Vietnam Savaşı sırasında yaklaşık 3 milyon Amerikalı silahlı kuvvetlerde hizmet etmiştir. Bazıları (Vietnamlı muhripler ve siviller ile diğer ülkelerin silahlı kuvvetlerinin üyeleri gibi) defoliant karışımlara, özellikle Agent Orange'a maruz kalmıştır. Vietnam gazileri, herbisitlere veya dioxinlere mesleki olarak maruz kalan işçiler ve Vietnam nüfusu arasında kanser riskine dair kanıtlar vardır.





## GIDA ÜRÜNLERİ YOLUYLA ETKİ

Gıda ürünlerindeki pestisit kontaminasyonunun boyutunu belirlemek için, 1996 yılından bu yana Avrupa Birliği'nde "Avrupa Birliği'nde Bitki Kökenli Ürünlerde Pestisit Kalıntılarının İzlenmesi" adlı programlar kurulmuştur. 1996 yılında yedi pestisit (asefat, kloropirifos, kloropirifos-metil, metamidofos, iprodion, procimidon ve klorotalonil) ve iki pestisit grubu (benomil grubu ve maneb grubu, yani ditiokarbamatlar) elma, domates, marul, çilek ve üzümde analiz edilmiştir. Her pestisit veya pestisit grubu için ortalama olarak yaklaşık 9.700 numune analiz edilmiştir. Her pestisit veya pestisit grubu için numunelerin %5,2'sinde kalıntılar bulunmuş ve %0,31'inde ilgili pestisit için belirlenen maksimum kalıntı limitini (MRL) aşan kalıntılar tespit edilmiştir. Marul, araştırılan diğer mahsullere göre daha sık olarak MRL'leri aşan kalıntı seviyeleri ile en yüksek pozitif sonuç sayısına sahip üründür. 1996'da bulunan en yüksek değer, maruldaki bir maneb grubu bileşiği için olup, 118 mg/kg mancozeb kalıntısına karşılık gelmektedir. 1997 yılında, 13 pestisit (asefat, karbendazin, klorotalonil, kloropirifos, DDT, diazinon, endosülfan, metamidofos, iprodion, metalaksil, metidation, thiabendazol, triazofos) beş üründe (mandalina, armut, muz, fasulye ve patates) değerlendirilmiştir. Yaklaşık 6.000 numune analiz edilmiştir. Klorpyrifos kalıntıları en sık MRL'leri aşmış (%0,24), bunu metamidofos (%0,18) ve iprodion (%0,13) takip etmiştir. Araştırılan ürünlerle ilgili olarak, %34 civarında pestisit kalıntılarına sahip, bunlar MRL'ye eşit veya MRL'nin altında çıkmıştır, %1'i ise MRL'nin üzerinde kalıntılara sahip çıkmıştır. Mandalinalarda pestisit kalıntıları en sık MRL'ye eşit veya MRL'nin altında (%69) bulunmuş, bunu muz (%51), armut (%28), fasulye (%21) ve patates (%9) takip etmiştir. Fasulyede MRL'leri aşan kalıntılar (%1,9) en sık görülmüş, bunu mandalina (%1,8), armut (%1,3) ve muz ve patates (%0,5) izlemiştir. Yukarıda bahsedilen ürünlerdeki pestisit kalıntılarının diyetle alınmasının (90.yüzde-

lik dilim bazında) tahmini, tüm pestisitler ve incelenen ürünler için ADI'nin aşılmadığını göstermektedir. 1998 yılında, dört ürün (portakal, şeftali, havuç, ıspanak) 20 pestisit için analiz edilmiştir (asefat, benomil grubu, kloropirifos, kloropirifos-metil, deltamethrin, maneb grubu, diazinon, endosülfan, metamidofos, iprodion, metalaksil, metidation, thiabendazol, triazofos, permetrin, vinclozolin, lambdacyalothrin, pirimiphos-metil, mercabam). 1998 yılında incelenen tüm dört ürün (portakal, şeftali, havuç, ıspanak) ile ilgili olarak, yaklaşık %32'sinde pestisit kalıntıları MRL'ye eşit veya MRL'nin altında, %2'si ise MRL'nin üzerinde kalıntılar bulunmuştur (%1,8 AB-MRL'leri için, %0,4 ulusal MRL'ler için). Kalıntılar en sık portakallarda (%67), ardından şeftali (%21), havuç (%11) ve ıspanakta (%5) MRL'ye eşit veya MRL'nin altında bulunmuştur. MRL değerleri en sık ıspanakta (%7,3), ardından şeftali (%1,6), havuç (%1,2) ve portakalda (%0,7) aşılmıştır. Pestisit kalıntılarının alımı hiçbir durumda ADI'yi aşmamıştır. Tüm pestisitler için ADI'nin %10'unun altında bulunmuştur. Maruziyet, benomil grubu için ADI'nin %0,35'inden, metidation grubu için ADI'nin %9,9'una kadar değişmiştir. 1999 yılında, dört ürün (karnabahar, biber, buğday taneleri ve kavun) 1998 çalışmasında olduğu gibi 20 pestisit için analiz edilmiştir. Genel olarak, yaklaşık 4700 numune analiz edilmiştir. Metamidofos kalıntıları en sık MRL'leri aşmış (%8,7), ardından maneb grubu (%1,1), thiabendazol (%0,57), aseptat (%0,41) ve benomil grubu (%0,35) takip etmiştir. Metamidofos için MRL, en sık biber ve kavunda (%18,7 ve %3,7) aşılmıştır. Maneb grubu kalıntıları en sık karnabaharda (%3,9); thiabendazol kalıntıları ise en sık kavunda (%2,8) aşılmıştır. İncelenen tüm ürünler ile ilgili olarak, numunelerin yaklaşık %22'sinde pestisit kalıntıları MRL'ye eşit veya MRL'nin altında ve %8,7'sinde MRL'nin üzerinde bulunmuştur. Kalıntılar en sık kavunda (%32), ardından biber (%24), buğday taneleri (%21) ve karnabaharda (%17) MRL'ye eşit veya MRL'nin altında bulunmuştur. MRL değerleri en sık biberde (%19), ardından kavun (%6,1), karnabahar (%3) ve buğday taneleri (%0,5) aşılmıştır. Pestisit kalıntılarının alımı hiçbir durumda

ADI'yi aşmamıştır. Tüm pestisitler için ADI'nin %1,5'inin altında bulunmuştur. Maruziyet, methamidofos için ADI'nin %0,43'ünden endosülfan için ADI'nin %1,4'üne kadar değişmiştir. Chlorpyrifos, deltamethrin, endosülfan ve metidation içeren kompozit bir numunedeki en yüksek kalıntı seviyeleri için alımlar, yetişkinler için ARfD'nin altındadır. Bunlar, deltamethrin için ARfD'nin %1,5'inden endosülfan için ARfD'nin %67'sine kadar değişmektedir. Gıda kontaminasyonuna rağmen, hastane anketlerinde kaydedilen pestisit ölümlerinin çoğu, intihar nedeni-





yle gerçekleşmektedir. Küresel Hastalık Yüklü Çalışması, 1990 yılında 798.000 kişinin kasıtlı olarak kendine zarar verme sonucu öldüğünü ve bunların %75'inden fazlasının gelişmekte olan ülkelere olduğunu tahmin etmektedir. WHO tahminleri, sadece 2000 yılında Güneydoğu Asya ve Batı Pasifik'te 500.000'den fazla kişinin kendine zarar verme sonucu öldüğünü göstermektedir. İntihar, genç Çinli kadınlar ve Sri Lankalı erkekler ve kadınlar arasında en yaygın ölüm nedenidir.

## ÇEVRE ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Pestisitler toprağı, suyu, çimi ve diğer bitkileri kiretebilir. Pestisitler, böcekleri veya yabancı otları öldürmenin yanı sıra kuşlar, balıklar, faydalı böcekler ve hedef olmayan bitkiler de dahil olmak üzere diğer organizmalar için de toksik olabilir. Böcek öldürücüler genellikle pestisitlerin en akut toksik sınıfıdır, ancak herbisitler aynı zamanda hedef olmayan organizmalar için de risk oluşturabilir.

## YÜZEY SUYU KİRLİLİĞİ

Pestisitler, işlenmiş bitkilerden ve topraktan akan sular yoluyla yüzey sularına ulaşabilir. Suların pestisitlerle kirlenmesi yaygındır. ABD Jeolojik Araştırma Kurumu'nun (USGS) 90'lı yılların başlarından ortalarına kadar ülke çapındaki büyük nehir havzaları üzerinde yaptığı kapsamlı araştırmalar şaşırtıcı sonuçlar vermiştir. Tüm akarsulardan alınan su ve balık örneklerinin %90'ından fazlası bir veya daha fazla pestisit içermekteydi. Tarımsal ve kentsel arazi kullanımının karışık olduğu büyük nehirlerden alınan tüm örneklerde ve kentsel akarsu örneklerinin %99'unda pestisitler bulunmuştur. USGS ayrıca kentsel akarsulardaki böcek ilacı miktarlarının genellikle sudaki yaşamın korunmasına yönelik yönergeleri aştığını da bulmuştur. Puget Sound Havzası'ndaki su yollarında 17'si herbisit olmak üzere 23 pestisit tespit edilmiştir. USGS'ye göre kentsel akarsularda tarımsal akarsulardan daha fazla pestisit tespit edilmiştir. Kentsel ev sahipleri ve okul bölgeleri tarafından yaygın olarak kullanılan herbisitler 2,4-D, diuron ve prometon ile böcek öldürücüler chlorpyrifos ve diazinon, ülke genelinde yüzey ve yeraltı sularında en sık tespit edilen 21 pestisit arasında yer almaktaydı. İncelenen 20 nehir havzasının 19'unda toplanan su örneklerinde trifluralin ve 2,4-D bulunmuştur. USGS ayrıca kentsel akarsulardaki böcek ilacı derişimlerinin genellikle sudaki yaşamın korunmasına yönelik yönergeleri aştığını da bulmuştur. USGS'ye göre, genel olarak kentsel akarsularda tarımsal akarsulardan daha fazla pestisit tespit edilmiştir. Herbisit 2,4-D, 13 akıntının 12'sinde tespit edilen en yaygın pestisit olmuştur. Puget Sound havzası akıntılarında da böcek ilacı diazinon ve yabancı ot öldürücüler diklobenil, diuron, triklopir ve glifosat tespit edilmiştir. Hem diazinon hem de diuron, Ulusal Bilimler Akademisi tarafından sudaki yaşamın korunması için tavsiye edilen derişimleri aşan seviyelerde bulunmuştur.





## YER ALTI SUYU KİRLİLİĞİ

Pestisitlerden kaynaklanan yeraltı suyu kirliliği dünya çapında bir sorundur. USGS'ye göre yer altı suyunda, her ana kimyasal sınıftan pestisitler de dahil olmak üzere en az 143 farklı pestisit ve 21 dönüşüm ürünü bulunmuştur. Son yirmi yılda 43'ten fazla eyaletin yeraltı suyunda tespitler bulunmuştur. Hindistan'da yapılan bir araştırma sırasında, Bhopal çevresindeki çeşitli el pompalarından ve kuyulardan

alınan içme suyu örneklerinin %58'i, EPA standartlarının üzerinde Organo Klorlu pestisitler ile kontamine olmuştur. Yeraltı suyu zehirli kimyasallarla kirlendiğinde, kirliliğin dağılması veya temizlenmesi uzun yıllar almaktadır. Temizleme imkânsız olmasa da çok maliyetli ve karmaşık olmaktadır.

## TOPRAK KİRLLENMESİ

Çok çeşitli pestisitlerden çok sayıda dönüşüm ürünü (TP'ler) belgelenmiştir.

Olası pestisit TP'lerinin birçoğunun toprakta izlenmemesi, bu alanda daha fazla çalışmaya acil ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Bu pestisitlerin ve bunların TP'lerinin kalıcılığı ve hareketi, suda çözünürlük, toprak emme sabiti (Koc), oktanol/su dağılım katsayısı (Kow) ve topraktaki yarı ömür (DT50) gibi bazı parametrelerle belirlenmektedir. Pestisitler ve TP'ler şu şekilde gruplandırılabilir: (a) Toprağa güçlü bir şekilde bağlanan hidrofobik, kalıcı ve biyolojik olarak birikebilen pestisitler. Bu tür davranışlar sergileyen pestisitler arasında organoklorin DDT,





endosülfan, endrin, heptaklor, lindan ve bunların TP'leri yer almaktadır. Bunların çoğu artık tarımda yasaklanmış durumda ancak kalıntıları hala mevcuttur. (b) Polar pestisitler esas olarak herbisitler ile temsil edilir ancak bunlar aynı zamanda karbamatları, fungusitleri ve bazı organofosforlu insektisit TP'leri de içerirler. Bunlar, akıntı ve sızıntı yoluyla topraktan uzaklaştırılabilir ve böylece içme suyu temini açısından sorun teşkil edebilir. Toprakta en çok araştırılan pestisit TP'leri şüphesiz herbisitlerden gelenlerdir. Çeşitli toksik fenolik bileşikler üreten hidroliz,

metilasyon ve halka bölünmesi yoluyla dönüşümü içeren çeşitli metabolik yollar önerilmiştir. Pestisitler ve bunların TP'leri, toprak ve pestisit özellikleri arasındaki etkileşimlere bağlı olarak toprakta farklı derecelerde tutulur. Toprağın en etkili özelliği organik madde içeriğidir. Organik madde içeriği ne kadar büyük olursa, pestisitlerin ve TP'lerin adsorpsiyonu da o kadar fazla olur. Toprağın pozitif yüklü iyonları değiştirilebilir formda tutma kapasitesi, paraquat ve pozitif yüklü diğer pestisitler için önemlidir. Son yıllarda herhangi bir analitik gelişme veya çalışma bildirilmese de,

bu kimyasalların ekstraksiyonu için güçlü mineral asit gereklidir. Toprak pH'ı da bir miktar önemlidir. İyonlaşabilen pestisitler (örneğin 2,4-D, 2,4,5-T, pikloram ve atrazin) için toprak pH'sının azalmasıyla adsorpsiyon artmaktadır.





## TOPRAK VERİMLİLİĞİNE ETKİSİ (FAYDALI TOPRAK MİKROORGANİZMALAR)

Toprağın pestisitlerle yoğun şekilde işlenmesi, faydalı toprak mikroorganizmalarının popülasyonunun azalmasına neden olabilir. Toprak bilimci Dr. Elaine Ingham, "Eğer hem bakterileri hem de mantarları kaybedersek, o zaman toprak bozulur. Kimyasal gübrelerin ve pestisitlerin aşırı kullanımı, toprak organizmaları üzerinde, insanların aşırı antibiyotik kullanımına benzer etkiler yaratır. Kimyasalların gelişigüzel kullanımı birkaç yıl işe yarayabilir, ancak bir süre sonra besinleri tutacak kadar faydalı toprak organizması kalmaz" şeklinde bu durumu açıklamıştır. Örneğin bitkiler, atmosferik azotu bitkilerin kullanabileceği nitratlara dönüştürmek için çeşitli toprak mikroorganizmalarına bağımlıdır. Peyzajda yaygın olarak kullanılan herbisitler bu süreci bozar: triklöpir, amonyağı azota dönüştüren toprak bakterilerini engeller. Glifosat, toprakta serbest yaşayan azot sabitleyici bakterilerin büyümesini ve aktivitesini azaltır ve 2,4-D, fasulye bitkilerinin köklerinde yaşayan bakterilerin azot sabitlemesini azaltır, azotu sabitleyen mavi-yeşil alglerin büyümesini ve aktivitesini azaltır ve toprak bakterileri tarafından amonyağın nitratlara dönüşmesini engeller. Mikoriza mantarları birçok bitkinin kökleriyle birlikte büyür ve besin alımına yardımcı olur. Bu mantarlar topraktaki herbisitlerden de zarar görebilir. Bir çalışma, orizalin ve trifluralinin her ikisinin de mikorizal mantarların belirli türlerinin büyümesini engellediğini ortaya çıkarmıştır. Roundup'ın mikorizal mantarlara karşı toksik olduğu laboratuvar çalışmalarında gösterilmiş ve tipik uygulamalar sonrasında toprakta bulunan derişimlerden daha düşük miktarlarda bazı zararlı etkiler görülmüştür. Triklöpirin ayrıca çeşitli mikorizal mantar türleri için toksik olduğu ve oksadiazonun mikorizal mantar sporlarının sayısını azalttığı bulunmuştur.

## HAVANIN, TOPRAĞIN VE HEDEF OLMAYAN BİTKİ ÖRTÜSÜNÜN KİRLLENMESİ

Pestisit spreyleri, hedef olmayan bitki örtüsüne doğrudan çarpabilir veya tedavi edilen alandan sürüklenebilir veya buharlaşabilir ve havayı, toprağı ve hedef olmayan bitkileri kiretebilir. Her uygulama sırasında, yer ekipmanından bile bir miktar pestisit sürüklenmesi meydana gelir. Sürüklenme, uygulanan kimyasalın %2 ile %25'lik bir kaybına neden olabilir ve bu, birkaç metreden birkaç yüz mile kadar bir mesafeye yayılabilir. Uygulanan pestisit %80-90 kadarı uygulamadan sonraki birkaç gün içinde buharlaşabilir. Konuyla ilgili sınırlı sayıda araştırma yapılmış olmasına rağmen, araştırmalar sürekli olarak havada pestisit kalıntılarının rastlamaktadır. USGS'ye göre ABD'nin örneklenen tüm bölgelerinde atmosferde pestisitler tespit edilmiştir. Araştırılan hemen hemen her pestisit yılın farklı zamanlarında ülke çapında yağmurda, havada, sise veya kardateşitedilmiştir. Ülke çapında örneklenen alanların yarısından fazlasında havada birçok pestisit tespit edilmiştir. Herbisitler bitkileri öldürmek üzere tasarlanmıştır; bu nedenle, bu tür bitkilere doğrudan uygulanırsa veya bunların üzerine sürüklenirse veya buharlaşırsa, arzu edilen türlere zarar vermesi veya öldürmesi şaşırtıcı olmamaktadır. Esterformülasyonlu herbisitlerin çoğunun, diğer bitkilere ciddi zarar vermeye yetecek buharlarla, işlenmiş bitkilerden buharlaştığı gösterilmiştir. Pestisit maruziyeti, hedeflenmeyen bitkileri doğrudan öldürmenin yanı sıra, bitkiler üzerinde ölümcül olmayan etkilere de neden olmaktadır. 2,4-D dahil olmak üzere fenoksi herbisitler, yapraklar üzerinde sürüklenmeleri veya buharlaşmaları halinde yakındaki ağaçlara ve çalılara zarar vermektedir. Herbisit glifosata maruz kalmak tohum kalitesini ciddi şekilde azaltabilmektedir. Ayrıca bazı bitkilerin hastalıklara karşı duyarlılığını da artırabilmektedir. Bu durum nesli tükenmekte olan bitki türleri için özel bir teh-

dit oluşturmaktadır. ABD Balık ve Yaban Hayatı Servisi, yalnızca glifosat nedeniyle tehdit altında olabilecek 74 nesli tükenmekte olan bitkiyi tanımlamıştır. Herbisit klopıralid'e maruz kalmak, patates bitkilerinde verimi azaltabilmektedir. EPA, uygulanan klopıralidin yalnızca %1'inin buharlaşmasının hedef olmayan bitkilere zarar vermek için yeterli olduğunu hesaplamıştır. Bazı insektisitler ve fungisitler de bitkilere zarar verebilmektedir.





Pestisitlerin bitkilere verdiği hasar genellikle Kuzeybatı'daki devlet kurumlarına bildirilmektedir. Bitkiler ayrıca topraktaki mikroorganizmalara ve faydalı böceklerle zarar verildiğinde pestisit uygulamalarının dolaylı sonuçlarından da zarar görebilmektedir. Daktal, klorotalonil, klorpirifos, metolaklor, terbufos ve trifluralin gibi yeni nesil pestisitler Arktik çevre örneklerinde (hava, sis, su, kar) tespit edilmiştir. Diğer çalışmalar, bu bileşiklerden bazılarının

Chesapeake Körfezi ve Sierra Nevada dağları gibi ekolojik açıdan hassas bölgelere kısa mesafeli atmosferik taşınmaya maruz kalma yeteneğini tanımlamıştır.

Britanya Kolombiyası (BC) atmosferindeki pestisitleri araştıran 1996 tarihli uzun süreli bir çalışma, Şubat 1996'dan Mart 1997'ye kadar Fraser Vadisi'ndeki iki örnekleme sahasında (Agassiz ve Abbotsford) 57 kimyasalın araştırıldığını göstermektedir.

Verrin ve arkadaşları tarafından yüksek öncelikli pestisitler olarak tanımlanan yüksek derecede toksik kimyasallar olan atrazin, malathion ve diazinon. (2004), Şubat ayı sonundan (72 pg/m<sup>3</sup>) Ekim ortasına kadar (253 pg/m<sup>3</sup>), 42.7 ngm-3 ile Haziran ortasında en yüksek derişimi tespit etmişlerdir. Dichlorvos başka bir pestisit olan Naled'in (Dibrom) ayrışma ürünüdür. Captan ve 2,4-D bu iki bölgede en yüksek derişimleri ve birikme oranlarını göstermiş, bunu diklorvos ve diazinon izlemiştir. Alberta'da halihazırda kullanılan pestisitlerin havadaki derişimleri, 1999 yılında coğrafya ve pestisit satış verilerine göre seçilen dört örnekleme noktasında araştırılmıştır. Triallate ve trifluralin dört bölgede en çok tespit edilen iki pestisit olmuştur. İnsektisitler (malathion, klorpirifos, diazinon ve endosulfan) aralıklı olarak 20-780 pg/m<sup>3</sup> aralığında derişimlerde tespit edilmiştir. Regina'nın güneyinde, Saskatchewan, 1989 ve 1990'da 2,4-D, Haziran sonunda 3,9 ve 3,6 ng/m<sup>3</sup>'e ulaşmıştır. Triallat, dikamba, bromoksinil derişimleri de 1990 yılına (Haziran ortasında 600-700 pg/m<sup>3</sup>) kıyasla 1989'da (Haziran ortasında 4,2 ng/m<sup>3</sup> zirve derişimi) daha yüksek olarak belirlenmiştir. Bir başka çalışmada Waite ve arkadaşları, Regina'nın 35 km güneybatısında yer alan Bratt Gölü ve kuzeyde Hafford ve Waskesiu'da bir arka plan alanı içeren, 500 km'lik üç alanda seçilen herbisitlerin mekansal varyasyonlarını incelemiştir. 1993-1996 yılları arasında Manitoba'daki South Tobacco Creek'te bazı asit herbisitler araştırılmıştır. Bir kez daha maksimum derişimler yerel kullanım dönemlerinde meydana gelmiştir. Nötr bir herbisit olan atrazin 1995 yılında araştırılmıştır. İlk olarak nisan ortasında tespit edilmiş, yaklaşık 300 pg/m<sup>3</sup> ile haziran ortasında zirveye ulaşmış ve ekim ayı sonuna kadar tespit edilmeye devam edilmiştir. İnsektisit daktal, bu bölgede kullanılmamasına rağmen (< 20-300 pg/m<sup>3</sup>) 1994, 1995 ve 1996'daki örnekleme dönemleri boyunca tespit edilmiştir.





## HEDEF DIŞI ORGANİZMALAR

Pestisitler toprakta, havada, suda ve kentsel peyzajlardaki hedef olmayan organizmalarda yaygın kirletici maddeler olarak bulunur. Oraya vardıklarında, yararlı toprak mikroorganizmaları ve böceklerden, hedef olmayan bitkilere, balıklara, kuşlara ve diğer yabani hayvanlara kadar bitki ve hayvanlara zarar verebilir. Kentsel akarsuların yaygın bir kirleticisi olan Chlorpyrifos, balıklar için oldukça zehirlidir ve artırılmış alanların veya binaların yakınındaki su yollarında balıkların ölmesine neden olmaktadır. Herbisitler balıklar için de toksik olabilir. EPA'ya göre çalışmalar, yabani ot öldürücü Snapshot'taki aktif bir madde olan trifluralinin "hem soğuk hem de sıcak su balıkları için yüksek ile çok yüksek düzeyde toksik olduğunu" göstermektedir. Bir dizi farklı testte balıklarda omurga deformasyonlarına neden olduğu gösterilmiştir. Yabani ot öldürücüler Ronstar ve Roundup da balıklar için akut derecede toksiktir. Roundup'ın toksisitesi muhtemelen ürünün inert bileşenlerinden birinin yüksek toksisitesinden kaynaklanmaktadır. Doğrudan akut toksisiteye ek olarak, bazı herbisitler balıklar üzerinde hayatta kalma şanslarını azaltan ve bir bütün olarak popülasyonu tehdit eden ölümcül olmayan etkiler yaratabilir. Glifosat veya glifosat içeren ürünler, balığın yenilme şansını artıran düzensiz yüzme ve zor nefes alma gibi ölümcül olmayan etkilere neden olabilir. 2,4-D herbisitler, somon balığında fizyolojik stres tepkilerine neden olmuş ve gökkuşağı alabalığının yiyecek toplama yeteneklerini azaltmıştır. Dünya çapında yunuslarda pestisit zehirlenmesine ilişkin çok sayıda vaka rapor edilmiştir. Besin zincirindeki yüksek trofik seviyeleri ve nispeten düşük ilaç metabolize edici enzim aktiviteleri nedeniyle, yunuslar gibi suda yaşayan memeliler, artanderişimlerde kalıcı organik kirletici madde biriktirir ve bu nedenle kirletici maddelere maruz kalmanın toksik etkilerine karşı savunmasızdırlar. Nehir kıyısı ve nehir ağzı ekosistemlerinde yaşayan yunuslar,



noktasal kirlilik kaynaklarına yakın olan habitatlarının sınırlı olması nedeniyle insan faaliyetlerine karşı özellikle savunmasızdır. Nehir yunusları dünyanın en ciddi şekilde nesli tükenmekte olan türleri arasındadır. Nehir yunuslarının popülasyonları azalmakta ve yok olma tehlikesinde yer almaktalar. Çin'deki Yangtze nehri yunusu (Lipotes vexillifer) ve Pakistan'daki İndus nehri yunusunun (Platanista minör) nesli zaten tükenmek üzere. Habitat bozulmasına (baraj inşaatı gibi) ek olarak tekne trafiği, balıkçılık, tesadüfi ve kasıtlı cinayetler ve kimyasal kirlilik nehir yunuslarının sağlığına yönelik tehditler oluşturmaktadır.

Daha önceki çalışmalar, Ganj nehri yunuslarında ve onların balıklarında ağır metal, organoklorlu pestisitler ve poliklorlu bifeniller (PCB'ler) ve butiltin bileşiklerinin miktarlarını bildirmiştir. Hindistan'da organoklorlu pestisitlerin ve PCB'lerin devam eden kullanımı endişe vermektedir. Ganj nehri havzası yoğun nüfusludur ve gübreler, pestisitler, endüstriyel ve evsel atıklar tarafından aşırı derecede kirlenmiştir. Balıkların yanı sıra diğer deniz veya tatlı su

hayvanları da pestisit kirliliği nedeniyle tehlike altındadır. DDT (1,1,1-trikloro-2,2-bis[p-klorofenil]etan) ve PCB'ler gibi kalıcı, biyobirikimli ve toksik kirletici maddelere yüksek derişimlerde maruz kalmanın üreme ve immünolojik işlevler üzerinde olumsuz etkilere yol açtığı gösterilmiştir. Su samuru ve vizon gibi tatlı su sistemlerinde yaşayan su memelilerinin kimyasal kirlenmeye karşı duyarlı olduğu rapor edilmiştir. 2,4-D veya 2,4-D içeren ürünlerin kabuklu deniz hayvanlarına ve diğer su türlerine zararlı olduğu gösterilmiştir. Özellikle suda yaşayan omurgasızlar için oldukça toksiktir ve karides ve midye gibi nehir ağzı ve deniz organizmaları için oldukça toksiktir. Herbisitler bitkileri öldürmek üzere tasarlandığından, sudaki herbisit kirliliğinin su bitkileri üzerinde yıkıcı etkileri olabileceği mantıklıdır. Bir çalışmada oksadiazonun alg büyümesini ciddi şekilde azalttığı bulunmuştur. Alglar, su ekosistemlerinin besin zincirinde yer alan temel bir organizmadır. Herbisit atrazin ve alaklorun akarsulardaki algler ve diatomlar üzerindeki etkilerini inceleyen araştırmalar, kimyasalların oldukça





düşük seviyelerde bile hücrelere zarar verdiğini, fotosentezi engellediğini ve büyümeyi çeşitli şekillerde engellediğini göstermiştir. Herbisit oksadiazon aynı zamanda polen taşıyıcı olan arılar için de zehirlidir. Herbisitler, bu hayvanların yiyecek ve barınak için ihtiyaç duyduğu yaprakları yok ederek böcekler veya örümçeklere dolaylı olarak da zarar verebilir. Örneğin örümcek ve karabiti böcek popülasyonları, 2,4-D uygulamalarının doğal yaşam alanlarını yok etmesiyle azaldı. Güvercinler ve kemirgenler için yem olarak hazırlanmış zehirli tahılları yemeleri halinde hedef olmayan kuşlar da öldürülebilir hale geldi. Yaygın olarak kullanılan bir güvercin yemi olan Avitrol, hedef olmayan tahılla beslenen kuşlar tarafından yutulması açısından büyük bir potansiyel oluşturmaktadır. Tohum yiyen küçük kuşlar için öldürücü olabilir. Yaygın bir kemirgen ilacı olan Brodifacoum, kuşlar için oldukça zehirlidir. Aynı zamanda zehirli kemirgenlerle beslenen kuşlar için de ikincil bir zehirlenme tehlikesi oluşturur. Herbisitler kuşlar için de toksik olabilir. Akut toksisite çalışmalarında

trifluralinin "kuşlar için pratik olarak toksik olmadığı" kabul edilmesine rağmen, herbisite birçok kez maruz kalan kuşlarda, kırık yumurtalar şeklinde üreme başarısında azalma görüldü. Yumurtaların 2,4-D'ye maruz kalması, tavuk yumurtalarının başarılı bir şekilde kuluçkalanmasını azalttı ve sülün civcivlerinde kısırlığa neden oldu. Herbisitler ayrıca yaşam alanlarını yok ederek kuşları da olumsuz yönde etkileyebilir. Temiz kesimlerde glifosat tedavisi, orada yaşayan kuş popülasyonunda dramatik düşüşlere neden oldu. Bazı organoklorinlerin (OC'ler) balık yiyen su kuşları ve deniz memelileri üzerindeki etkileri Kuzey Amerika ve Avrupa'da belgelenmiştir. Devam eden kullanıma rağmen, gelişmekte olan ülkelerde OC'lerin kuş popülasyonları üzerindeki etkileri hakkında çok az şey bilinmektedir. OC kullanmaya devam eden ülkeler arasında Hindistan, son yıllarda en önemli üretici ve tüketicilerden biri olmuştur. Sonuç olarak, Hindistan'daki yabani kuşlar büyük miktarlarda OC pestisitlerine maruz kalmaktadır. Tropikal ülkelerde OC'lerin kullanılması, yalnızca yerleşik kuşların değil aynı zamanda kışın tropik bölgeleri ziyaret eden göçmen kuşların da maruz kalmasına neden olabilir. Hindis-

tan kıtası kışın Batı Asya, Avrupa ve Arktik Rusya'dan gelen çok sayıda kuşa ev sahipliği yapmaktadır. Cılibit, sumru ve çulluk gibi su kuşlarının da aralarında bulunduğu yüzlerce su kuşu türü, her kış uzun mesafeler kat ederek Hindistan'a göç etmektedir.

Kuşların tüm vücut homojenatlarında OC pestisit derişimleri başka yerlerde rapor edilmiş olsa da, av öğelerinde ve Hint kuşlarının yumurtalarında OC rapor edilmemiştir. Dünyanın çeşitli yerlerinde OC'ye maruz kalan yaras popülasyonlarının azalmasıyla ilgili birkaç çalışma da yürütülmekteydi. Dünyadaki yaras popülasyonunun 1936'da 8,7 milyon olduğu tahmin ediliyordu ve 1973'te yaklaşık 200.000'e düştü. 1991'de biraz toparlanarak tahmini 700.000'e ulaştı. Meksika'daki Carlsbad Mağaralarında ve ABD'de New Mexico'daki yarasalarda dokularda p,p'-diklorodifenildikloroeten (p,p'-DDE) bulunmuştur. Yüksek miktarlarda PCB, p,p'-DDE ve/veya oksiklordana maruz kalan küçük kahverengi yarasalarda ölü doğumların meydana geldiği belgelenmiştir. Bu gözlemler yarasaların yüksek derişimlerde OC biriktirebildiğini ve bunların potansiyel toksik etkilerinden etkilenebileceğini göstermektedir. Uçan tilki veya yeni dünya meyve yarasası, kısa burunlu meyve yarasası ve Hint pipistrelle yarasası yerleşik türlerdir ve Güney Hindistan'da çok yaygındır. Yaşam alanları çoğunlukla tarım alanları, kaya mağaraları ve evcilleştirilmiş bölgelerdeki terk edilmiş evlerdir. Böcekler birçok yaras için önemli bir besin kaynağı oluşturur ve OC'lerin vücutlarından geçişine izin verir. Gelişmiş ülkelerdeki kuşların karaciğerlerinde ve yumurtalarında birçok araştırmada OC pestisitleri ve PCB'ler bulunmuştur. Benzer şekilde, birçok çalışma Hindistan'daki insanlar ve yaban hayatı da dahil olmak üzere çeşitli biyotalarda OC'lerin olduğunu bildirmiştir. Ancak kuşların tüm vücut homojenatlarını kullanan hiçbir çalışma yoktur; bu, OC'lerin biyomagnifikasyon özelliklerini ve vücut yüklerini değerlendirmek için önemlidir. Daha önceki çalışmalarda OC'lerin biyomagnifikasyonunu tahmin etmek için spesifik vücut dokuları kullanılmıştır.



## SONUÇ

Çevre ve sağlık risk değerlendirme çalışmalarına ilişkin veriler, sorunun daha iyi anlaşılmasına yardımcı olarak değerlendirilebilir. Gelişmekte olan ülkelere tanımlanmış popülasyonlar arasında pestisit bağlantılı hastalıkların oluşumuna ilişkin veriler yetersizdir. Alan profillerine dayalı temel tanımlayıcı epidemiyolojik verilerin oluşturulmasına, akut zehirlenme vakalarının azaltılmasına yönelik müdahale stratejilerinin geliştirilmesine ve yüksek riskli gruplara yönelik periyodik surveyans çalışmalarına ihtiyaç vardır. Çalışmalar salgınlara ve pestisitlere kazara maruz kalmaya ilişkin araştırmaları, korelasyon çalışmalarını, kohort analizlerini, ileriye dönük çalışmaları ve müdahale prosedürlerine ilişkin rastgele denemeleri içermelidir. Genel popülasyonun vücut sıvıları ve dokularındaki kalıntı seviyeleri şeklindeki insan maruziyetinin son ürün izlenerek değerli bilgiler toplanabilir. Pestisitlerin güvenli kullanımını sağlamak için temel bir araç olarak işçilerin eğitim ve öğretiminin önemi giderek daha fazla kabul edilmektedir. Pestisitlerden insanın elde ettiği geniş faydalar nedeniyle, bu kimyasallar risk-fayda denklemleriyle oynayanlara en iyi fırsatı sunuyor. Pestisitlerin hedef olmayan türler (insanlar dahil) üzerindeki ekonomik etkisinin gelişmekte olan ülkelerde yıllık yaklaşık 8 milyar dolar olduğu tahmin edilmektedir. Gerekli olan, maksimum güvenlik marjını sağlamak için tüm riskleri faydalara karşı tartmaktır. Pestisit kullanımının toplam maliyet-fayda tablosu, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Hiç kimse kıtlığı ve sıtma gibi bulaşıcı hastalıkları tercih etmeyeceğinden, gelişmekte olan ülkeler için pestisit kullanmak zorunludur. Bu nedenle makul derecede bir riskin kabul edilmesi uygun olabilir. Pestisit kullanımına olan yaklaşım pragmatik olmalıdır. Bir başka deyişle pestisitlerle ilgili tüm faaliyetler ticari kaygılara değil, bilimsel yargılara dayanmalıdır. Pestisitlerden kaynaklanan insan sağlığına yönelik risklerin tam olarak değerlendirilmesinde bazı doğal zorluklar bulunmaktadır. Örneğin yaş, cinsiyet, ırk, sosyo-ekonomik durum, beslenme, sağlık durumu

vb. gibi çok sayıda insan değişkeni vardır ve bunların hepsi insanın pestisitlere maruziyetini etkiler. Ancak bu değişkenlerin etkileri hakkında pratikte çok az şey bilinmektedir. Bir pestisitlere düşük düzeyde maruz kalmanın uzun vadeli etkileri, diğer pestisitlere ve ayrıca hava, su, gıda ve ilaçlarda bulunan kirleticilere eş zamanlı maruziyetten büyük ölçüde etkilenmektedir. Pestisitler genellikle kentsel peyzajlardaki yabancı otları ve böcek zararlılarını kontrol etmek için hızlı, kolay ve ucuz bir çözüm olarak kabul edilmektedir. Ancak pestisit kullanımının önemli bir maliyeti vardır. Pestisit kalıntıları, ülkeler genelinde toprakta, havada, yüzey ve yer altı sularında bulunmakta ve kentsel pestisit kullanımı da soruna katkıda bulunmaktadır.

Pestisit kirliliği, çevre ve faydalı toprak mikroorganizmalarından böceklerle, bitkilere, balıklara ve kuşlara kadar hedef olmayan organizmalar için önemli riskler oluşturmaktadır. Yaygın yanlıgıların aksine herbisitler bile çevreye zarar verebilmektedir. Pestisit kullanımından kaynaklanan faydaların kapsamını ve doğasını analiz etme uygulaması; araştırma, hayal kurma ve damıtmanın bir karışımı olmuştur. Ekonomik, sosyal veya çevresel fayda türlerinin renk kodlaması, topluluk düzeyinde faydaların çoğunun sosyal ve bazı zorlayıcı ekonomik faydalar olduğu gerçeğini ortaya koymaktadır. Ulusal düzeyde, faydalar temel olarak ekonomik olup, bazı sosyal faydalar ve bir veya iki çevresel fayda bulunmaktadır. Çevresel faydalar ancak küresel düzeyde gerçekten devreye girmektedir.

Ekonominin sürdürülebilir kalkınmasına destek olarak sağlık üzerindeki olumsuz etkilerin önlenmesi ve sağlığın geliştirilmesinin işveren ve çalışanlar için karlı bir yatırım olduğu mesajının verilmesine ihtiyaç vardır. Özetlemek gerekirse, doğrudan ve/veya çıkarımsal bilgilere ilişkin sınırlı bilgilere dayanarak pestisitlerin alanı, insanların yaşam boyu maruz kaldıkları durumlarda belirli bir belirsizliği göstermektedir. Bu nedenle, insanların pestisitlere maruz kalmasını en aza indirmek için bilgi, yetenek ve uygulamalara dayalı sağlık eğitimi paketleri geliştirmek ve bunları toplumda yaygınlaştırmak oldukça önem arz etmektedir.



