

TARIMSAL SAVAŞIMDA KULLANILAN PESTİSİTLERİN YOL AÇTIĞI ÇEVRE SORUNLARI

Prof. Dr. Mehmet YILDIZ¹ Prof. Dr.M.Oktay GÜRKAN² Dr. Cafer TURGUT³ Dr.Ümmühan KAYA⁴
Gültekin ÜNAL⁵

ÖZET

Tarımsal ekosistemler, doğal ekosistemlerin aksine insanların üretimi artırma çabaları nedeniyle çeşitli biçimlerde gübre, pestisit gibi birçok ek enerji katkısı ile bir anlamda yapaylaştırılmış ekosistemlerdir. Ekolojik açıdan bakıldığında tarımsal ekosistemler çoğunlukla tek bir bitki türüyle sınırlanmış yapıları yüzünden genelde istikrarsız ve zayıf olarak kabul edilmektedir. İşte böyle bir ekosistemde ürün kaybına neden olan zararlı, hastalık ve yabancı otlara karşı yapılan ilaçlamalarda atılan ilacın %0.015-%6.0'sı hedef alınan canlı üzerine ulaşmakta (Çizelge 1) ve yeterli etki alınmakta, geri kalan % 94-99.9'luk kısım ise agroekosistemde hedef olmayan organizmalara ve toprağa ulaşmakta yada çevredeki doğal ekosistemlere sürüklenme ve akıntı nedeniyle kimyasal kirleticiler olarak karışmaktadır.

Çizelge 1. Farklı yöntemlerle uygulanan pestisitlerden teorik olarak yararlanılan kısım (Graham-Bryce, 1977).

Etkili madde	Uygulama yöntemi	Hedef zararlı	Yararlanma yüzdesi
Dimethoate	Yeşil aksam	Bakla-yaprak biti	0.03
Dieldrin	Tohum ilaç.	Buğday- <i>Eptohylamia coaretata</i> larvası	0.0015
Lindane	Uçak	Çekirge (nimf)	6.0

Çizelge 1'in incelenmesinden de anlaşılacağı gibi, ilaçlama tekniklerinin hemen hepsinin, uygulanan dozun hedef tarafından alınan miktarı yada o popülasyonu oluşturan bireylere doğrudan atılması varsayımı dikkate alındığında, verimsiz olduğu anlaşılmaktadır. Nitekim Brown (1951) bir böceği öldürmek için genelde 0.03 μ 'nin yeterli olduğunu, bir alanda 1 milyon böcek için ise 30 mg etkili madde yeterli olmasına rağmen arazide ancak bunun yaklaşık 3000 katının uygulanmasıyla yeterli etki alınabildiğini belirtmektedir. Bu durum ilaçlama tekniklerinin henüz istenilen seviyeye ulaşamamasının sonucudur. Şu da unutulmamalıdır ki, zararlı, hastalık ve

1 Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü - İzmir

2 Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki koruma Bölümü - Ankara

3 Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki koruma Bölümü – Aydın

4 Tarım Köyşleri Bakanlığı Bornova Ziraat Mücadele Araştırma Enstitüsü – İzmir

5 Ziraat Mühendisi Pestisit Toksikolojisi Uzmanı - Ankara

yabancı otların biyolojileri itibarıyla bunlarla yapılacak tarımsal savaş faaliyetlerinden yüksek yararlanma beklenmemelidir. Bilindiği gibi enerjinin esas kaynak olan bitkilerden başlayarak daha üst düzeye iletilmesi besin zincirleri vasıtasıyla olur. Bu zincirin ilk halkasını bitkiler, sonraki halkalarını otçul ve etçil hayvanlar oluşturur. Bir ekosistemde yaşayan tüm canlılar arasında denge vardır. Herhangi bir düzeyde meydana gelen değişme farklı kademelerde dalgalanmalar oluşturarak varolan dengenin bozulmasına neden olur. Bu dengenin korunması diğer önlemler yanında tarım ilaçlarının uygun kullanımı ile mümkündür.

İnsektisit kullanımının çevrede oluşturabileceği risklerle ilgili ilk endişeler ve araştırmalar sentetik pestisitlerin keşfiyle beraber 1940'lı yıllarda başlamıştır. Örneğin, Cottam ve Higgins 1946 yılında DDT'nin balıklara ve yaban hayatına olan doğrudan ve dolaylı etkisini çalışmıştır. Ancak, pestisit kullanımının çevrede oluşturduğu riskleri ilk kez 1962 yılında yayınlanan "Sessiz Bahar (Silent Spring)" adlı yapıtında ele alan Amerikalı yazar Rachel Carson kamuoyunda geniş bir ilgi uyandırmıştır.

Nitekim yapılan araştırmalar sonucunda fizikokimyasal özellikleri nedeniyle kalıcı özelliğe sahip bu grup ilaçlar çok sayıda kuş ve balık ölümlerine neden olmuş, besin zincirinin en sonunda bulunan insanoğluna daha da yoğunlaşmış olarak ulaşmıştır. Sonraki yıllarda ise bazı ülkelerde kullanımlarına kısıtlamalar getirmiş, bazı ülkelerde tamamen yasaklanmıştır. Ülkemizde ise Dieldrin 1971, Aldrin, Chlordane ve Heptachlor, 1979 yılında tamamen yasaklanmış, DDT ve BHC'nin kullanımına 1978 yılında kısıtlama getirilmiş ve 1985 yılında ise tamamen yasaklanmıştır.

Gerek bu tecrübeden gerekse pestisit-çevre etkileşimi ile ilgili yoğun araştırma ve dolayısıyla bilgi birikiminden sonra pestisitlerin ruhsatlandırılması ve kullanımına daha sıkı denetim ve kısıtlamalar getirilmiştir. Buna paralel olarak da ruhsatlandırma aşamasında çevre ile ilgili olarak hemen tüm dünyada kabul edilen standart metotlarda, elde edilen bilgi ve belge sayısında hızlı bir artış olmuştur. 1950'li ve 1980'li yıllarda çevre ile ilgili istenen araştırma konuları (Graham-Bryce, 1988) Çizelge 2'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Çizelge 2. İlaçların ruhsatlandırılması sırasında çevresel risk yönünden kabul edilebilmesi için istenen laboratuvar ve küçük parsel denemeleri

1950	1980
<ul style="list-style-type: none"> - Akut toksisite:kuş - Akut toksisite :balık - Akut toksisite :arı 	<ul style="list-style-type: none"> - Akut toksisite: balık (3 tür) - Balık, Biyoakümülyasyon - Akut toksisite: suda yaşayan 4 tür - Akut toksisite : deniz yosunu - Su piresi (Daphnia magna) üreme -Akut toksisite: Bal arısı -Akut toksisite: kuş (2 tür) -Kuşlarda beslenme çalışmaları -Toprak faunasına etkileri -Toprak solucanlarında kalıntının etkisi, Toprakta nitrifikasyon ve CO₂ değişimine etkisi -Fizikokimyasal özellikler, bilhassa octanol/su dağılıma katsayısı

Çizelge 2'ün incelenmesinden de anlaşılacağı gibi 1950'li yıllarda arı, kuş ve balıklarla yapılan ilk toksisite değerleri ruhsatlandırma için yeterli görülmesine karşın; 1980 li yıllarda kısa, uzun süreli toksikolojik çalışmalar ile çok fazla sayıda arazi çalışmalarına kısacası yoğun araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak ilk toksisite değerlerinden ilaçların çevredeki riskleriyle ilgili önlemler ve kısıtlamalar getirilmesi gerçekçi bir yaklaşım değildir. Bu nedenle, Çizelge 2'de belirtilen hususların yanı sıra ilave bilgilere ve tarla çalışmalarına da gerek duyulabilmektedir.

Böylece her etkili maddenin kendi özelliğinden kaynaklanan direkt toksisite değerleri Çizelge 3'de kullanılan sınıf değerlerine göre (Metcalf, 1975) belirlenerek gerçek alanda risk oluşturacak olanlar saptanır. Ülkemizde de ilaçların çevresel risklerinin değerlendirilmesinde ruhsatlandırma aşamasında Çizelge 2'de açıklanan hususların önemli bir kısmı gözününde bulundurulmaktadır.

Çizelge 3. Çevresel risk yönünden laboratuvar ve küçük parsel denemeleriyle elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde kullanılan sınıflandırma (Metcalf, 1975).

Sınıf	Balık (LC ₅₀) 48 saat <i>Lepomis</i> <i>Macrochirus</i> mg/l	Kuş (LD ₅₀) Akut <i>Collinus</i> <i>Virginianus</i> s mg/kg	Arı (LD ₅₀) Değme <i>Apis</i> <i>mellifera</i> μ g/arı	Kalıcılık Yar.ömrü Ay-yıl
1	100	>2000	>100	<1 ay
2	10-100	500-2000	10-100	1-4 ay
3	1-10	50-500	1.0-10.0	4-12 ay
4	0.1-2	10-50	0.1-1.0	1-3 yıl
5	<0.1	<10	<0.1	3-10 yıl

Sınıf değeri 1, zehirliliği düşük yada kalıcılığı az, sınıf değeri 5 ise çok zehirli yada uzun süreli kalıcılığı ifade etmektedir.

Özellikle son yıllarda ölçülmesi ve belirlenmesi son derece güç olan dolaylı ve ekolojik etkiler üzerinde çalışmalar ve araştırmalar yoğunlaştırılmıştır.

EPPO 1993 yılında Bitki Koruma ilaçlarının çevresel risklerinin değerlendirilmesine yönelik iş akış şeması geliştirmiştir (Çizelge 4)(Anonymous, 1993).

Çizelge 4. EPPO tarafından Bitki koruma ilaçlarının çevresel risklerinin değerlendirilmesine yönelik iş akış şemaları

1.Cansız çevrenin bulaşması
a)Toprak b)Yer altı suyu c)Yüzey suları
2.Organizmalara etkisi
a)Suda yaşıyan organizmalar b)Toprak mikroflorası c)Toprak solucanı d)Doğal düşmanlar e)Bal arısı f)Karada yaşayan hayvanlar

1.GİRİş

Pestisitler , modern tarımın tamamlayıcı bir bileşeni halindedir, ve dünyanın tüm agro ekosistemlerinde üretim süreci bir veya daha fazla pestisit uygulamasına gereksinim duymaktadır. Ürün artışına bağlı olarak , sebze ve meyvelerde yılda 10 – 15 pestisit uygulaması normal karşılanabilmektedir.Birçok uygulamada birden fazla aktif madde kullanılabilir. Bu aktif maddeler özellikle hastalık , zararlı ve yabancı otları öldürmek üzere dizayn edilmişlerdir.

Hastalık, zararlı ve yabancıotların tarımsal üretimde neden olduğu kayıp ortalama olarak % 20 – 40 arasında değişmektedir. Bu kayıplar hasat , kurutma, depolama , işleme aşamalarda da devam etmektedir. Dünya hububat üretimini yaklaşık % 20 si hasat öncesi ve sonrası aşamalarda kaybolmaktadır. Pestisitler, hastalık , zararlı ve yabancı otların zararlarını azaltmaktadır, bunun sonucunda üretim artmakta, kalite yükselmekte, ekonomik geri dönüş artmaktadır. Pestisit kullanımı 1940 lı yıllardan beri tarımsal üretimi arttıran en önemli bileşendir.

Pestisitlerin Tarihcesi ve Kullanım Öyküleri

Pestisitlerin kullanımı Roma ve eski Yunan dan beri süregelmektedir , fakat 19 yüzyılın son dönemlerinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. İkinci dünya savaşı sonrasında hastalık, zararlı ve yabancı otların kimyasal savaşımı konusunda önemli ilerlemeler olmuştur.

İlk pestisitler fungusit olarak kullanılan kükürt ve yine fungusit ve insektisit olarak kullanılan arsenik,bakır ve demirin basit tuzları gibi inorganik maddelerdir. Organik bileşikler olarak ilk olarak bitki ekstraktları olan derris,nikotine ve pyrethrum kullanılmıştır. Bu pestisitlerden birçoğu yüksek düzeyde toksiktirler ve kullanımları tehlikelidir.

Pestisitlerin sayısı ve kompleksliği 1940 yıllar boyunca hızla artmıştır. İnsektisit olan DDT ve HCH ile hormon karakterli olan herbisitlerden 2,4-D ve MCPA 1940 yılların sonunda kullanılmaya başlanmıştır. Bunları 1950 li yıllarda dieldrin ve aldrin gibi insektisitler takip etmiştir.

Dünya pestisit pazarının değeri yaklaşık 30 milyon euroluk bir pazardır (CPA,2000a). Dünya pestisit kullanımı Çizelge 5 de özetlenmiştir. Herbisitler ve insektisitler en yaygın kullanılan formülasyonlardır. Kullanılan pestisitlerin % 60 dan fazlası sebzeler,hububat ekiliş alanlarında kullanılmaktadır. Global kullanımın %55 i Kuzey Amerika ve Batı Avrupa da kullanılmaktadır, ancak Doğu Avrupa da da dikkate değer bir artış gözlenmektedir (CPA 2000 a). Batı Avrupa da 80 milyon hektarda tarımsal üretimin yapılmaktadır. Bu alanın 5 50 den fazlasında hububat üretimi yapılmaktadır ve tüm alanlarda herbisit kullanılırken , % 60 – 80 nin de fungusit, % 15-98 de ise insektisit kullanılmaktadır (Bigler *et al.*,1992). İngiltere de hububat ekilen alanlarda hektara 3.8 kg pestisit ve 10 farklı aktif madde kullanılmaktadır (Boatman *et al.*,1999). Batı Avrupa hektara düşen pestisit miktarı en yüksek olan Ülkeler Hollanda ve Yunanistan dir. Yıllık pestisit kullanımını iklim koşullarına bağlı olarak sürekli değişmektedir.

Çizelge 5. Dünya Pestisit Kullanımı (CPA 2000 a)

BÖLGELER	PAZAR PAYI	ÜRÜN	KULLANIM YÜZDESİ
KUZEY AMERİKA	29.4	HERBİSİT	49.6
DOĞU ASYA	25.3	İNSEKTİSİT	26.2
BATI AVRUPA	22.4	FUNGUSİT	19.5
LATİN AMERİKA	15.3	DİĞER	4.7
DOĞU AVRUPA	2.9		
DİĞER	4.7		

Ülkemizdeki pestisit pazarı Avrupa ülkelerine oranla son derece küçüktür. Yıllık tüketim miktarı hektara 400 – 700 gram civarındadır. Bu pazarın parasal değeri dünya pazarının yüzde birinden azdır. Ancak ülkemizde belli bölgelerde , hektara kullanılan pestisit miktarı dünyanın en yoğun ilaç kullanılan bölgeleri düzeyindedir. Bu bölgelerde , pestisit kaynaklı çevresel risk yüksektir.

Pestisitler , tarımsal zararlılar,hastalıklar ve yabancı otlara karşı geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Aynı zamanda birçok iç ve dış parasite karşı hayvansal üretim sürecinde ve halk sağlığı amaçlı olarak karasinek,sivrisinek savaşımında da kullanılmaktadırlar. Pestisitlerin formülasyonlarında aktif madde yanında birçok yardımcı madde yer almaktadır. Bu yardımcı maddeler; eriktenler, sıvı ve katı taşıyıcılar, güvenlik arttırıcılar ve beklenen etkinin arttırılmasına yardımcı olan maddelerdir. Pestisitler genellikle sıvı yada katı halde pazarlanmaktadır. Sulu konsantreler, emulsiye olabilen konsantreler, suspansiyon konsantreler, ıslanabilir tozlar, suda eriyebilen tozlar, granüller ve tozlar en yaygın kullanılan formülasyonlardır.

Aktif maddeler kimyasal isimleriyle bilinirken, genellikle çok yaygın kullanılan ticari isimleriyle de anılmaktadırlar. Tek bir aktif maddenin farklı firmalar tarafından pazarlanan değişik ticari isimli benzerleri pazarda bulunabilmektedir. Herbisitler genellikle , yabancı ot problemine bağlı olarak üretim sürecinin belirli bir zamanında -,örneğin ekim öncesi,ekim sonrası gibi –kullanılmaktadırlar. Fungusitler ve insektisitler üretim süreci içinde birkaç defa kullanılabilirler.

Pestisitler , genellikle suyla karıştırılarak ,farklı özelliklere sahip aletlerle , direkt olarak ürünler üzerine uygulanmaktadırlar. Yer aletleriyle yapılan ilaçlamalar çok yaygın olarak tercih edilmekle birlikte birçok ülkede havadan ilaçlamalarda yaygın olarak tercih edilmektedir. Katı formülasyonlar genellikle üretimin başlangıcında tohum ilacı olarak yada hasat sonrası depolanan üründe kullanılmaktadır. Granül herbisitler,insektisitler ve fungusitler doğrudan toprağa uygulanmaktadırlar.

Pestisitlerin Toksikitesi

Pestisitler hedef organizmalarda farklı şekillerde etkili olmaktadır, bu mekanizma çok kompleks olmakla birlikte , hedef organizmadaki toksisite biyokimyasal bir süreç sonucunda ortaya çıkmaktadır. Kimyasal maddeler iki tipde toksik etki oluştururlar:

- Akut toksisite ; tek bir dozda alındığında kısa sürede ortaya çıkan ve belirtileriyle tanımlanabilen etki
- Kronik toksisite ; uzun bir süreçte, öldürücü doz altındaki tekrarlı alımlarda ortaya çıkan toksisite

Akut toksisitenin ölçüsü LD₅₀ değeridir. Bu değer popülasyonda % 50 oranında ölüm oluşturan doz olarak tanımlanabilmektedir. Düşük LD₅₀ değeri o bileşiğin toksisitesinin yüksek olduğunu göstermektedir.

Çizelge 6. Pestisitlerin akut toksisite yönünden sınıflandırılması (sıçanda LD₅₀ mg/kg)

Sınıf	Ağız		Deri	
	Katı*	Sıvı*	Katı*	Sıvı*
Ia. ÇOK ZEHİRLİ	<5	<20	<10	<40
Ib. ZEHİRLİ	5-50	20-200	10-100	40-400
II. ORTA DERECEDE ZEHİRLİ	50-500	200-1000	100-1000	400-4000
III. AZ ZEHİRLİ	>500	>2000	>1000	>4000

*Katı ve sıvı terimi sınıflandırmaya tabi tutulan etkili maddenin fiziki halini ifade etmektedir

2. PESTİSİT KİRLİLİĞİNİN NEDENLERİ

Kirletici olarak Pestisitler ; Pestisitlerin çevresel etkileri onların uygulanma şekillerine , formülasyonlarına ve uygulanma zamanlarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Pestisitlerin çevresel etkileriyle ilişkili ilk toplumsal tepkiler 1960 yıllarda başlamış , 1962 yılında Rachel Carlson tarafından yayınlanan Sessiz Bahar isimli kitap bu konuda bir milad olarak kabul edilmektedir.

Pestisitlerin tarımsal üretimde kullanılmalarının nedenlerini özetleyecek olursak ;

- Düşük maliyet ve yüksek ekonomik getiri
- Tarımın entansifleşmesi ve yüksek verimli ürün varyetelerinin pestisit uygulamalarına fazlaca gereksinim duymaları
- Pestisit kullanımındaki yanlış anlaşılmalardan kaynaklanan hatalı uygulamalar
- Sebze ve meyve gibi yüksek değerdeki ürünlerde zararlılarda korunma çabalarının artışı

İdeal bir pestisit yalnızca hedef organizmayı etkileyen , kalıcı olmayan ve çevresel etkileri zararlı olmayan kimyasal madde olarak tanımlanabilir (Conway ve Pretty ,1991). Birçok pestisit hedef dışı organizmalarda doğrudan toksik etkilere sahip olmamakla birlikte, ekosistemde taşınmakta ve ekosistemde zararlı olabilmektedir. Pestisitlerin kirliliğe neden olma yollarını

- Yüzey ve yer altı sularına direkt bulaşma
- Toprağa bulaşma,
- Hedef dışı organizmalara doğrudan bulaşma
- Hedef dışı organizmaların kalıntıları yada kalıcı bileşikler nedeniyle bulaşması

Dar alanlarda ortaya çıkan yoğun pestisit kirliliklerinin başlıca nedeni , yetersiz ve hatalı tarımsal uygulamalar, kazayla oluşan dökülmeler, uygulama araçlarının yıkanması ve temizliğiyle ortaya çıkabilmektedir. Yaygın kirlilik çoğu kez yeterli tarımsal uygulamaların yapıldığı alanlarda ortaya çıkabilmektedir, genellikle kullanılan pestisit önemli bölümü hedef organizma dışına gitmektedir. Pestisit uygulamalarında kullanılan miktarın % 0.1 den az bölümü hedef organizmaya ulaşırken diğer bölümü ekosisteme karışmaktadır.

Pestisitlere Direnç ve Yeni zararlıların ortaya çıkışı ; Belirli pestisitlerin çok tekrarlı olarak kullanılması sonucunda , zararlı organizmalarda seleksiyon sonucunda dirençli popülasyonların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Genellikle kısa yaşam döngülü ve yıllık döl sayıları fazla olan Zararlı türlerde direnç probleminin ortaya çıkışı çok kısa sürede olmaktadır. Dirençli popülasyonlar üreticilerin daha sık aralıklarla ve yüksek dozda ilaçlama yapmalarına neden olmaktadır. Bu davranış hem direnç probleminin artmasına neden olurken, hemde çevrede kirliliğe neden olmaktadır.

Aynı zamanda yoğun ve fazla pestisit kullanımı kısa süre ekosistemdeki doğal baskı unsurlarını zararlandırmakta ve bunun sonucu olarak o güne kadar popülasyonları ekonomik oranda zarar oluşturamayan bazı zararlı organizmaların popülasyon yoğunluklarının artmasına neden olmaktadır.

3. PESTİSİTLERİN ÇEVREDEKİ DAVRANIŞLARI VE SONLARI

Pestisitlerin çevredeki davranışlarını ve sonlarını belirleyen birçok faktör vardır. Bu faktörler pestisitlerin bir kirletici olmasına neden olmaktadır.

Kalıcılık

Uygulama sonrası bir pestisit değişik düzeylerde biyolojik ve kimyasal parçalanmaya maruz kalmaktadır. Sahip olduğu yetenekler sayesinde parçalanmaya karşı bir direnç göstermektedirler. Genel olarak doğal orijinli pestisitler örneğin pyrethrum güneş ışığında hızla parçalanmaktadır. Bunun aksine birçok sentetik pestisit yüksek düzeyde kalıcıdır. Bazı pestisitler parçalandıklarında ana bileşikten çok daha tehlikeli ürünlere dönüşebilmektedirler.

Pestisitlerin çevredeki davranışlarını tahminde kullanılabilecek pratik bir indikatör, onların suda çözülebilirlikleri ve dağılım katsayıları (K_{ow}) dır. Eğer K_{ow} değerinin logaritması yüksekse bu o kimyasalın hidrofobik olduğunu ve organik moleküllere kolayca bağlanabileceğini gösterir. Dağılım katsayısı değeri 7 den büyük olan bileşikler agroekosistemde çok fazla hareketli değildirler, ve organik moleküllere kolayca bağlanarak toprak veya sediment tabakasında birikebilmektedirler. Buna karşılık dağılım katsayısı 4 – 7 arasında olan kimyasallar lipofilik özelliktedir ve bu bileşikler yağlı dokularda kolaylıkla birikmektedirler. Eğer biyolojik birikim olursa bunun sonucu olarak besin zincirine taşınma ve bu yolla yüksek canlıların bu kimyasallardan etkilenmesi kolaylaşmaktadır. İnorganik pestisitler çevrede uzun süre kalıcı özelliktedirler. Mesela bakırlı fungusitlerin sık kullanılmasıyla agroekosistemdeki birikmeler sonucunda ürünlerde toksisite, faydalı toprak organizmalarında azalma ve ürün kayıpları ortaya çıkabilmektedir (Helling et al.,2000).

Bu nedenle genelde K_{ow} değeri büyüdükçe Biyokonsantrasyon riski artmasına, suda çözünürlük arttıkça biyokonsantrasyon riski azalmasına rağmen diğer faktörleri de dikkate almak gerekmektedir. Bunlar arasında ilacın degradasyonu ile kullanım sıklığı son derece önemli iki faktördür. Örneğin son yıllarda kullanıma giren böcek büyüme düzenleyicilerine bakıldığında bunlarında lipofilik özellikte oldukları bilinmektedir. Bu nedenle de P_{ow} değerleri oldukça yüksektir.

Toprakta Pestisitler

Genel olarak atılan ilacın, uygulama tekniği, bitkinin fenolojik durumu ve bitki sıklığına bağlı olarak %14-80'nin toprağa ulaştığı bildirilmektedir (Coushee, 1960; Cilgi and Jepson, 1992). Toprak mikroflorasını oluşturan algler, aktinomisetler, funguslar, toprak solucanları, örümcek gibi canlı organizmaların her birinin toprağın fiziksel özelliklerini düzeltmek, nitrifikasyonu gerçekleştirmek, toprakta organik maddenin ayrışması ve humus teşekkülüne hizmet ederek toprak verimliliğine etkileri yönünden önemli görevleri vardır (Akalın, 1968). Ülkemizde, pestisitlerin toprak mikroflorasına etkileri ile ilgili hususlar pestisit grupları bazında ele alınarak incelenmiştir (Soran, 1980;Sezgin, 1984).

İlaçların fizikokimyasal özelliklerinden tutulma katsayısı ile dağılma katsayısı topraktaki davranışını etkileyen önemli özelliklerdir. Özellikle bu husus toprak kökenli zararlılar ile sistemik olan ve bitki kökleri vasıtasıyla alınıp emici böceklerle karşı etkili olan ilaçlarda önem kazanır

Çizelge 7.Toprakta farklı etki şekilleri için özellikler(Graham-Bryce, 1984)

Etki	Dağılma katsayısı hava/su	Toprakta Tutulma Katsayısı Kd
Fümgant	>0.01	<5
Residüyel etki (Orta Düzeyde hareketlilik)	10^{-3} - 10^{-6}	5-20
Lokal etki (Tohum ilaçlaması)	10^{-3} - 10^{-6}	20-50
Granül uygulaması (Kalıntı etkisi düşük)	ihmal edilebilir	> 10^3

Kd değeri 40'a kadar olan ilaçlar toprak uygulamaları için ideal kabul edilmektedir. Hava/su dağılma katsayısı düşük olan pestisitler özellikle kurak koşullarda daha düşük etki gösterme eğilimindedirler. Fümgant etki için dağılma katsayısının >0.01 olması ve toprakta tutulma katsayısının ise kısıtlı olması gereklidir.

Toprağa atılan veya toprağa ulaşan etkili maddenin topraktaki davranışını bilmek çok önemlidir. Çalışmalar genel olarak **DT₅₀** ve **Kd** olmak üzere iki aşamalı olarak yürütülmektedir.

DT₅₀ Çalışmaları:

Bu çalışmalarda etkili maddenin ve metabolitlerinin parçalanma ve dönüşüm hızı diğer bir deyimle "toprakta yarılanma ömrü" bulunur. Toprakta yarılanma ömrü zaman ölçüsü olup, gün olarak verilir ve **DT₅₀** olarak gösterilir. Topraktaki etkili madde konsantrasyonunun %50'sinin degradasyona uğraması için geçen zaman olarak tarif edilir. Günümüzde Kuzeybatı ve Orta Avrupa Ülkelerinde etkili maddenin %90'ının parçalanması için gerekli sürenin en fazla 100 gün olması halinde kullanımına izin verilmektedir. Yani, **DT₉₀**'nin eşik değeri 100 gün olarak kabul edilmektedir. Her ülke bu değeri kendi koşullarına, tarım şekline ve toprak tipine göre belirlemek durumundadır.

Tutulma katsayısı (Kd):

Öncelikle etkili maddenin ve metabolitlerinin tutulma katsayısı (Kd) belirlenir. Bu katsayı, toprak yüzeyindeki tutunmanın, tutulan miktarın salınışına oranlanması (adsorption/desorption çalışmaları) ile saptanır. Bu çalışmalar laboratuvar koşullarında 3 veya 4 farklı toprak tipinde, organik madde içeriği ve PH'sı farklı olan topraklarda yapılır. Bu katsayının önemi topraktaki mineral maddelerle, organik madde arasındaki moleküler düzeydeki etkileşimdir. Etkili maddelerin yer altı sularına bulaşma riski yer altı suları bölümünde detaylı olarak işlenecektir. İşte tüm bu çalışmalardan sonra toprak sürüm derinliğindeki toplam ve kullanılabilir miktarın konsantrasyonu bulunur ve uygulama dozu ve sayısı ile birlikte değerlendirilerek ekotoksikolojik verilerle birlikte değişik toprak organizmalarında oluşturacağı risk

belirlenir. Bitki koruma ilaçlarının topraktaki davranışını tespit etmek için bu bilgilerden yararlanılarak günümüzde bir çok modeller geliştirilmiştir (Walker and Barnes, 1981; Jury *et al* 1983; Boesten and Vander Linden 1991'e atfen Anonymous, 1993).

Yüzey Sularında Pestisitler

Bir ilacın uygulanması sırasında ilaçların yüzey sularına ulaşmasını önlemek için gerekli çabanın gösterilmesi gerekmektedir. İlacın yüzey sularına bulaşması iki kategori içerisinde incelenebilir.

Kısa süreli: sürüklenme (drift), yüzeyden akma, yüksek doz.

Uzun süreli: İlaç ve ilaç kaplarının kanalizasyon ve akarsulara dökülmesiyle, havadaki ilaç kalıntıları yoluyla yüzey sularına, bulaşma olmaktadır.

Yüzey sularına bulaşma riski, ülkeler hatta bölgeler arasında farklılık gösterebildiğinden ülkesel düzeyde her bir bulaşma etkeninin rolü ayrı ayrı değerlendirilmelidir. Özellikle ilaçların sürüklenmesi ilaçlama için kabul edilen meteorolojik koşullar içerisinde ilaçlama yapılan ürün ile ilaçlama tekniğine göre değişmektedir. Bu konuda Hollanda ve Almanya kendi ülkeleri için "**Sürüklenme (Drift) Modeli**" geliştirmişlerdir. Böylece uygulama şekli ve uygulanan ilacın özelliği dikkate alınarak yapılan analiz sonuçlarına göre ilaçlar, yüzey sularına ulaşma riski ihmal edilebilir, düşük, orta ve yüksek riskli olmak üzere dört sınıfa ayrılmaktadırlar (Levey 1992'ye atfen Anonymous, 1993).

Uygulama sonrası sürüklenme nedeniyle yüzey sularına ulaşan konsantrasyon "**Predicted Environmental Concentration (PEC)**" aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır.

$$PEC_{sw}(\mu g/l) = \frac{R \times f_d \times 0.01}{10^3 \times h \times 10000}$$

f_d =Sürüklenen miktar

h =Su derinliği (m)

R =Uygulama dozu (μg ai/ha)

Yukarıda verilen formülden ve beklenen sürüklenme yüzdelerinden yararlanılarak uygulama sırasında ve sonrasında sürüklenme nedeni ile yüzey sularına ulaşan pestisit miktarı ve sudaki konsantrasyon bulunur ve orada yaşayan organizmalar için risk oluşturup oluşturmayacağı belirlenir.

Örneğin yer aletleriyle hububat tarlasına ve uçakla bağlık alana 250 g a.i./ha dozunda A ilacını ayrı ayrı atmış olalım. Farklı sürüklenme modellerine göre 10 m mesafede 1 ha alandaki 0.3 m derinliğindeki yüzey suyunda PEC_{sw} değeri sırasıyla hububat ve meyve için 0.3 ve 1.25 $\mu g/l$ olarak bulunur. Bu değerlerin suda bulunan organizmalara beklenen etkisi ise aşağıdaki şekilde saptanır. Bunun için o ekosistemde bulunan organizmaların laboratuvar koşullarında saptanan LC_{50}

değerleri PEC_{sw} değerlerine bölünerek “toksikite/maruz kalma oranı (TER)” bulunur. Bu hususlar Çizelge 8 ve Çizelge 9’da verilmektedir.

Çizelge 8. Değişik uygulama şekillerinde farklı bitki desenlerinde ortaya çıkan % sürüklenme ve PEC_{sw} değerleri

Uygulama Şekli	Yer aleti		Uçak	
Bitki	Hububat		Bağ	
Uygulama Dozu gai/ha	250		250	
Mesafe	% sürüklenme	PEC_{sw}	% sürüklenme	PEC_{sw}
5	0,6	0,5	4	3
10	0,3	0,3	1,5	1,25
20	0,1	0,08	0,5	0,4

Çizelge 9. Ekosistemde bulunan organizmaların yüzeysularına bulaşma nedeniyle maruz kalacakları ilaç konsantrasyonları

Canlı organizmalar	LC_{50} veya EC_{50} μ g/l (48 s.veya 96 s.)	TER Hububat	TER Bağ
Balık (<i>Bluegill sunfish</i>)	480	960	160
Yeşil alg (<i>Selenastrum carpicornetum</i>)	2000	4000	667
Su piresi (<i>Daphnia magna</i>)	210	420	70

Çizelge 8 ve 9 incelendiğinde görüleceği gibi her iki uygulama sonucunda 5 metre mesafedeki herhangi bir su kaynağında yaşayan Su piresinin TER değeri hububat ve bağ için sırasıyla 420 (210/0.5) ve 70 (210/3) olarak bulunur. Bu oran ne kadar büyük çıkarsa kısa sürede hedef alınan canlı için ihmal edilebilir düzeyde risk olduğunu gösterir. Uzun süreli riskin belirlenmesi için LC_{50} değeri yerine uzun süreli çalışmalar sonunda elde edilen “**Olumsuz etkinin görülmediği konsantrasyon (No Observed Effect Concentration (NOEC))**” değeri dikkate alınmalıdır.

EPPO tarafından gerek toprak ve gerekse yüzey sularına bulaşma risklerinin belirlenmesi amacıyla yönelik olarak geliştirilen iş akış şemalarının ülkemizde tartışılıp, ülkemiz koşullarına göre adapte edilmesi ve kurallara bağlanması halinde belirli grup ilaçlar ve formülasyonlar için sağlıklı önlemler almak mümkün olabilecektir.

Yeraltı sularına Bulaşma

Bilindiği gibi bitki koruma ilaçları ya doğrudan toprağa uygulanmakta ya da bitkiye atılmaktadır. Daha önce de açıklandığı gibi bu tür uygulamalarda atılan ilacın uygulama tekniği, bitkinin fenolojik durumu ve bitki sıklığına bağlı olarak %14-80'ni toprağa ulaşmaktadır. Bu aşamada ilacın yer altı sularına bulaşma riski etkili maddenin fizikokimyasal özellikleri ile toprak yapısına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Etkili maddenin yer altı sularına bulaşma riskinin belirlenmesinde yada tahmin edilmesinde değişik yollar kullanılmaktadır. Bunları üç kısımda incelemek mümkündür.

Uzman görüşü:Bu yöntemde uygulama dozu, hareketlilik, kalıcılık ve uygulama mevsimi dikkate alınarak etkili madde ile ilgili karar verilmektedir. Ancak fazla güvenilir değildir, her koşulda güvenilir netice alınamaz.

Model yaklaşımı: Bu tip modeller bir öncekine göre daha güvenilir sonuçlar vermektedir. Gerçek arazi koşullarında denemeler yapılarak metodun güvenilirliği test edilmelidir.

Tarla denemeleri:Her etkili madde için belirli toprak yapısına bağlı olarak lysimeter çalışmaları ile yer altı sularına ulaşma riskinin sağlıklı olarak saptanmasıdır. Gerçekçi bir yaklaşım, sağlıklı bilgi alınmasına rağmen zaman alıcı ve oldukça masraflı çalışmalardır.

Son yıllarda K_{oc} ve DT_{50} değerlerinden yararlanılarak pestisitlerin yer altı sularına bulaşma riskini belirlemek için geliştirilen "**Groundwater Ubiquity Score (GUS)**" (**Yer altı suyuna bulaşma skoru**) formülü aşağıda verilmiştir. Bu formülde yer alan K_{oc} ve DT_{50} değerleri ile kalıcılığı etkileyen diğer faktörlerden suda çözünürlük ve toprak yapısı ayrı ayrı açıklanmaya çalışılacaktır.

$$GUS = \log_{10}(DT_{50}) \times [4 - \log_{10}(K_{oc})]$$

GUS (Yer altı suyuna bulaşma skoru) değerine göre etkili maddeler aşağıdaki sınıflardan birine yerleştirilmektedir.

Sınıf değeri	Yer altı suyuna bulaşma riski
<1	Çok düşük
1.0-2.0	Düşük
2.0-3.0	Orta
3.0-4.0	Yüksek
>4.0	Çok yüksek

4. PESTİSİTLERİN HEDEF DIŞI ORGANİZMALARA ETKİLERİ

Toprak Solucanlarına Etkiler

Toprak florasını oluşturan organizmalardan biri olan toprak solucanları toprağın fiziksel özelliklerini düzeltir, toprakta organik madde ayrışmasına ve humus teşekkülüne hizmet ederler. Kısaca, toprak verimliliğine olumlu yönde etkileri vardır. Toprak solucanları özellikle besin maddesine zengin olan toprağın 30-45 cm. derinliklerinde bulunur. Aktiviteleri toprak sıcaklığı ve nemi ile yakından ilgilidir. İlkbahar aylarında faaliyetleri çok artarken, toprağın kuruduğu yaz aylarında derinlere giderler.

Bilindiği gibi bitki korumada kullanılan bazı ilaçlar doğrudan toprağa uygulanmakla birlikte önceki bölümde de belirtildiği gibi yeşil aksam uygulamalarında atılan ilacın yaklaşık %50'si toprağa ulaşmaktadır. Sonuçta toprak solucanlarının doğrudan ya da dolaylı da olsa ilaç uygulamalarından etkilenmemesi düşünülemez. Toprak solucanlarının ilaç uygulamalarına maruz kalması esas olarak toprak gözeneklerinde bulunan ilaçla bulaşık su vasıtasıyla olmaktadır. Uygulama sonrası yağışın fazla olduğu durumlarda etkilenme çok daha yüksek olmaktadır.

Dünyada bitki koruma ilaçlarının toprak solucanlarına etkisini belirlemek için yapılacak denemelerin üç aşamalı olması hedeflenmektedir.

1. aşama:

Bu aşamada *Tubifex tubifex* veya *Eisenia fetida* türleri test materyali olarak denemelerde kullanılır. Denemeler laboratuvar koşullarında OECD metotları (Protokol 207) çerçevesinde yürütülür. 14 gün süre ile farklı dozlar uygulanan toprağa bırakılan toprak solucanı türleri için LC₅₀ değerı ppm olarak (mg/kg kuru toprak) saptanır.

Toprak solucanının uygulama sonrası ne miktarda etkili maddeye maruz kalacağını hesaplamak için uygulama dozundan yararlanılarak "**Predicted Environmental Concentration(PEC)**" olarak bilinen BaŐlangıçtaki Konsantrasyon tahmin edilir.

PEC hesaplanmasında aşağıdaki varsayımlar baz olarak alınmaktadır.

- Pestisit 2.5 cm. toprak derinliğinde homojen dağılım göstermiŐtir.
- Toprak yoğunluğu 1.5 g/cm³dür (Tarım topraklarında yoğunluk 1.4-1.5 g/cm³).
- Pestisit toprağa doğrudan uygulanıyorsa tüm miktar toprağa ulaşacaktır (Tohum ilaçlaması gibi). Eğer pestisit bitkiye atılıyorsa %50'sinin toprağa ulaşacağı varsayılır.
- Birden fazla uygulama yapılıyorsa ilacın parçalanması (degradasyonu) dikkate alınarak kümülatif olarak belirlenir.

LC₅₀ değerı PEC değerine bölünür.

LC₅₀/PEC < 10 ise; diğer aşamadaki çalışmalar istenir. Çalışma yapılmamış ise Avrupa Topluluğu Talimatı 91/414'e göre ruhsat başvurusu reddedilebilir. Bu değer 100'den büyük ise genelde toprak solucanlarına düşük riskli kabul edilir.

Yukarıda açıklanan hususlar çerçevesinde ülkemizde ruhsatlı insektisitlerin halen tavsiye edilen en yüksek dozları dikkate alınarak LC₅₀/PEC oranının 10 dan küçük çıkan etkili maddeler üzerinde düşünülmesi ve gerek görülürse bazı sınırlamalar getirilmesi gerekmektedir.

2.aşama:

LC₅₀/PEC>10-100 arasında ise ikinci aşamada "Funnel Testi" yapılır. Amacı, laboratuvar koşullarında etkili maddenin toprak solucanında dolaylı toksisiteye neden olup olmadığını belirlemektir. Bunlar arasında toprak solucanının davranışı gözlenir, aktivitesi ölçülür ve ağırlık kaybı olup olmadığı belirlenir. Uluslararası kabul edilen bir metod olmamasına rağmen sublethal etkinin belirlenmesinde Van Gestel et.al, 1989 ve Kokta, 1992 tarafından geliştirilen metotlar kullanılmaktadır.

Denemeler sonucunda **NOEC** yani toprak solucanında herhangi bir olumsuz etkinin gözlenmediği konsantrasyon tespit edilir. **NOEC/PEC>5** ise etkili madde toprak solucanına düşük riskli kabul edilir. Bu değer 5'den küçük ise 3. aşamaya geçilmelidir.

3. aşama:

Laboratuvar koşullarında riskli bulunan tüm etkili maddeler için tarla denemeleri yürütülür. Tarla çalışmalarını yorumlamak, değerlendirmek oldukça güç olduğu için henüz uluslararası kabul edilmiş standart bir metot yoktur. 1991 yılında gerçekleştirilen toprak solucanları ekotoksikoloji workshopunda konu ilk defa gündeme gelmiş olup, yakın bir gelecekte uluslararası düzeyde kabul görmüş bir metot yürürlüğe girebilecektir.

Doğal Düşmanlara Olan etkisi

Bir agroekosistemde pestisit uygulandığında, pestisit sadece zararlıları değil, ekosistemdeki zararlıların popülasyonlarını kısmen baskı altında tutan faydalıları doğrudan ve dolaylı etkileyebilmektedir. Böylece doğal denge bozulmakta, tür çeşitliliği azalmakta ve daha önceden problem olmayan yeni bazı zararlılar ortaya çıkabilmektedir. Bu durumda yeni zararlılara karşı ek ilaçlamalar yapma zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Mesela ABD'de Pamukta *Anthonomus grandis*'e karşı uzun yıllar yapılan ilaçlamalardan sonra önceki yıllarda düşük yoğunlukta bulunan ve muhtemelen doğal düşmanları tarafından baskı altında tutulan ve bunlara karşı mücadele uygulanmayan *Heliothis* türlerinin de zararlı olmaya başladıkları anlaşılacak şekilde bunlara karşı da ek olarak 4-5 ilaçlama yapılmak zorunda kalınmıştır. Ayrıca Çukurova Bölgesinde beyaz sinek (*Bemisia tabaci* Genn.)'in doğal düşmanlarının ilaçlardan zarar görmesi nedeniyle sorun haline geldiği tahmin edilmektedir.

Entegre zararlı yönetiminde, zararlılara karşı kullanılan pestisitlerin biyolojik savaş açısından önemli olan faydalı böceklere olumsuz etkisinin olmaması gerekir. Bu nedenle bu konu dünyada gittikçe artan bir ilgi görmektedir.

Uluslararası işbirliğini sağlamak amacıyla **Uluslararası Biyolojik Mücadele Organizasyonu (IOBC)** tarafından 1974 yılında "**Pestisitler ve Faydalı Organizmalar Çalışma Grubu**" oluşturulmuştur. Şu anda 11 ülkeden 50 civarında araştırmacı bu grubun üyesidir. Bu grup, ilk aşamada her faydalının biyolojik

özelliklerine göre laboratuvar, küçük parsel ve tarla denemeleri için standart test metotları geliştirmiş ve geliştirmektedir. Bu çalışma grubu bugüne kadar 19 laboratuvar, 12 küçük parsel ve 5 tarla deneme metodu geliştirerek yaklaşık 100 kadar ilacı 20 faydalı üzerinde denemiştir. Bugüne kadar insektisit ve bazı biopreparatlarla elde edilen sonuçlar derlenerek Ek 2'de verilmiştir. Ülkemizde de bu konuda genellikle laboratuvar çalışması şeklinde çalışmalar yürütülmüş ve yürütülmektedir (Kışmir ve Uygun, 1980; Şekeroğlu ve Şengonca, 1980; Öncüler ve ark.1986; Kılınçer ve ark., 1990; Uzun ve ark., 1990; Ünal ve ark., 1993).

Bilindiği gibi laboratuvar çalışmaları ancak risk oluşturmayan ilaçların belirlenmesi açısından güvenilir sonuçlar vermesine rağmen düşük, orta ve yüksek risk grubundaki ilaçlar hakkındaki kanı ise ancak doğal koşullarda saptanır. Bu amaçla, bir agroekosistemde biyolojik mücadele açısından önemli olan 2-5 faydalı etmene karşı laboratuvar ve küçük parsel denemelerinde riskli bulunan pestisitlerle tarla denemelerinin yapılması sonuçların bir bütünlük içerisinde değerlendirilmesine imkan sağlayacaktır. Nitekim, bu sonuç son yıllarda bazı Avrupa ülkelerinde ruhsatlandırma aşamasında zorunlu tutulmaktadır. Örneğin İngiltere'de Bakanlıkça "Tarla koşullarında faydalılara ilaçların yan etkisini belirlemek için standart risk analizi metodu" hazırlanmıştır (Jepson and Mead-Briggs, 1992). Ülkemizde yapılan çalışma sonuçlarının değerlendirilmesinde de bu prensibe uyulması tartışmaları önemli ölçüde azaltacaktır.

Arılara etkisi

Gerek ülkemizde ve gerekse dünyada bal arıları pestisitlerden etkilenen en önemli böcek türlerini oluşturmakta, pestisitlerin yoğun ve bilinçsiz kullanımları sonucunda her yıl binlerce kovan zarara uğramaktadır.

Bal arılarının pestisitlere maruz kalma olasılıklarını şöyle özetleyebiliriz:

- Bitkilerin çiçeklenme döneminde yapılan ilaçlamalar sırasında ilaçla doğrudan temas ederek,
- İlaç damlacıklarının hedef alınmayan kültür bitkilerine (çiçeklenme döneminde) ya da su kaynaklarına sürüklenmesiyle,
- Bitki katmanlarında ve çiçekteki ilaç kalıntılarında temas ederek,
- İlaçla bulaşık nektar ve polenin kovana taşınmasıyla

Balarılarında zehirlenmenin en tipik belirtisi kovan önünde görülen ölü arılardır. Kovan önlerinde her zaman ölü arı bulunabileceği için ölümlerin miktarı takip edilmelidir. Bu amaçla kullanılacak bir indeks aşağıda verilmiştir.

Çizelge 10. Arı ölümlerinin takibiyle ilişkili indeks değerleri

Arı Ölümü	Değerlendirme
0-100 arı/gün	Normal ölüm
200-400 arı/gün	Düşük ölüm
500-900 arı/ gün	Orta ölüm
1000 den fazla	Yüksek ölüm

İlaçların arılara olan zehirliliği uluslararası arı-bitki komisyonu tarafından belirlenen 24 saatlik değme veya ağız yolu ile elde edilen LD₅₀ değerlerine göre (Çizelge 11) sınıflandırılmaktadır. Ülkemizde de genelde bu sınıflandırma kullanılmaktadır (Öztürk ve Özge, 1978; Öztürk, 1990; Toros ve Maden, 1991).

Çizelge 11. Pestisitlerin arılara etkisinin LD₅₀ değerlerine göre değerlendirilmesi

LD ₅₀ µg/arı (24 saat)	Sınıfı
0.1 <	Çok zehirli
0.1-1.0	Zehirli
1.0-10.0	Orta zehirli
10.0-100	Az zehirli
100 >	Zehirsiz

Smart ve Stephenson (1982), sadece laboratuvarında elde edilen sonuçlara göre yapılan sınıflandırmanın araziye her zaman uygulanamayacağını, arının doğada hangi dozda ilaca maruz kalacağını da önemli olduğunu vurgulamaktadır. Bu görüş çerçevesinde, ilaçların uygulama dozu ile laboratuvarında 24 saatte saptanan LD₅₀ değerlerini oranlamak suretiyle birim alana düşen lethal doz sayısı bulunmakta ve **Risk İndeksi** elde edilmektedir.

$$\text{Risk indeksi} = \frac{\text{Uygulama dozu (g / ha)}}{\text{LD}_{50} (\mu\text{g / arı})}$$

Nitekim EPPO 1993 yılında, bitki koruma ilaçlarının risklerine karar vermek için geliştirdiği iş akış şemasında risk endeksi ilkesini benimsemiştir. Bu oranın en düşük eşiğinin 50'den küçük olması durumunda ve diğer etkiler söz konusu değil ise ilaç düşük riskli olarak kabul edilmektedir. Ancak böcek büyüme düzenleyicilerinin, ana arının yumurta koymasına ve kovanda yavru ölümlerine neden olabileceği riski nedeni ile bu grup ilaçlarda yavru beslenme testlerinin yapılmasını önermektedir. Eğer bu eşik değeri 2500'den büyük ise yaprak rezüdü çalışmaları ile LT₅₀ (lethal time) değerinin bulunmasından sonra karar verilmesi gerektiğini belirtmiştir. Eğer LT₅₀ değeri 8 saatten küçük ise ve arıya olası bir etkisi söz konusu değil ise düşük riskli, olası bir etki var ise EPPO'ca geliştirilen standart metoda göre (Anonymous, 1992) kafes testleri ve arazi denemeleri yapılmasını öngörmekte, 8 saatten büyük ise ilaçlar yüksek riskli olarak kabul edilmektedir

5. PRATİK ÇÖZÜMLER

Pestisitlerin çevresel etkilerini azaltmak amacıyla kullanılacak birçok pratik çözüm vardır.

İyi Tarım Uygulamaları

Bu uygulamalar çevresel kirliliği azaltıcı modern tarımsal sistemlerin önemli bir bileşenidir. Ve farklı düzeylerde ülkesel ve uluslararası düzenlemelerle desteklenmektedirler (Jordan ,1993). 1991 yılında Avrupa birliği Pestisit Ruhsatlandırma Direktifi ilaçların etiketlerinde bu konuda önerilerin yer alması gerektiğini söylerken , mümkün olduğu her koşulda entegre savaşımın prensiplerinin bu pratikler içinde yer almasını önermektedir (Beaumont , 1992).

Birçok ülkede ilgili kurumlar pesticide kullanımı , onların çevresel etkileri ve güvenli kullanımları için yayınlar yapmaktadırlar. Bu yayınlar çiftçiler, ticari üreticiler ve diğer ilgililere pratik bilgiler vermektedir.

Kullanıcıların Eğitimi

Birçok ülkede pestisit kullanıcılarının eğitimi yasal bir zorunluluktur. Bu Tip bir eğitim , ilaçlama aletlerinin doğru ve efektif kullanımı, güvenlik önlemleri ,pestisit lerin hedef dışı organizmalara ve çevreye olumsuz etkileri gibi konuları içermektedir.

Planlama ve Hazırlık

Tarımsal savaş konusunda mutlaka yeterli birikime sahip bitki koruma uzmanlarından yardım almaları gerekmektedir. Uygulamalarda öncelikle ,biyolojik savaş yada entegre zararlı yönetimi gibi alternatifler gözden geçirilmelidir. Bu konularda karar verebilmek amacıyla , zararının doğru olarak tanımlanmasına, problemle ilgili daha önceki deneyimlere, uygun pestisit seçimine, etkili olacak uygulama metodunun belirlenmesine gereksinim vardır.

Bir tarımsal savaş ürünü seçilirken göz önünde bulundurulması gereken noktaları özetleyecek olursak ;

- Düşünülen kullanıma ve duruma uygun olmalıdır,
- Uygulayıcı tarafından güvenli olarak hazırlanmalı ve uygulanabilmelidir,
- Hasatla son ilaçlama arasındaki süreye uygun olmalıdır,
- Düşük sağlık riskine sahip olmalıdır,
- Çevre ve hayvancılık açısından risk taşımamalıdır.

Pestisitler çok farklı yöntemlerle kullanılabilir. Her bir yöntemin kullanımından önce bazı o yöntemle ilişkili uyarıların gözden geçirilmesi gereklidir.

Pestisitlerle Çalışma

Pestisitlerle ilgili problemler uygulamalar süresince de devam eder. Bu nedenle yine yatkın kişilerden uygulayıcılara destek gerekmektedir. Bu destekler; uygulamadaki tehlikelerin tanımlanması, pestisit kutularının taşınması, ilaçlama aletlerinin doldurulması yada temizliği sırasındaki uyarılar, ilaçlamanın kalibre edilmesi, gibi

konuları içerir. Bunlara ek olarak, balarıları gibi hassas türlerin korunması, hedef dışı alanlara pestisit bulaşmalarının engellenmesi , ilaçlanacak alana komşu alanların ve insanların korunmasıyla ilişkili özel bir değerlendirme yapılmalıdır. Sınır alanların , sulak alanların ve yüzey drenaj alanlarının kesinlikle ilaçlanmaması gereklidir. Korunması gerekli olan alanlarda ve canlılarda ilaçlama sonrası bulaşmanın olup olmadığı mutlaka izlenmelidir.

Pestisit Atıkları

İlaçlamalar sonrasında ortaya çıkan atıkların , ilaçlama tanklarının yıkanması,boş kutuların yok edilmesi konularında mutlaka özel dikkat gerekmektedir.

Kayıt Tutulması

Pestisitlerin depolanması, uygulanması ve atıklar konusunda düzgün kayıt tutulmasında yarar vardır.

6.YENİ TEKNOLOJİLER

Yeni İlaçlama Teknolojileri

Pestisit kullanımını azaltmanın ve etkinliğini sağlamanın basit ve etkin bir yolu ilaç uygulama yöntemlerinde yapılacak olan değişikliklerdir. İlaçlama aletlerinde kullanılan geleneksel hidrolik memelerin oluşturduğu damla çapının çok geniş bir dağılım göstermesi en önemli problemlerden biridir. Küçük çaptaki damlacıklar kolaylıkla sürüklenebilmektedir. Bu sorunu ortadan kaldıran yeni dizayn edilmiş memelerin kullanımı sonucu sınırlı bir alanda optimal damla çapıyla ilaçlamanın etkinliği artırılabilmektedir.Bu teknoloji değişikliği hem ilaçlama sıvısı miktarını azaltmakta ve kirlilik problemini yok etmektedir. Son yıllarda üretilmiş olan yeni teknoloji memelerden bazıları ; Vibrasyonlu Jet Dağıtım memeleri; Kontrollü Damla Uygulayan Memeler; Elektrostatik Memeler dir. Ayrıca yeni uygulama ekipmanları bilgisayar teknolojisiyle ilişkilendirilerek en efektif ilaçlamanın yapılması sağlanabilmektedir. Örneğin , herbisit uygulamalarında , yabancı otu tarlada belirleyerek, ilacın sadece hedef bitki üzerine püskürtülmesini sağlayan teknolojiler geliştirilmiştir (Stafford ve Miller ,1993).

Adjuvant lar

Bu maddeler uygulanan ilacın fiziksel özelliklerine etki ederek,uygulamanın etkinliğinin ve çevresel güvenirliliğinin artmasına neden olurlar (Makepeace , 1996). Farklı tiplerde adjuvantlar vardır; bazıları sentetik kimyasallar (iyonik olmayan ıslatıcılar) ;bazıları ise doğal orijinli (emulsiye olanbilen bitkisel yağlar) dir. Bu maddeler ilacın çevresel ve agronomik davranışlarını değişik yollarla düzenlemektedir:

- İlacı kötü hava koşullarına karşı korur
- İlacın hedeften yağmur nedeniyle kaybolmasını azaltır
- Damla çapını düzenleyerek sürüklenmeyi engeller

- Pestisitlerin bitki üzerinde kalıcılığını artırır
- Bitkilerin pestisit almasını kolaylaştırır
- Pestisitlerin kimyasal aktivitesini artırır.

Yeni Formülasyonlar

Pestisitlerin çevresel etkilerini azaltmanın bir başka yolu da hedef zararlıya spesifik olan ve kalıcılığı düşük güvenli pestisit formülasyonlarıdır. Örneğin , sistemik karbamatlı bir insektisit olan primicarb düşük memeli toksisitesi ve yüksek yaprak biti seçiciliğiyle formüle edilmiştir. Mikroenkapsül formülasyonlar bu amaçla üretilmiş formülasyonlara diğer bir örnektir.

SENTETİK PESTİSİTLERİN ALTERNATİFLERİ

Doğal Pestisitler

Doğal bitkisel orijinli pestisitler sentetik pestisitlere alternatif olarak kullanılabilir. Derris ve pyrethrum düşük çevresel kalıcılıklarıyla, geniş spectrumlu biyolojik aktiviteleriyle sentetiklere alternatiflerdir. Ancak bu doğal orijinli maddeler birçok organizmaya örneğin balıklara karşı yüksek toksisiteye sahiptirler (Worthing , 1991). Bazı bitkisel ekstraktların zararlılara karşı toksisite ve repellent etkileri yüksektir ,bu tip bitkilere örnek olarak ; neem (Azadirachta indica), Trigonella ve Curcuma longa sayılabilir (Conway ve Pretty,1991).

Mikrobiyal Pestisitler

Yüksek selektiviteleri ve minimum çevresel riskleriyle mikrobiyal pestisitler , sentetik pestisitlerin en önemli alternatifleridir. Bakteriler, funguslar ,baculoviruslar ve protozoalar bu alanda kullanılacak mikroorganizmalardır. Yeni proseslerin ve formülasyonların geliştirilmesiyle , genetik mühendisliği teknolojileriyle birleştirilerek mikroorganizmaların pestisit potansiyelleri artırılabilir.

Mikrobiyal pestisitlerle ilgili ilk ve çok başarılı örnek *Bacillus thuringiensis* bakterisidir. Bu bakteri 1901 de bulunmuş, ve ticari olarak 1930 yıllarda Lepidoptera dan zararlılara karşı kullanılmıştır. Daha sonraları aynı bakterinin farklı ırkları Dipter ve Coleopter zararlılara karşı kullanılmaktadır.

Bazı funguslar ,örneğin *Verticillium lecanii* yaprak bitlerine karşı belirli ekolojilerde etkin olarak kullanılabilir.

Baculoviruslar , son yıllarda çok fazla üzerinde durulan bir gruptur, bu grubun üyelerinin konukçularına son derece spesifik oluşları nedeniyle çok ümitvar bir gruptur.

Kimyasal olmayan Yabancı ot Savaşımı

Ürün rotasyonu agroekosistemlerde çeşitliliğin korunmasında önemli bir yöntemdir. Değişik toprak işleme zamanları, ürün yetiştirme periodlaması ve farklı toprak işleme yöntemleri birçok yabancı otun problem haline gelmesini engelleyebilmektedir. Hatta farklı toprak işleme zamanlarının , birçok kültür bitkisinde ekonomik zararlara yol açan hastalık problemlerinin ara konukçularının yok olmasına neden olmaktadır.

Geleneksel ürün rotasyonu yanında , uygun toprak işleme, ısı uygulama ,mekanik müdahaleler kimyasal yolla yapılan yabancı ot savaşımına belirli alanlarda alternatif olabilecek uygulamalardır.

Kimyasal Olmayan Zararlı Savaşımı

Hastalık ve zararlılara karşı dayanıklı varyeteler ve varyete karışımlarının yetiştirilmesi bilinen kültürel savaşım yöntemlerindedir. Bu yöntemlerin , modern tarımsal savaş yöntemleriyle entegrasyonu ile kimyasal kullanımı önemli derece de azaltılabilmektedir. Kültürel önlemler arasında dayanıklı varyetelerin kullanımı, ekim-dikim ve hasat zamanlarının ayarlanması,tuzak bitkiler, ekim alanları arası mesafelerin ayarlanması, bitkilerin sağlıklı yetiştirilmesi gibi önemli uygulamalar yer almaktadır. Zaman zaman sadece bu uygulamalarla birçok böceğin ve hastalığın zararından kurtulmak olasıdır.

Biyolojik savaş, kimyasal savaşın her zaman alternatifi olarak üzerinde durulan bir uygulamadır. Doğa da zararlı hastalık ve yabancı ot popülasyonları üzerinde yaşamlarını sürdüren ,doğal baskı unsurlarının (parasitoid, avcı ve mikroorganizmaların) etkinliklerinin artırılması olan biyolojik savaş çalışmaları çok eski yıllardan beri çalışılan ve birçok ülkede belirli alanlarda başarı ile kimyasal savaşımın alternatifi yada birlikte entegre savaş programlarında yer almaktadır. Böylelikle kimyasal ilaçların kullanımı azaltılabilmektedir.

KAYNAKLAR

Akalın, I., 1968. Toprak (Oluşum,yapısı ve Özellikleri). AÜZF yayınları, 356, Ders Kitabı: 120, AÜ Basımevi, 556.

Anonymous, 1993. Decision-making scheme for the environmental risk assesment of plant protection products. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 23,1 (1993).

Beumont ,P. 1992.Pesticides,Europe and the enviroment : a rewiev.Pesticide News 16,12-15.

CPA ,2000. Crop Protection association Handbook . Crop Protection Association,Peterborough.

Carlson, R; 1994. Silent Spring. Houghton Mifflin Company. Boston, 368

Cilgi, T.;Jepson P.C., (1992). The direct exposure of beneficial invertebrates to pesticide sprays in cereal crops. Ann. App. Biol. 121 239-247.

Conway, G.R and Pretty , J.N. 1991. Unwelcome Harvest: Agriculture and Pollution.Earthscan,London.

Courshee, R.J., 1960. Some aspects of the application of insecticides Ann. Rev.ent., 5, 327-352.

Graham-Bryce, I.J., 1977. Crop protection:a consideration of the effectiveness and disadvantages of current methods and scope for improvement. Phil, Trans.R.Soc.Lond. 13, (281),163-179.

Graham-Bryce, I.J.,1988. Enviromental aspects of pesticides-the development of understanding. Brighton Crop Protection Conference Pests and Diseases, 2, 571-80.

Helling et.al , 2000. Effects of the fungicide copper oxychloride on the growth and reproduction of *Eisena fetida*. Ecotoxicology and Environmental Safety 46,108-116.

Jepson, P.C.; Mead-Briggs, M., 1992. The field approach to pesticide ecotoxicity testing against beneficial invertebrates in cereals. In "Guidelines for testing the effects of pesticides on beneficial organism, descriptions of test methods." (Ed.S.A. Hassan). IOBC/WPRS Bulletin, 183-186.

Jordan ,V.W.L.1993. Scientific basis for codes of good agricultural practice. Report No.EUR 14957,Commission of the European Communities,Luxembourg.

Kılınçer, N.;S.Çobanoğlu,; O.Gürkan, 1990. Bazı pestisitlerin doğal düşmanlardan *Trichogramma turkeiensis* Kostadinov ve *Phytoseiulus persimilis* AH'ye laboratuvar koşullarında yan etkileri. Türkiye II Biyolojik Mücadele Kongresi, Ankara, 273-281.

Kişmir, A.;Şengonca, Ç.,1980. Çukurova Bölgesinde pamuk zararlılarına karşı kullanılan bazı preparatların avcı böcek *Anisochyra carnea*'ya etkileri üzerinde bir araştırma. Türk.Bit.Kor.Derg.4 :243-50.

Kokta, C., 1992. A laboratory test on sub-lethal effects of pesticides on *Eisena fetida*. In "Ecotoxicology of Earthworms". Interapt Press, UK.

Makepeace , R. 1996. Sticking up for adjuvant , Farming and Conservation April issue,26-27.

Merrington, G. et al.,2002. Agricultural Pollution : Environmental problems and practical solutions . Spon Pres,London.pp 239.

Metcalf, R.L., 1975. Insecticides in Insect Pest Management. In "Introduction to Insect Pest Management" (Ed.R.L.Metcalf; W.Luckman), Wiley Inter-Science, New York, 235-273.

Öncüer, C.;Kısmalı, Ş.; Erkin, E.,1986. Yumuşak ve taş çekirdekli meyve ağaçlarındaki zararlılara karşı kullanılan "Önemli insektisitlerin Aphididae familyası türlerinin bazı parazit ve predatörlerine etkisi üzerinde araştırmalar. TUBITAK, Tarım ve Ormancılık Arş. Grubu, Proje No:TOAG-503.

Öztürk, S:Özge,N.,1978.Bitki Koruma İlaçları. Eser Matbaası, 324.

Öztürk, S., 1990. Tarım İlaçları. Hasad Yayıncılık, Ankara, 523.

Sezgin, E., 1984. Pestisitlerin toprak mikro-organizmalarına etkileri. Bornova Zir. Müc Arş. Enst. Yıllığı 2(2):91-101.

Soran, H., 1990. Bitki Koruma İlaçlarının toprak mikroflorasına etkileri. I. Ulusal Zir. Müc. İlaçları Sempozyumu. Zir.Müc.ve Zir.Kar.Gen.Müd. Matbaası, 179-191.

Smart, L. E. ; Stevenson, J. H., 1982. Laboratory estimation of toxicity of pyrethroid insecticides to honey bees:Relevance to hazard in the field. Bee World 63 (4):150-152.

Stafford , J.V. and Miller,PC.h., 1993. Spatially-selective application of herbicide to cereal crops.Computers and Electronics in Agriculture 9,217-229.

Şekeroğlu, E.;Uygun, N.,1980,Turunçgil bahçelerinde akar öldürücü bazı ilaçların *Symherobius senctus* Tjed. Ve *Cryptolamus montrouzieri* Muls.'e yan etkileri. Türk. Bit. Kor. Derg. 4:251-56.

Toros,S.;Maden,S.,1991.Tarımsal Savaşım Yöntem ve İlaçları. Ank. Üniv.Yayınları, 1222,332.

Ünal,G.; Kedici,R.; Karaca,M.;Demirel,H.- ,1994. Zirai Mücadele ve arıcılık, sorunlar ve önlemler. Türkiye II. Teknik Arıcılık Kongresi. T.C. Ziraat Bankası Kültür Yayınları No:28 Ankara, 125-133.

Ünal,G.; Kedici,R.; Melan,K., 1994. Bazı insektisitlerin *Trichogramma embryophagum* (Hartig)'e etkileri. 3. Biyolojik Mücadele Kongresi 25-28 Ocak, İzmir, 441-448.

Ünal , G. ve Gürkan,M.O.,2001. İnsektisitler: Kiyasal Yapıları,Toksikolojileri ve Ekotoksikolojileri

Van Gastel, C; Van Bremen, E.M.; Sparenburg, P.M. (1989). Development of a standartized reproduction toxicity test with the earthworm species. Ecotoxicology and Environmental Safety 18,305-312.

Worthing ,C.R.,1991. The Pesticide Manuel .9th Edition.The British Crop Protection Council,Unwin Brothers,London.