

Pestisitler ve Çevre İlişkileri

Recep KOTAN¹, Merve ŞENOL KOTAN^{2*}

¹Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Erzurum, TÜRKİYE

²Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Erzurum, TÜRKİYE

Geliş Tarihi/Received: 21.11.2025

Kabul Tarihi/Accepted: 06.03.2026

ORCID ID (Yazar sırasına göre / by author order)

 orcid.org/0000-0001-6493-8936  orcid.org/0000-0003-3582-3376

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: merves@atauni.edu.tr

Öz: Yirminci yüzyılın başından itibaren hızla artan dünya nüfusu ve buna paralel olarak yükselen gıda talebi, bitkisel üretimde hastalık, zararlı, yabancı otlardan kaynaklanan kayıpların önüne geçilebilmesi ve birim alandan daha fazla ürün elde edilebilmesi amacıyla yoğun kimyasal pestisit kullanımını kaçınılmaz hale gelmiştir. Tarımsal alanlarda kullanılan pestisitler; su, hava ve toprakta birikerek bu ortamlarda yaşayan tüm canlılara taşınmakta, sağlık açısından ciddi riskler oluşturmaktadır ayrıca su, toprak ve hava kirliliğini önemli bir çevre sorunu haline getirmektedir. İnsan vücudunda 1948 yılında organik klorlu pestisit kalıntılarının belirlenmesi, pestisit kalıntılarının öneminin anlaşılmasında bir dönüm noktası olmuştur. Çevre ve sağlık açısından büyük risk içeren bu kimyasalların yayılmasını ve maruziyetini tamamen kontrol etmek oldukça zordur. Bu derlemede pestisitlerin çevreye olan zararları, alınması gereken güvenlik önlemleri, mevcut mevzuatlar ve geleceğe yönelik beklentiler hakkında bilgiler verilerek konunun önemine dikkat çekilmek istenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çevre, kalıntı, kirlilik, pestisit, sağlık

Pesticides and Their Relationship with The Environment

Abstract: Since the beginning of the twentieth century, the rapidly increasing world population and the corresponding rising demand for food have made the intensive use of chemical pesticides inevitable to prevent losses in crop production due to diseases, pests, and weeds, and to increase yields per unit area. Pesticides in agricultural areas accumulate in water, air, and soil, and are transmitted to all living creatures in these environments, posing serious health risks and making water, soil, and air pollution a significant environmental problem. The determination of organochlorine pesticide residues in the human body in 1948 was a turning point in understanding the importance of pesticide residues. Completely controlling the spread and exposure to these chemicals, which pose significant risks to the environment and health, is extremely difficult. This review aims to highlight the importance of this issue by providing information on the environmental hazards of pesticides, necessary safety measures, current regulations, and future expectations.

Keywords: Environment, residue, pollution, pesticide, health

1. Giriş

Pestisitler; tarımsal üretimde verimi artırmak ve ürün kalitesini iyileştirmek amacıyla zirai mücadelede oldukça geniş kullanım alanına sahip kimyasallardır. Tarımsal ürünlerin azalmasına veya zarar görmesine neden olabilecek hastalık etmenleri, zararlılar ve yabancı otlar gibi birçok etmene karşı mücadelede kullanılan kimyasal

bileşiklerin genel adı olan pestisitler (fungusit, akarisit, nematosit, insektisit, herbisit, mollusisit, vs.) yüzlerce değişik kimyasal yapıya (fosforlu, fenoller, klorlu, nitro bileşikler, vs.) sahiptirler (Yeğen, 1993; Göktürk, 2017). Çok eski tarihlere dayanan pestisit kullanımının bilinen en eski kullanımı Mezopotamya’da yaklaşık 4500 yıl önce antik Sümer’de kullanılan elementer kükürt tozu

olduğu belirtilmektedir (Altıkat ve ark., 2009). M.Ö. 1500'lere ait bir papirüs üzerinde pire, eşek arısı ve bite ve karşı insektisitlerin kullanımına dair kayıtlar bulunmuş; 15. yüzyılda kurşun, arsenik, ve civa gibi toksik kimyasallar zirai ürünlerdeki zararlıların öldürülmesinde kullanılmıştır. Onyedinci yüzyılda insektisit olarak kullanılmak üzere tütünden nikotin sülfat ekstrakte edilmiş; 19. yüzyılda tropik bitki köklerinden elde edilen rotenon'un ve krizantemden elde edilen pyrethrum (pire otu) doğal pestisit olarak kullanılmaya başlanmıştır (Altıkat ve ark., 2009).

Yirminci yüzyılın başından itibaren hızla artan dünya nüfusu ve buna bağlı artan gıda ihtiyacı bitkisel üretimde yoğun bir kimyasal pestisit kullanımını kaçınılmaz hale getirmiştir. Tarımsal üretimde kullanılan pestisitler; su, hava ve toprağa karışarak bu ortamlarda yaşayan diğer tüm canlılara ulaşmakta ve sağlık açısından ciddi riskler oluşturmaktadır (Kurtoğlu ve ark., 2020). Ayrıca pestisit birikimi sonucunda su, toprak ve hava kirliliği günümüzde önemli bir çevre sorunu haline gelmiştir. Bu sorunlar yumağında başta insan sağlığı olmak üzere, hayvan ve çevre sağlığı bakımından büyük riskler ile karşı karşıya kalınmıştır. İlk kez pestisit kalıntılarının önemi, 1948 yılında insan vücudunda organik klorlu pestisit kalıntılarının tespit edilmesiyle anlaşılmıştır (Ayyıldız, 2022). Bir pestisitinin çevrede nasıl yayıldığı ve hareket ettiği, onun fiziksel özellikleri, kimyasal yapısı, formülasyon içeriği, uygulama şekli, dozu, iklim ve tarımsal koşullar gibi faktörlere bağlıdır. Dünya genelinde olduğu gibi Türkiye'de de dekara düşen pestisit miktarları ile ilgili veriler zaman zaman paylaşılmakla birlikte, bu verilerin sağlıklı bir şekilde hesaplandığına dair ciddi endişeler söz konusudur.

Ortalama pestisit kullanımı 2000 yılında dünya genelinde 1.46 kg ha^{-1} , Avrupa Birliği (AB) ülkelerinde 2.83 kg ha^{-1} ve Türkiye'de 1.27 kg ha^{-1} iken; 2021 yılında ise bu ortalama sırasıyla 1.07 kg ha^{-1} , 3.20 kg ha^{-1} ve 2.26 kg ha^{-1} olarak gerçekleşmiştir (Erdoğan, 2024; Yılmaz ve ark., 2024). Tarım alanında pestisit tüketiminin % 35.11'ini fungusitler, % 26.28'ini herbisitler, % 22.04'ünü insektisitler, % 4.44'ünü akarisitler ve % 13.1'ini diğer bitki koruma ürünleri oluşturmaktadır (Anonim, 2023; Erdoğan, 2024). Türkiye'de bölgeler itibarıyla pestisit kullanımı incelendiğinde ise; 2022 yılında toplamda 55.374 ton bitki koruma ürünü kullanılmış olup, bunun 15 bin tonu Akdeniz Bölgesi'nde, 12.8 bin tonu Ege Bölgesi'nde, 9.5 bin tonu ise Marmara Bölgesi'nde kullanılmıştır. Bu üç bölgede kullanılan pestisit miktarı Türkiye'de kullanılan pestisitlerin yaklaşık % 70'ini oluşturmaktadır. Pestisit kullanımının en

az olduğu bölgeler ise sırasıyla % 1 ve % 2 oranları ile Karadeniz Bölgesi ve Doğu Anadolu Bölgesi'dir (Anonim, 2022). Bu oranlara göre; bir hektar alana kullanılan pestisit miktarının Türkiye'de dünya ortalamasına göre yüksek olduğu, AB ortalamasına göre ise düşük olduğu bildirilmiştir. Ancak bölgesel olarak düşünüldüğünde ise kaygı verici bir boyuta ulaştığı görülmektedir. Bu durum pestisitlerin çevre üzerine olumsuz etkisinin azaltılmasına yönelik geliştirilecek tarım politikalarında bölgeselliğin de ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Bu derlemede, pestisitlerin çevre ile olan etkileşimleri, toprak, ekotoksikolojik sonuçları, alınması gereken güvenlik önlemleri, mevcut mevzuatlar ve geleceğe yönelik beklentiler çerçevesinde, güncel bilimsel literatürler doğrultusunda sistematik olarak değerlendirerek konunun önemine dikkat çekmek amaçlanmaktadır.

2. Pestisitlerin Çevreye Zararlı Etkileri

Günümüzde hava, su ve toprak kirliliği ciddi bir çevre sorunu olarak gündeme gelmektedir. Özellikle kimyasal atık olarak pestisitler toprak kirliliğinin başlıca sebeplerinden biridir (Altıkat ve ark., 2009). Pestisitler kullanıldıkları alanlardaki havayı, toprağı, suyu kirletmelerinin yanı sıra kullanıldıkları alanlardan fiziksel ve biyolojik yollarla çok uzak bölgelere kadar taşınabilmektedir. Pestisitler, sağlık ve çevre için ciddi bir tehdit olarak kabul edilirken, yüzey akışı ve sızıntı yoluyla diğer çevresel alanlara geçiş yapabilmektedir (Ören ve ark., 2009; Ewald ve ark., 2015). Toprağı püskürtülen pestisitler hava hareketleri ile yayılabilir ve yüzey akışı yoluyla toprak katmanlarına ve oradan da yeraltı suyuna karışabilmektedir. Pestisitler, ekosistemdeki hafif bozulmalardan türlerin yok olmasına kadar çevre üzerinde çok çeşitli etkiler göstermektedir. Bu nedenle çevre ve sağlık açısından büyük risk içeren bu kimyasalların yayılmasını ve birikimini tamamen kontrol etmenin oldukça zor olduğu belirtilmektedir (Rajmohan ve ark., 2020).

Pestisitler, çözünürlüklerine bağlı olarak doğal ekosistemleri iki şekilde kirletebilir. İlki, suda çözünen pestisitler yeraltı suyuna, nehirlere, göllere ve akarsulara karışarak hedef dışı hayvanlara zarar verebilmektedir. İkincisi ise tüm ekosistemin bozulması sonucu daha yüksek besin zinciri seviyelerindeki türler, vücutlarında artan toksite nedeniyle yok olmakta; bu durum ikincil tüketicilerin sayısının artmasına, birincil tüketicilerin sayısının azalmasına yol açabilmektedir (Aktar ve ark., 2009). Uzun süreli ve yoğun uygulama sonrasında hedeflenen zararlılarda pestisit direnci gelişebilmektedir. Zararlılar belirli bir pestisite karşı direnç

geliştirdiğinde, istenen etkiyi elde etmek için daha yüksek dozlar veya daha toksik pestisit gerekebilir. Bu, daha yüksek pestisit kullanımı döngüsüne yol açarak olumsuz çevresel etkileri daha da kötüleştirebilir (Thieme ve ark., 2010; Sengül Demirak ve Canpolat, 2022).

Özellikle uzun parçalanma süresine sahip pestisitler, toprakta uzun süreler kalabilir. Pestisitlerin sürekli ve aşırı kullanımı toprakta solucanlar ve toprak mikroorganizmaları gibi faydalı organizmalara zarar verebilen toksik kimyasalların birikmesine yol açabilir. Bu durum da toprak verimliliğini azaltabilir ve toprak ekosisteminin genel sağlığını bozabilir (Dhuldhaj ve ark., 2023). Alper (2010), bitkilere uygulanan tarım ilaçlarının yalnızca yaklaşık % 30'unun bitkiye ulaştığını, geri kalan % 70'lik kısmının ise yağmur, rüzgar ve sulama gibi yollarla farklı ekolojik ortamlara taşındığını ifade etmektedir. Yıldız ve ark. (2005) ise kullanılan pestisitlerin yalnızca % 0.015-% 6'sının hedef organizmalara ulaşabildiğini, buna karşılık % 94-99.9'unun ise agroekosistemdeki hedef olmayan organizmalar üzerine etkili olduğunu belirtmişlerdir. Pestisit formülasyonlarında kullanılan kimyasal maddelerin çevresel etkileri değerlendirilirken, dayanıklılık sürelerine göre sınıflandırılmaktadır. Buna göre; dayanıklı olanlar 2-5 yıl, orta dayanıklı olanlar 1-18 ay, dayanıksız olanlar ise 1-2 hafta çevrede bozulmadan kalabilmektedir (Nurşen, 2022). Dünyada ve Türkiye'de yapılan çalışmalar, pestisitlerin hava, toprak ve suda meydana getirdikleri tahribatın boyutlarının her geçen gün çok daha iyi anlaşıldığı ifade edilmektedir (Tiryaki, 2016).

Avrupa'da 76 pestisit üzerinde yapılan çalışmalarda, kıta genelindeki üst topraklarda ciddi pestisit kalıntılarının olduğu keşfedilmiştir. Yapılan örneklemelerde incelenen toprakların % 83'ünde bir veya daha fazla kalıntı keşfedilirken, örneklerin % 58'inde iki veya daha fazla kalıntı olduğu bildirilmiştir (Loos ve ark., 2009). Özellikle glifosat ve metabolitlerinin toprakta yoğun olarak bulunduğu, Avrupa genelindeki nehirlerde, göllerde ve yüzey sularında su canlılarına potansiyel zarar verebilecek çok sayıda pestisit olduğu rapor edilmiştir (Brown ve Van Beinum, 2009). Pestisitlerin ayrıca, toprak kimyasını ve toprak kimyasallarının bitki kökleriyle etkileşimini değiştirerek toprak mikroflorası, mikrofaunası ve makrofaunasıyla etkileşime girdiği ve ayrıca bakterilerin atmosferik nitrojeni fiksasyonu gibi süreçleri engellediği bildirilmiştir (Hussain ve ark., 2009).

Sucul ortamda yaygın olarak bulunan pestisit sorunu, pestisitlerin sucul organizmaların

vücudunda ve tortulu toprakta birikme eğilimi göstermesi ve insan sağlığı için risk oluşturmaları nedeniyle dünya çapında endişe yaratmaktadır (Syafudin ve ark., 2021). Sudaki pestisit kirliliği, çoğunlukla çözünmüş oksijen seviyelerinin azalması yoluyla su canlıları için en büyük tehdidi oluşturmaktadır; alglerden balıklara kadar besin zincirinin tüm aşamalarındaki su canlılarını etkilemektedir. Bunun sonucu olarak da pestisitlerin yaygın tüketiminin balık sayısında azalmaya yol açabildiği belirtilmektedir (Scholz ve ark., 2012). Pestisitler su hayvanları tarafından dermal, solunum ve yutma dahil olmak üzere farklı şekillerde tüketilir. Herbisitler su bitkilerini öldürdüğü için, sudaki oksijen içeriği hızla düşer ve bu da balıkların boğulmasına ve balık üretiminin azalmasına neden olmaktadır (Helfrich ve ark., 2009). Hindistan'da yapılan çalışmalarda; Bhopal çevresindeki çeşitli el pompaları ve kuyulardan toplanan içme suyu örneklerinin % 58'inde Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (Environmental Protection Agency, US EPA) eşliğinden daha yüksek organoklorlu pestisitlerin bulunduğu (Rehana ve ark., 1995), her akarsudan alınan su ve balık örneklerinin % 90'ından fazlasında en az bir pestisit tespit edildiği (Agarwal ve ark., 2015), Hindistan genelindeki içme suyu analizinde heksaklorosikloheksan ve endosülfan gibi Dikloro Difenil Trikloroetan (DDT) metabolitleri de dahil olmak üzere pestisitler ve metabolitleri yüksek konsantrasyonlarda tespit edildiği bildirilmiştir (Dwivedi ve ark., 2018).

Türkiye'de son yıllarda yeraltı sularında pestisit kalıntılarının rastlanması ve yeraltı suyuna ulaşan başta pestisitler olmak üzere zararlı kimyasalların çevresel ortamlardaki akıbeti her geçen gün daha büyük önem kazanan çevre sorunları arasında olduğu belirtilmektedir (Atasoy, 2019). İklim değişiklikleri ile pestisitlerin sağlık üzerindeki etkileri arasındaki ilişkilere yönelik çalışmaların da hız kazandığı görülmektedir. Hendekci ve ark. (2025) tarafından, iklim değişikliğinin sağlık davranışları üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu; tarımsal kimyasalları zararlı olarak değerlendiren bireylerin, iklim değişikliği ile sağlık sorunları arasında bir ilişki bulunduğu, algılama olasılığının daha yüksek olduğu ifade edilmiştir. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yapılan bir çalışmada doğal kaynak sularında genel anlamda ve kısa vadede insan sağlığını tehdit edebilecek seviyede bir element bulunmamış; ancak, insanların içtikleri sularla vücutlarına aldıkları zararlı kimyasalların zamanla vücudun belirli organlarında biriktiği ve sağlık için tehlikeli miktarlara ulaşabilecekleri bildirilmiştir (Kobyay ve Yeşilkanat, 2017).

Pestisitler, hedef dışı organizmaların yanı sıra hem hayvanların hem de bitkilerin biyolojik çeşitliliğini önemli ölçüde etkilerler. Pestisitlerin besin zincirinde birikmesi sonucu kirlenen avlar, besin zincirinin en üstündeki yırtıcı türleri (örneğin, yırtıcı kuşlar ve memeliler) yüksek seviyelerde kimyasallara maruz bırakarak yaban hayatını dolaylı olarak etkileyebilmektedir (Ali ve ark., 2020). Bu durumun, doğurganlığın azalmasına, bağışıklık sisteminin zayıflamasına ve popülasyonlarda düşüşe neden olabileceği bildirilmektedir (Mittra ve ark., 2011). Bağışıklık sistemi zayıflamış bireylerin ise genellikle bronşit, zatürre ve grip gibi çeşitli enfeksiyonlara karşı daha savunmasız olabileceği rapor edilmiştir (Ahmad ve ark., 2021).

3. Pestisit Kullanımında Güvenlik Önlemlerine Yönelik Yaklaşımlar

Tarımsal faaliyette bulunanların pestisitlere dokunurken, karıştırırken veya uygularken; tüketicilerin ise pestisit uygulanan alanlardaki etkileşimi sonucu veya pestisit kalıntısı içeren ürünleri tüketmeleri sonucu kısa ya da uzun vadede maruz kalabilecekleri olası zarar, mesleki bağlamlarda pestisit maruziyeti olarak adlandırılır. Birçok ülkede, işçileri pestisit maruziyetinden korumak için mesleki güvenlik yasaları ve yönetmelikler yürürlüğe konulmuştur. Bu kurallara göre, işletmelerin sıklıkla uygun kişisel koruyucu ekipman, pestisitlerin uygun şekilde kullanımı ve uygulanması konusunda talimatlar ve sürekli işçi sağlığı izlemeleri sağlaması gerektiği ifade edilmiştir (Siriruttanapruk ve Anantagunlathi, 2004; Fagnoli ve ark., 2019). Mesleki sağlık uzmanları rutin sağlık kontrolleri yaparak, bilgi sağlayarak ve güvenlik kurallarına uyumu izleyerek işyerlerinde pestisit maruziyetinin tehlikelerini belirlemede ve kontrol etmede kritik bir rol oynarlar. Bu bağlamda kimyasalların kullanıldığı alanlarda çalışanların sağlığını ve refahını korumak için, mesleki bağlamlarda pestisitlere maruziyetlerini sınırlamak çok önemlidir.

Günümüzde pestisitlerin sağlık ve çevre açısından oluşturdukları güvenlik riskleri önemli bir boyut kazanmış ve birçok ülkede bu konu ile ilgilenen bazı düzenleyici kurumlar oluşturulmuştur. Bu kapsamda pestisit uygulamalarının çevresel ve insan sağlığı üzerindeki etkilerini azaltmak için Entegre Ürün Yönetimi sistemleri önemli hale gelmiştir. Bu sistemde; çiftçilerin güvenli tarım ürünleri üretebilme sürecinde pestisitlere karşı oluşabilecek direnç riskinin azaltılması, alternatif yöntemlere ağırlık verilmesi ve çevre bilinci oluşturularak pestisitlerin diğer tarımsal ekosistem bileşenleri

üzerindeki etkilerini en aza indirmek için bazı yönergeler hazırlanarak uygulama konulmuştur. Buna ek olarak İyi Tarım Uygulamaları ve Organik Tarım Uygulamaları ile ilgili yönetmelikler ile de işçi hijyeni ve güvenliği, ürün güvenliği, ölçümlerin tam izlenebilirliği ve belirli çevre koruma eylemlerinin uygulanması için önlemler alınmıştır (Way ve Van Emden, 2000).

Entegre Ürün Yönetiminde; Entegre Zararlı Yönetimi (Integrated Pest Management, IPM) programı aracılığıyla pestisitlerin seçilmesinde belirli kriterlerin kullanılması, bunların mahsullere uygulanmasında özel talimatların izlenmesi ve kalıntı analizlerinin yapılması koşulu ile pestisit kullanımına izin verilir (Chandler ve ark., 2008). Entegre Zararlı Yönetimi'nde seçilen pestisitler; a) Biyolojik olarak etkili (yüksek seçicilik, düşük direnç riski, hızlı etki, optimum kalıntı etkisi ve bitki toleransı) olmalı, b) Kullanıcı dostu (daha az toksisite, optimum formülasyon, kullanımı kolay, güvenli ambalaj, geniş depolama stabilitesi) olmalı, c) Çevreyle uyumlu (atmosferde hızlı bozunma, toprakta düşük hareket) olmalı, d) Ekonomik olarak karlı olmalıdır (Palacios Xutuc, 2010).

Entegre Zararlı Yönetimi sisteminin uygulanması ürün kaybına sebep olmadan pestisitlerin çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkisini azaltmaya yardımcı olacağı belirtilmektedir (Mehmood ve ark., 2021). Bunun için çiftçiler, pestisit uygulayıcıları, işçiler, araştırmacılar ve düzenleyici kuruluşlar gibi paydaşlar arasında iş birliği ve iletişimin teşvik edilmesi de oldukça önemlidir. Çünkü bu işbirlikleri ve iletişimlerin pestisit seçiminde, uygulanmasında, taşınmasında ve depolanmasında önemli bilgilere kazandıracağı; daha az toksisite ve çevresel etkiye sahip güvenli tekniklerin ve yeni çözümlerin geliştirilmesine yardımcı olabileceği ve kimyasallara alternatif biyolojik ürünlerin kullanımını teşvik edeceği ifade edilmektedir (Van Boxstael ve ark., 2013). Pestisit depolarının, su kaynakları ve yerleşim alanlarından uzak tutulması pestisitlerin potansiyel toksisitesi açısından oldukça önemli bir konudur.

4. Pestisitlere İlişkin Mevzuatlar

Handford ve ark. (2015)'na göre; pestisitler ile ilgili mevzuatlar incelendiğinde ülkeler veya bölgeler arasında önemli farklılıkların olduğu belirtilmektedir. Genel olarak, endüstriyel olarak gelişmiş ülkelerdeki mevzuatların daha kapsamlı ve denetim mekanizmalarının daha kurumsallaşmış olduğu; buna karşın gelişmekte olan ülkelerde ise mevzuatların uygulanması için gerekli araçlar ve uzmanların sınırlı olabileceği; Avrupa Birliği ise

risk değerlendirme, ruhsatlandırma ve izleme süreçlerini içeren bütüncül yaklaşımıyla pestisit yönetiminde kapsamlı bir düzenleyici sisteme sahip bölgelerden biri olarak değerlendirilmektedir. Çoğu ülke, pestisitleri düzenlemek için "pestisitler doğru şekilde uygulandığında gıda veya yemde yasal olarak tolere edilen en yüksek pestisit kalıntısı seviyesi" olarak tanımlanan maksimum kalıntı limitleri (Maximum Residue Limits, MRL) uygular. Maksimum kalıntı limitlerinin bazı durumlarda ülkeler arasında önemli ölçüde farklılık gösterdiği ve 1998 ile 2009 yılları arasında AB'de kullanımına izin verilen tüm pestisit aktif bileşenlerinin bugün dörtte üçünün yasaklandığı bilinmektedir (Ahmad ve ark., 2024).

AB, Kanada, ABD, Çin, Hindistan, Japonya, Güney Afrika ve Avustralya'daki maksimum kalıntı limitleri karşılaştırıldığında; AB'deki limitlerin en düşük ve ABD'de ise en yüksek olduğu bildirilmektedir (Handford ve ark., 2015). Avrupa Birliği'nde pestisit yönetimi kapsamlı bir düzenleyici sistem çerçevesinde yürütülmektedir. Buna karşılık, bazı gelişmekte olan ülkelerde pestisitlerin kullanım, depolama, etiketleme, taşıma ve bertaraf süreçlerine ilişkin düzenlemelerin kapsamı ve uygulama etkinliği, mevcut kurumsal kapasite ve teknik altyapı koşullarına bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Farklı ülkelerin farklı pestisit düzenleyici kurumları vardır; örneğin Brezilya'da, pestisit mevzuatından ürünleri değerlendiren ve kaydeden Tarım, insan sağlığı tehditlerini değerlendiren Sağlık ve çevresel tehditleri değerlendiren Çevre kurumu sorumludur. Japonya ise dünyanın en büyük pestisit kullanıcılarından biridir; maksimum kalıntı limitleri Sağlık, Çalışma ve Refah Bakanlığı tarafından onaylanmaktadır. Çin'de pestisit mevzuatını düzenlemek için Tarım Bakanlığı altında, Tarım Kimyasalları Kontrol Enstitüsü kurulmuştur. Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı, üreticilerin hali hazırda kayıtlı olan pestisitler için yeni maddeler ve kullanımlar için kapsamlı bir başvuruda bulunmasını gerektiren pestisit kaydından sorumludur. Ancak araştırmacılar ve gazeteciler, mevcut mevzuatın insan sağlığı ve çevre için tatmin edici bir koruma sağlamada etkili olup olmadığını hala sorgulamaktadırlar (Nordborg ve ark., 2017). Avrupa Birliği'nin 2030 yılı iklim hedeflerini içeren Yeşil Mutabakat (European Green Deal), 2019 yılında kabul edilmiştir. Bu düzenleme ile AB, iklim-nötr taahhüdünü ve net emisyon azaltma hedefini yasal olarak bağlayıcı hale getirmiştir. Kapsamda yer alan yedi stratejiden ikisi sürdürülebilir gıda üretimine odaklanmaktadır. Bu bağlamda, tarımsal üretimde

kullanılan bitki koruma ürünlerinden birisi olan pestisitlerin sürdürülebilir kullanımının sürecin önemli bir parçası olduğu vurgulanmaktadır (Hanedar ve ark., 2023).

Türkiye'de Bitki Koruma Ürünleri Ruhsat İşlemleri Tarım ve Orman Bakanlığı Gıda Kontrol Genel Müdürlüğü'nce yürütülmekte olup; 09.11.2017 tarih ve 30235 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Bitki Koruma Ürünlerinin Ruhsatlandırılması ve Piyasaya Arzı Hakkında Yönetmelik" günümüz koşulları, uygulamada yaşanan sıkıntılar ve teknik ve idari değerlendirmelerde yaşanan gelişmeler dikkate alınarak yenilenmesine ihtiyaç duyulmuş ve yeni yönetmelik 14.03.2024 tarih ve 32489 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Türkiye kimyasal pestisit sentezi yapabilme kapasitesine sahip olsa da mevcut yönetmelik çerçevesinde bu ürünlerin ilk kez ruhsatlandırılması için gerekli ön koşul olarak AB ve G8 ülkelerinde ruhsatlı olma şartının aranması, yerli pestisit geliştirilmesi imkânını ortadan kaldırmıştır. Bu kısıtlama ile Türkiye'de neredeyse yalnızca ithal pestisitlerin girişine izin verilmekte, böylece Türkiye Avrupa'da kimya sektöründe faaliyet gösteren dev firmaların proses artıklarının tarım alanlarında denendiği ülkelere biri haline gelmektedir.

Yayımlanan yönetmelikte, AB ve G8 ülkelerinde ruhsatlı olma şartı kimyasal pestisitler için 2024 yılında yine devam etmekte olup; Türkiye fauna, flora veya mikroflorasından izole edilmek koşuluyla mikroorganizmalar ve entomopatojen nematod içeren biyopreparatlar, bitki aktivatörleri, biyolojik mücadele etmenleri, tuzak ve feromonlar, böcek cezbedicileri, bitkisel kökenli ekstraktlar veya yağlar için kaldırılmıştır. Ancak bu değişiklik yerli bitki koruma ürünlerinin geliştirilmesi anlamında hiçbir katkı sunmamıştır. Çünkü, Bitki Koruma Ürünlerinin Ruhsatlandırılması aşamasında istenilen Toksikolojik ve Ekotoksikolojik çalışmaların İyi Laboratuvar Uygulamaları (Good Laboratory Practice, GLP) standartlarında yapılması şartı kimyasal pestisitler ile aynı uygulamaya tabi tutulan biyolojik ürünlerin ruhsatlandırılmasını da imkansız kılmaktadır. Türkiye'de bu standardı almış bir laboratuvar bulunmadığı için bu testler ancak yurtdışında bazı ülkelere yüksek ücretler karşılığı yaptırılabilir. Özel sektör de bunlarla uğraşmak yerine kolay olanı seçmekte, milyonlarca dolar vererek yurtdışı kaynaklı pestisit üreten dev firmaların bayiliğini ya da hammadde tedarikçiliğini yapmaktadır. Bu durum Türkiye açısından hem zaman hem de büyük miktarda döviz kaybına sebep olmaktadır.

Toksikoloji ve ekotoksikoloji oldukça geniş bir konudur. Yönetmelikte yer alan toksikoloji ve ekotoksikoloji çalışmalarında yer alan; arılara, balıklara, sucul organizmalara, kuşlara ve faydalı böceklerle toksik etkisi derken burada hangi türlere ne tür testlerin istenildiği çok net değildir. İyi Laboratuvar Uygulamaları Standartları'nın istenmemesi durumunda bile özellikle fare, tavşan, balık, kuş gibi hayvan deneylerinde hayvan hakları çerçevesinde etik kurullarda çok az sayıda hayvanla ancak çalışılmasına müsaade edilmesi pestisit ve biyopestisitlerde yapılması istenilen toksikolojik ve ekotoksikolojik çalışmaların yapılabilirliğini çok farklı alanlarda uzman kişilerin bir araya getirilmesi durumunda bile üniversitelerde de imkânsız hale getirmektedir.

5. Geleceğe Yönelik Beklentiler

Pestisitlerin sağlık, çevre ve pestisitlere karşı hastalık etmeni patojenler ve zararlılarda zamanla oluşan direnç gelişimi gibi çok sayıda potansiyel riskleri vardır (Filiz ve ark., 2011). Araştırma kuruluşları ve özel işletmeler tarafından hem insanların hem de çevrenin korunması amacıyla daha güvenli kimyasal pestisitlerin ikamelerinin geliştirilmesine yönelik yatırımlar yapılması gibi çeşitli adımlar atılabilmektedir. Daha az pestisit kullanmak için Entegre Zararlı Yönetimi'ne odaklanılmalı; zararlı ve yabancı otlara dikkat etmek, onları tanımlamak, ekonomik zarar eşiklerini belirlemek ve bunları fiziksel veya mekanik yöntemlerle kontrol altına almak için çaba gösterilmelidir. Pestisit kullanımı ve satışı, düzenleyici gözetim tarafından uygulanan sıkı düzenlemelere tabi olmalıdır. Ticari amaçlarla herhangi bir pestisit kullanımına izin vermeden önce, bunun için kapsamlı testler ve risk analizleri yapılması gerekir. Güvenlik standartlarına uyulduğundan emin olmak için düzenli izleme ve değerlendirme de yapılmalıdır (Nordborg ve ark., 2017). Ek olarak, özellikle tarım işçilerine, çiftçilere ve pestisit uygulayıcılarına pestisitlerin uygun şekilde işlenmesi, depolanması ve kullanımı konusunda eğitim ve öğretim sağlanmalıdır. Bu, potansiyel tehlikeleri ve güvenlik önlemlerini bilmeyi, koruyucu ekipman kullanmayı ve etiket talimatlarına uymayı gerektirir. Pestisitlerin oluşturduğu dünya çapındaki tehditleri ele almak için uluslararası koordinasyon ve iş birliği şarttır.

6. Sonuç

Bu derleme, pestisitlerin çevresel ve sağlık boyutlarını güncel veriler ve mevzuat çerçevesinde konuyu bütüncül olarak ele almaktadır. Çevresel etkiler, insan sağlığı riskleri ve düzenleyici

uygulamalar arasındaki ilişkinin birlikte değerlendirilmesi, pestisit yönetiminin sürdürülebilirlik ve halk sağlığı açısından taşıdığı önemi ortaya koymaktadır. Bugün pestisitlerin çevreye verdikleri zararın yanında yutma yoluyla, soluyarak veya cilde temas ederek direk insan ve hayvan sağlığı üzerinde büyük bir risk içerdikleri konusunda dünyada hiçbir tereddüt yoktur. İnsan sağlığını korumak ve kirlilikten uzak bir çevre sağlamak için bilimsel verilerin ışığında uluslararası standartların geliştirilmesi ve uluslararası pestisit izleme politikalarının oluşturularak düzenli olarak güncellenmesi gerekmektedir. Daha önce birçok testten geçtiği belirtilerek ruhsatlandırılan pestisit aktif maddelerinin bugün büyük bir çoğunluğunun ruhsatının iptal edilerek yasaklanması ruhsatlandırma sırasında yapılan toksikolojik ve ekotoksikolojik testlerinin doğruluğunu tartışılır bir hale getirmiştir. İşte bu yüzden ruhsatlandırma yönetmeliklerinin yeniden gözden geçirilmesi gerekir. Gerek pestisit uygulayıcılarının gerekse de tüketicilerin sürekli olarak eğitimine ağırlık verilmeli, bunun için yazılı ve görsel iletişim kanallarının tüm imkânları kullanılmalıdır. Entegre Zararlı Yönetimi ve zararlı veya yabancı otların Ekonomik Zarar Eşikleri'nin belirlenerek bu bilgiler ışığında mücadele yöntemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Pestisit aktif maddelerine karşı patojenlerde, zararlılarda veya yabancı otlarda zamanla gelişen direnç durumları çatı projeler ile ülkesel projelerde sürekli izlenerek durum değerlendirilmesi yapılmalı; etkisiz olduğu belirlenen aktif maddelerin ruhsatları iptal edilmelidir. Bitkisel ve hayvansal üretimde yerel çeşitlerde yapılacak ıslah çalışmaları ile hem yüksek verimli hem de hastalık ve zararlılara karşı daha dayanıklı yerel çeşitlerin veya ırkların ülke tarımına kazandırılması çalışmalarına ağırlık verilmelidir. Devlet kurumları, üreticiler ve sivil toplum kuruluşları bir araya getirerek sorunların belirlenmesi, bu sorunların öncelik sıralamasının yapılarak bilimsel temelli çözüm yollarının geliştirilmesi gerekmektedir. Daha az yan etkiye sahip pestisitlerin geliştirilmesine ilişkin protokoller ve politikalar oluşturmalı, başta biyolojik mücadele olmak üzere alternatif yöntemlere önem verilmelidir.

Etik Beyanı

Yazarlar, bu çalışma için etik onay gerekmediğini beyan etmektedir.

Finansman

Bu çalışma, hiçbir dış finansman almamıştır.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar; makaleye eşit katkıda bulunduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Kaynaklar

- Agarwal, A., Prajapati, R., Singh, O.P., Raza, S., Thakur, L., 2015. Pesticide residue in water a challenging task in India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(2): 1-21.
- Ahmad, M.F., Ahmad, F.A., Alsayegh, A.A., Zeyaulah, M., AlShahrani, A.M., Muzammil, K., Saati, A.A., Wahab, S., Elbendary, E.Y., Kambal, N., Abdelrahman, M.H., Hussain, S., 2024. Pesticides impacts on human health and the environment with their mechanisms of action and possible countermeasures. *Heliyon*, 10(7): 1-26.
- Ahmad, M.F., Wahab, S., Ahmad, F.A., Alam, M.I., Ather, H., Siddiqua, A., Beg, R.A., 2021. A novel perspective approach to explore pros and cons of face mask in prevention the spread of SARS-CoV-2 and other pathogens. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 29(2): 121-133.
- Aktar, W., Sengupta, D., Chowdhury, A., 2009. Impact of pesticides use in agriculture: Their benefits and hazards. *Interdisciplinary Toxicology*, 2(1): 1-12.
- Ali, S., Ullah, M.I., Sajjad, A., Shakeel, Q., Hussain, A., 2020. Environmental and health effects of pesticide residues. In: Inamuddin, M.I. Ahamed, E. Lichtfouse (Eds.), *Sustainable Agriculture Reviews 48: Pesticide Occurrence, Analysis and Remediation*, Springer International Publishing, pp. 311-336.
- Alper, S., 2010. Türkiye’de bitkisel üretimde girdi kullanımının yarattığı çevresel sorunlar. Uzmanlık Tezi, TÜİK, Samsun, Türkiye.
- Altıkat, A., Turan, T., Ekmekyapar Torun, F., Bingül, Z., 2009. Türkiye’de pestisit kullanımı ve çevreye olan etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40(2): 87-92.
- Anonim, 2022. Türkiye Tarımsal İlaç Kullanım Miktarları (2006-2020). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Bitki Koruma Ürünleri İstatistikleri, (https://www.tarimorman.gov.tr/GKGM/Belgeler/D_B_Bitki_Koruma_Urunleri/Istatistik/Yillar_Itibariyla_BKU_Kullanim_Miktar_2006-2024.pdf?utm_source=chatgpt.com), (Erişim Tarihi: 10.04.2022).
- Anonim, 2023. Bitki Koruma Ürünleri İstatistik Bilgiler Formu. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, (https://www.tarimorman.gov.tr/Konu/1241/BKU-Is_tatistiki-Bilgiler-Formu), (Erişim Tarihi: 30.12.2023).
- Atasoy, A., 2019. Yeraltı sularında pestisit kirliliğinin pestisit özellikleri ve kullanım miktarları bakımından irdelenmesi. *Ziraat Mühendisliği*, 368: 46-52.
- Ayyıldız, M., 2022. Türkiye’de kimyasal pestisit kullanımının ekonomi ve çevre yönüyle değerlendirmesi. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(2): 267-274.
- Brown, C.D., Van Beinum, W., 2009. Pesticide transport via sub-surface drains in Europe. *Environmental Pollution*, 157(12): 3314-3324.
- Chandler, D., Davidson, G., Grant, W., Greaves, J., Tatchell, G., 2008. Microbial biopesticides for integrated crop management: an assessment of environmental and regulatory sustainability. *Trends in Food Science & Technology*, 19(5): 275-283.
- Dhuldhaj, U.P., Singh, R., Singh, V.K., 2023. Pesticide contamination in agro-ecosystems: toxicity, impacts, and bio-based management strategies. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(4): 9243-9270.
- Dwivedi, S., Mishra, S., Tripathi, R.D., 2018. Ganga water pollution: a potential health threat to inhabitants of Ganga basin. *Environment International*, 117: 327-338.
- Erdoğan, C., 2024. Evaluation of the use of plant protection products in Türkiye and in the world and recommendations. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 27(2): 382-392.
- Ewald, J.A., Wheatley, C.J., Aebischer, N.J., Moreby, S.J., Duffield, S.J., Crick, H.Q., Morecroft, M.B., 2015. Influences of extreme weather, climate and pesticide use on invertebrates in cereal fields over 42 years. *Global Change Biology*, 21(11): 3931-3950.
- Fagnoli, M., Lombardi, M., Puri, D., Casorri, L., Masciarelli, E., Mandic-Rajcevic, S., Colosio, C., 2019. The safe use of pesticides: a risk assessment procedure for the enhancement of occupational health and safety. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(3): 310.
- Filiz, E., Çiçek, E., Kulaç, Ş., 2011. Transgenik orman ağaçları. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 12(2): 232-240.
- Göktürk, T., 2017. Pyrethrum ve *Bacillus thuringiensis* biyopestisitlerinin *Pristiphora abietina* üzerindeki etkisi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 18(1): 83-87.
- Handford, C.E., Elliott, C.T., Campbell, K., 2015. A review of the global pesticide legislation. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 11(4): 525-536.
- Hanedar, A., Tanık, A., Girgin, E., 2023. Yeşil Mutabakat kapsamında pestisit yönetimi ve Türkiye. *İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre İklim ve Sürdürülebilirlik*, 24(2): 87-96.
- Helfrich, L.A., Weigmann, D.L., Hipkins, P.A., Stinson, E.R., 2009. Pesticides and Aquatic Animals: A Guide to Reducing Impacts on Aquatic Systems. Publication 420-013, p. 1-24, (<https://vtechworks.lib.vt.edu/items/b1b6a8ea-0afc-445d-90e5-ec3d1522bd3e>).

- Hendekci, A., Turkseven, C.M., Gun, I.H., 2025. The relationship between chemical use in agriculture, climate change, and public health: Example of Turkey. *International Journal of Caring Sciences*, 18(2): 1072-1083.
- Hussain, S., Siddique, T., Saleem, M., Arshad, M., Khalid, A., 2009. Impact of pesticides on soil microbial diversity. *Advances in Agronomy*, 102: 159-200.
- Kobyay, Y., Yeşilkanat, C.M., 2017. Doğu Karadeniz Bölgesindeki bazı doğal kaynak sularının elemental analizi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 3(1): 28-38.
- Kurtoğlu, C., Ceylan, F., Cömertpay, S., Akyol, İ., 2020. 2,4-D uygulanmış topraktan izole edilen bakterilerin yıkım kabiliyetleri. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 21(2): 292-300.
- Loos, R., Gawlik, B.M., Locoro, G., Rimaviciute, E., Contini, S., Bidoglio, G., 2009. EU-wide survey of polar organic persistent pollutants. *Environmental Pollution*, 157(2): 561-568.
- Mehmood, Y., Arshad, M., Mahmood, N., Kächele, H., Kong, R., 2021. Occupational hazards. *Environmental Research*, 200: 111340.
- Mitra, A., Chatterjee, C., Mandal, F.B., 2011. Synthetic chemical pesticides and their effects on birds. *Research Journal of Environmental Toxicology*, 5(2): 81-96.
- Nordborg, M., Davis, J., Cederberg, C., Woodhouse, A., 2017. Freshwater ecotoxicity impacts from pesticide use. *Science of the Total Environment*, 581-582: 448-459.
- Nurşen, B., 2022. Pestisitler; istenmeyen etkiler. K. Şahin ve H.F. Keleştemur (Editörler), *Pestisit Maruziyetinin Nörolojik, Üreme ve Gelişim Sistemine Olası Etkileri*, Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları, s. 65-80.
- Ören, A., Özbolat, K., Dığrak, M., 2009. Kahramanmaraş yöresinde kullanılan bazı pestisitlerin toprak mikroorganizmaları üzerine etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 12(1): 23-28.
- Palacios Xutuc, C., 2010. Manual to Train Trainers on Safe and Correct Use of Plant Protection Products and Integrated Pest Management (IPM). CropLife Latin America, (https://croplifeafrica.org/wp-content/uploads/2018/11/TRAINERS.pdf?utm_), (Erişim Tarihi: 30.12.2025).
- Rajmohan, K., Chandrasekaran, R., Varjani, S., 2020. A review on occurrence of pesticides in environment. *Indian Journal of Microbiology*, 60(2): 125-138.
- Rehana, Z., Malik, A., Ahmad, M., 1995. Mutagenic activity of the Ganges water. *Mutation Research*, 343(2-3): 137-144.
- Scholz, N.L., Fleishman, E., Brown, L., Werner, I., Johnson, M.L., Brooks, M.L., Mitchelmore, C.L., Schlenk, D., 2012. A perspective on modern pesticides. *Bioscience*, 62(4): 428-434.
- Sengül Demirak, M.S., Canpolat, E., 2022. Plant-based bioinsecticides for mosquito control. *Insects*, 13(2): 162.
- Siriruttanapruk, S., Anantagunlathi, P., 2004. Occupational health and safety situation in Thailand. *Industrial Health*, 42(2): 135-140.
- Syafrudin, M., Kristanti, R.A., Yuniarto, A., Hadibarata, T., Rhee, J., Al-Onazi, W.A., Algarni, T.S., Almarri, A.H., Al-Mohaimed, A.M., 2021. Pesticides in drinking water-A review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(2): 468.
- Thieme, T., Heimbach, U., Müller, A., 2010. Chemical control of insect pests and insecticide resistance in oilseed rape. In: I. Williams (Ed.), *Biocontrol-Based Integrated Management of Oilseed Rape Pests*, Springer, Dordrecht. pp. 313-335.
- Tiryaki, O., 2016. Türkiye’de yapılan pestisit kalıntı analiz ve çalışmaları. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 32(1): 72-82.
- Van Boxtael, S., Habib, I., Jaxsens, L., De Vocht, M., Baert, L., Van de Perre, E., Rajkovic, A., Lopez-Galvez, F., Samper, I., Spanoghe, P., 2013. Food safety issues in fresh produce. *Food Control*, 32(1): 190-197.
- Way, M., Van Emden, H., 2000. Integrated pest management in practice. *Crop Protection*, 19(2): 81-103.
- Yeğen, O., 1993. Yabancıotlar ve Mücadelesi. Akdeniz Üniversitesi Yayınları, No: 52, Antalya.
- Yıldız, M., Gürkan, O., Turgut, C., Kaya, Ü., Ünal, G., 2005. Tarımsal savaşmada kullanılan pestisitlerin çevre sorunları. *VI. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi*, 3-7 Ocak, Ankara, s. 22.
- Yılmaz, H., Düzenli, A., Dağ, M.M., 2024. Dünya, AB ülkeleri ve Türkiye’de pestisit kullanımı ve yasal düzenlemeler. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 11(3): 315-330.

ALINTI: Kotan, R., Şenol Kotan, M., 2026. Pestisitler ve Çevre İlişkileri. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 13(1): 67-74.

CITATION: Kotan, R., Şenol Kotan, M., 2026. Pesticides and Their Relationship with The Environment. *Turkish Journal of Agricultural Research*, 13(1): 67-74. (In Turkish).