

## *Derleme*

# **Bitki koruma ürünü olarak biyopestisitler: tanımları, sınıflandırılmaları, mevzuat ve pazarları üzerine bir değerlendirme**

Hasan BALCI,<sup>1</sup> Enver DURMUŞOĞLU<sup>1\*</sup>

## **Biopesticides as plant protection products: a review of their definitions, classifications, legislation and markets**

**Abstract:** Concerns about the safety of most of the conventional pesticides that have contributed to the increase in agricultural productivity and farmer income over the years have led to the questioning of their use in sustainable agriculture. An increasing demand for safe, high quality food has also led to stringent regulations regarding pesticide residue levels in the past two decades. These developments have resulted in the replacement of some conventional pesticides with biopesticides. This review summarizes the differences in the definition and classification of biopesticides, the biopesticides market and policies and regulations, and the potential uses of biopesticides.

**Key words:** Biopesticide, definition, classification, biopesticide market, policies and regulations

**Öz:** Yıllar boyunca tarımsal verimliliğin ve çiftçi gelirinin artışına büyük katkı sağlayan geleneksel kimyasal pestisitlerin bazılarının güvenilirliği konusunda oluşan kaygılar, sürdürülebilir tarımda kullanılabilirliklerinin tekrar sorgulanmasına yol açmıştır. Kaliteli ve güvenli gıda için artan istek, son yirmi yılda pestisit kalıntı seviyelerine ilişkin katı düzenlemelere de yol açmıştır. Bu gelişmeler, geleneksel pestisitlerin biyopestisitlerle değiştirilmesine neden olmaktadır. Bu derlemede biyopestisit tanımı ve sınıflandırmasındaki farklılıklar, biyopestisit pazarı, politika ve mevzuatlar ile biyopestisitlerin potansiyel kullanım olanakları hakkındaki mevcut bilgi durumu hakkında bilgiler özetlenmiştir.

**Anahtar sözcükler:** Biyopestisit, tanım, sınıflandırma, biyopestisit pazarı, politika ve mevzuatlar

---

<sup>1</sup> Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 35100, Bornova, İzmir, Türkiye

\*Sorumlu yazar (Corresponding author) e-mail: envdrm@gmail.com

ORCID ID: 0000-0003-2372-8283; 0000-0002-4860-8897

Alınış (Received): 07.10.2020

Kabul ediliş (Accepted): 25.11.2020

## Giriş

Küresel iklim değişiklikleri nedeniyle, hızla artan dünya nüfusunu besleyebilmek için daha az su ve daha az ekilebilir arazide daha fazla gıda üretimi gerekmektedir. Yüksek verimli çeşitlerin, kimyasal gübrelerin, pestisitlerin ve suyun kullanımı ile karakterize edilen yeşil devrim teknolojisi; tarımsal üretimde olağanüstü bir artışa neden olmuştur (Kumar et al., 2008; Kumar, 2012). Bunun yanı sıra yoğun girdili tarım, çevre ve tarım sistemlerinin genel sürdürülebilirliği üzerinde su ve gıda kaynaklarının kirlenmesi, hedef olmayan faydalı böceklerin zehirlenmesi ve insektisitlere dirençli böcek popülasyonlarının gelişmesi gibi bazı istenmeyen etkiler yaratmıştır.

Bitkisel üretimde eskiden beri virüsler, bakteriler, funguslar, yabancı otlar ve böcek ve akarlar gibi çeşitli zararlıların olumsuz etkileri nedeniyle önemli verim kayıpları ortaya çıkmaktadır. Bu kayıpları azaltmak amacıyla kullanılan bitki koruma ürünlerinin olabildiğince çevreye zararsız hale getirilmesi ise küresel bir zorluktur.

Zararlı yönetimi stratejileri günümüzde ağırlıklı olarak kimyasal pestisitlere dayanmaktadır (Kumar, 2012). Kimyasal pestisitler, bitki koruma uygulamalarında toplam uygulama hacmi bakımından lider konumdadır ancak kimyasal pestisitlerin kullanımı çevrenin hem abiyotik hem de biyotik bileşenlerini ciddi şekilde etkilemiştir. Bunun sonucunda ise uzun yıllara dayanan etkin kontrollerine karşın, geleneksel kimyasal pestisitlerin aktif madde etkinliğini ve sürekli kullanımını tehdit eden bir dizi faktör ortaya çıkmıştır. Rastgele kullanılan insektisitler, su ve gıda kaynaklarının kirlenmesine, hedef dışı faydalı organizmalar üzerinde olumsuz etkilere ve insektisitlere dirençli böcek popülasyonlarının gelişimine yol açmıştır. Buna bağlı olarak; çevre ve insan sağlığı konusundaki kaygılar ile birlikte özellikle direnç gelişimi nedeniyle bazı pestisitlerin kullanımı iptal edilmiş, bazıları da yasal düzenlemeler veya ticari nedenlerle piyasadan geri çekilmiştir (Mazid et al., 2011; Kumar, 2012). Tüm bu gelişmeler gıda üretimindeki artışı güvenli ve sürdürülebilir bir şekilde gerçekleştirebilmek için çevre dostu seçeneklere gereksinim olduğunu göstermektedir. Bu durum zararlıları kontrol etmek için biyolojik süreçlere dayanan teknolojileri ve ürünleri yeniden gündeme getirmiş ve daha ayrıntılı araştırılmasını sağlamıştır.

İdeal pestisit kavramı, 20. yüzyılın ikinci yarısında büyük ölçüde gelişmiştir. İnsanların, hayvanların ve çevrenin pestisitlerle ilişkili risklerden korunmasını sağlamak için ABD Çevre Koruma Ajansı (US EPA) ve Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) gibi önemli kurumlar oluşturulmuş ve mevzuat önemli değişikliklere uğramıştır. Günümüzde ideal pestisit kavramı; hedef türler için yüksek bir seçicilik, hedef dışı organizmalar için en düşük toksisite, düşük uygulama oranında yüksek etkinlik ve direnç gelişimini önlemek için düşük çevresel kalıcılık (kolayca parçalanabilir) gibi özellikleri içermektedir (Villaverde et al., 2016).

Bitki koruma ürünleri (BKÜ) arasındaki doğal ürünler ve canlı organizmaları içeren ürünler çok eskiden beri bilinmektedir ancak biyopestisit tanımı ve kapsamı üzerinde küresel bir uzlaşa sağlanamamıştır.

Bir yandan güvenli BKÜ arayışındaki artış diğer yandan biyopestisitlerin araştırılması, geliştirilmesi ve kullanımlarındaki artış nedeniyle ele alınan bu çalışmada biyopestisitlerin tanımlanmasından, sınıflandırılmasına, yarar ve üstünlüklerine, bu alandaki mevzuat ve politikadan biyopestisit pazarındaki mevcut durum ve gelişmelere varıncaya kadar çeşitli bilgiler derlenmiş ve irdelenmiştir.

### **Biyopestisitlerin tanımı ve sınıflandırılması**

Biyopestisitlerin tanımı ve sınıflandırılması ile biyopestisit düzenlemelerindeki zorluklar farklı ülkelerde, bölgelerde, düzenleyici kurumlarda ve hatta bilimsel alanda farklılık göstermektedir.

Bazı araştırmacılar, biyopestisit teriminin sadece canlı organizmalar için kullanılması gerektiğini bildirmiştir (Glare et al., 2012). Bu tanım feromonlar, allelokimyasal moleküller veya bitki ekstraktları gibi biyolojik organizmaların metabolizmasından türetilen ürünleri içermemektedir. Bazı araştırmacılar ise biyopestisitleri doğrudan mikrobiyal zararlı kontrol etmenleri (bakteri, virüs, fungus, protozoa ve nematod) olarak adlandırılan organizmalar ve/veya doğrudan bu etmenlerden üretilen ve tarımsal zararlıların popülasyonlarını bastırmak için kullanılan biyoaktif bileşiklerle (metabolitler vb.) sınırlamışlardır. Zararlılara karşı öldürücü veya uzaklaştırıcı özelliklere sahip olan, tohum üretimi veya çoğaltımı sırasında bitkiye yerleştirilen seçilmiş endofitleri, geleneksel olarak kabul edilmemelerine karşın biyopestisitler olarak kabul etmişlerdir (Glare et al., 2012). Bu tanıma göre ise bitki ekstraktları ve diğer doğal kaynaklı malzemeler, faydalı makrobiyolojikler (avcı, parazitoidler vb.) ve sentetik olarak üretilen biyokimyasal benzeri bileşikler biyopestisit tanımı dışında bırakılmıştır. Bu nedenle, mevcut bitki koruma bağlamında, biyolojik kökenli tüm molekülleri kapsayan daha geniş bir biyopestisit tanımına ihtiyaç olduğu düşünölmektedir.

Birçok araştırmacı ise; biyopestisitleri hayvanlar, bitkiler ve mikroorganizmalar (bakteriler, funguslar ve virüsler vb.) gibi doğal olarak oluşan canlı organizmalardan geliştirilen belirli pestisit tipleri olarak tanımlamışlar ve biyopestisitler ile bunların yan ürünlerinin zararlıların yönetimi için kullanıldığını belirtmişlerdir (Mazid et al., 2011; Senthil-Nathan, 2015). Şirketlerin farklı ülkelerdeki değişik biyopestisit tanımları ve farklı ruhsatlandırma süreçleri nedeniyle yaşadıkları zorluklar çeşitli derleme makalelerinde de tartışılmıştır (Arora et al., 2016; Balog et al., 2017; Ndolo et al., 2019).

Bölge, ülke veya kurumlardan kaynaklanan en düşöndürücü farklılık ise, bitkiye aktarılan genetik materyal (Bt geni vb.) aracılığıyla bitkilerin ürettiği pestisidal maddelerin, bitkiye aktarılmış koruyucular olarak tanımlanması ve bunların biyopestisit olarak onanmasıdır (Ndolo et al., 2019).

ABD’nde biyopestisitler; hayvanlar, bitkiler, bakteriler ve bazı mineraller gibi doğal maddelerden türetilmiş ürünler olarak tanımlamaktadır (EPA, 2013). Amerika

Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (US EPA), bitkiye aktarılmış koruyucuları biyopestisit olarak tanımaktadır. Bu nedenle de ABD’de biyopestisitler; mikrobiyal pestisitler, biyokimyasal pestisitler ve bitkiye aktarılmış koruyucular olmak üzere üç ana kategoriye ayrılmıştır (Gupta & Dikshit, 2010; Mazid et al., 2011; EPA, 2013; Srijita, 2015). EPA’nın yaptığı sınıflandırmadaki grupların kapsamı aşağıda kısaca açıklanmıştır.

*Mikrobiyal pestisitler;* aktif bileşen (etkili madde) olarak bir mikroorganizmadan (bakteri, fungus, virüs, protozoa veya alg) oluşur. Her mikrobiyal aktif madde, genellikle hedef zararlı için özelleşmiş olmasına karşın, mikrobiyal pestisitlerin birçok farklı zararlı türünü baskı altına alabildiği bilinmektedir. Örneğin, belirli yabancıotlarla mücadelede kullanılan funguslar ve belirli böcekleri öldüren entomopatojen funguslar bulunmaktadır. En yaygın olarak kullanılan mikrobiyal pestisitlerden biri, “Bt” olarak bilinen *Bacillus thuringiensis*’tir (Mazid et al., 2011; Srijita, 2015).

*Biyokimyasal pestisitler;* bitki ekstraktları, yağ asitleri veya zararlıları toksik olmayan mekanizmalarla kontrol eden ve doğal olarak oluşan maddelerdir. Biyokimyasal pestisitler, böcek büyüme düzenleyicilerini, çiftleşmeye müdahale eden maddeleri ve böcek davranışları üzerinde etkili olan çekici ve uzaklaştırıcıları içerir. Çiftleşmeye ve popülasyon artışına müdahale eden böcek eşey feromonları ile zararlı böcekleri tuzaklara çeken çeşitli kokulu bitki ekstraktları ve bazı bitkisel yağlar bunlara örnek olarak verilebilmektedir (Mazid et al., 2011; Singh et al., 2012; Srijita, 2015).

*Bitkiye aktarılmış koruyucular;* bitkilerin genetik modifikasyonu sonucunda doğal olarak üretilen maddeleri içerir. Bunlar bitkiye eklenen genetik materyallerden bitkilerin ürettiği ve pestisidal etki gösteren maddelerdir. Bt geni, proteaz inhibitörü, lektinler, kitinaz vb. örnekler bitki genomu içine aktararak transgenik bitkinin hedeflenen zararlıyı yok eden kendi maddesini sentezlenmesi sağlanmaktadır. Zararlılara dayanıklı transgenik bitkiler; hayvanlar ve insanlar üzerinde hiçbir zararlı etkisi olmadığı düşünülen, biyolojik olarak parçalanabilen doğal proteinler üretmekte ve bunun sonucunda tehlikeli pestisitlerin kullanımı azaltılmaktadır. EPA biyopestisitlerin ruhsatlandırılması ile ilgili olarak sadece aktarılan protein ve genetik materyal hakkında bir düzenleme belirlemiş olup, aktarım yapılacak bitki hakkında bir düzenleme önermemektedir (Koundal & Rajendran, 2003; Mazid et al., 2011; Kumar, 2012; Srijita, 2015).

ABD’de görülen bu uygulamanın aksine dünyanın diğer ülkelerinde transgenik bitki ve ürünlere olan farklı yaklaşımlar nedeniyle bitkiye aktarılmış koruyucular biyopestisit grupları içine alınmamakta ve böyle bir sınıflandırma çoğu ülkede kabul edilmemektedir.

Avrupa Birliği’nde, her ne kadar her zaman olmasa da genellikle “düşük riskli” veya “temel” maddeler olarak tanımlanan biyopestisit aktif maddeleri için özel bir tanım bulunmamaktadır (Villaverde et al., 2016). Avrupa Birliği’nde biyopestisitler yerine “biyolojik kontrol ajanları” terimi kullanılmakta ve bitkiye aktarılmış koruyucular biyopestisit olarak kabul edilmemektedir.

Uluslararası Biyokontrol Üreticileri Derneği (IBMA, International Biocontrol Manufacturer's Association) ve Uluslararası Biyolojik Mücadele Organizasyonu (IOBC, International Organization for Biological Control)'nda da biyopestisit terimi yerine biyokontrol ajanları terimi kullanılmaktadır. Bu kapsamda biyokontrol ajanları; makrobiyal (parazitoitler, predatörler, entomopatojen nematodlar), mikrobiyal (bakteri, virüs, toprak mikroorganizmaları), doğal ürünler (doğal ve biyokimyasallar ürünler) ve semiyokimyasallar (feromonlar) olarak dört gruba ayrılmıştır (Mishra et al., 2015).

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ise, biyopestisitleri yaşayan bir organizma ya da doğal bir üründen üretilen, kimyasal bir pestisit gibi formüle edilen ve uygulanan, kısa süreli zararlı kontrolü için zararlı popülasyonunu hızlı bir şekilde düşüren ürünler şeklinde tanımlamaktadır (FAO, 2017). Bu tanıma dayanarak biyopestisitleri; mikroorganizma kökenli biyopestisitler, bitkisel kökenli biyopestisitler ve semiyokimyasallar olarak üç başlık altında gruplandırmaktadır.

*Mikroorganizma kökenli biyopestisitler*; kasıtlı olarak değiştirilmemiş olması koşuluyla canlı veya canlı olmayan bir mikroorganizma (protozoa, fungus, bakteri, virüs veya diğer mikroskobik kendi kendini kopyalayan biyotik varlık) ya da bu mikroorganizmaların toksin veya metabolitlerini içeren ürünler olarak ifade edilmektedir.

*Bitkisel kökenli biyopestisitler*; bitkilerde bulunan ve aynı türün bitki veya bitki parçalarını presleme, öğütme, ezme, damıtma veya ekstraksiyon gibi bir işleme maruz bırakarak elde edilen bir veya daha fazla bileşenden oluşan ürünler olarak tanımlanmaktadır. Bileşenlerin kimyasal yapısının kasıtlı olarak kimyasal veya mikrobiyal işlemlerle değiştirilmemesi koşuluyla konsantrasyon, saflaştırma veya harmanlama içerebileceği belirtilmektedir.

*Semiyokimyasallar*; aynı veya başka türdeki bireylerde davranışsal ya da fizyolojik tepki uyandıran bitkiler, hayvanlar ve diğer organizmalar tarafından salgılanan madde veya madde karışımları olarak tanımlanmıştır (FAO, 2017).

Görüldüğü gibi, biyopestisitlerin genel sınıflandırması canlı organizmalara ve doğal ürünlere dayanmaktadır. Biyopestisitlerle ilgili tüm bu farklı tanım, kapsam ve sınıflandırmalar incelendiğinde; biyopestisitleri zararlıları çevre dostu bir şekilde kontrol eden, doğal olarak oluşan maddelerden yapılmış bir formülasyon olarak tanımlayabiliriz.

Sonuç olarak; biyopestisitler hayvanlardan (nematodlar vb.), bitkilerden (krizantem, tespah ağacı vb.) ve mikroorganizmalardan (*Bacillus thuringiensis*, *Trichoderma* spp., Nucleopolyhedro virüs vb.) elde edilebilmekte ve tarım zararlılarının yönetimi için kullanılacak canlı organizmaları (doğal düşmanlar), ürünlerini (fitokimyasallar, mikrobiyal ürünler vb.) veya yan ürünleri (semiyokimyasallar vb.) içermektedir. Ayrıca biyopestisitler etkiledikleri hedef zararlı türü açısından incelenecek olursa; biyofungisitler (*Trichoderma* vb.), biyoherbisitler (*Phytophthora* vb.) ve biyoinektisitler (*Bacillus thuringiensis* vb.) (Mazid et al., 2011) olarak gruplandırılabilir.

## **Biyopestisitlerin yarar ve üstünlükleri**

Biyopestisitler; çevre dostu etki mekanizmalarıyla önemli bitki zararlılarını kontrol edebildiği gibi genellikle kimyasal pestisitlerden daha az toksiktir ve bu nedenle de çevre ve insan sağlığı için daha az tehdit oluşturduğu düşünülmektedir. (Mazid et al., 2011; Kumar, 2012; Senthil-Nathan, 2015; Srijita, 2015). Bu özellikleri nedeniyle de tüm dünyada önem kazanmışlardır. Biyopestisitlerin öldürücü etkilerinin kimyasal pestisitlere göre daha yavaş oluşu ve raf ömrünün kısıllığı gibi olumsuz özelliklerine karşın yarar ve üstünlükleri de oldukça fazladır.

Kimyasal pestisitlerin aksine biyopestisitler, sadece hedef zararlıları ve yakından ilişkili organizmaları etkilerler (Mazid et al., 2011; Kumar, 2012; Srijita, 2015). Bu konuda biyopestisitlerin önemli üstünlüklerinden biri de; birçoğunun tozlaştırıcılar için toksik olmayışı ve Hymenoptera takımına bağlı parazitoidler gibi diğer doğal düşmanlarla da uyumlu olmalarıdır (Travis et al., 2012). Biyopestisitlerin etkili oldukları kullanım dozunun oldukça düşük oluşu ve sıklıkla çabucak ayrışması çevrede bulunış sürelerini azaltmakta ve kimyasal pestisitlerin neden olduğu kalıntı ve biyoakümülyasyon sorunlarından büyük ölçüde kaçınılmasını sağlamaktadır (Mazid et al., 2011; Kumar, 2012; Srijita, 2015). Bu nedenle, biyopestisitler çevre kirliliğini yönetebilmek için umut verici seçeneklerden biri olarak kabul edilmektedir. Biyopestisitlerin, özellikle meyve ve sebzelerde tüketiciler için önemli bir kaygıya neden olan kalıntı problemi bulunmamaktadır. Ayrıca zararlılarla mücadelede insektisit direncinin yönetiminde önemli bir seçenek olarak etkili bir şekilde kullanıldıkları bilinmektedir (Copping & Menn, 2000; Senthil-Nathan, 2006; Senthil-Nathan et al., 2006; Senthil-Nathan et al., 2009; Mazid et al., 2011; Kumar, 2012; Senthil-Nathan, 2013; Senthil-Nathan, 2015).

Biyopestisitler; hedefe özgülük, etkinlik, biyobozunurluk, doğal düşmanlarla birlikte kullanılabilirlik ve çevre güvenliği ile ilgili üstünlükleri nedeniyle, zararlı yönetimi için çevre dostu ve güvenli entegre ürün yönetimi ile uyumlu yaklaşımlar ve taktikler geliştirmekle ilgilenenlerin dikkatini ve ilgisini çekerek entegre zararlı yönetimi programlarının içinde değerlendirilmeye başlanmıştır.

Seçilmiş tarım ürünleri ve niş alanlarında biyopestisitlerin entegre zararlı yönetimi (EZY) programlarının bir bileşeni olarak kullanılabilmesi fırsatlar mevcuttur. Etkinliği yüksek olan biyopestisitlerin bu programlar içinde kullanıldıklarında ürün veriminde bir düşüşe neden olmadan kimyasal pestisitlerin kullanımını da büyük ölçüde azalttığı artık bir çok araştırmacı tarafından ifade edilmektedir (Mazid et al., 2011; Kumar, 2012; Senthil-Nathan, 2013; Senthil-Nathan, 2015).

Doğal biyopestisit kaynaklarını geliştirmeleri ve araştırma yapmaları konusunda gelişmekte olan ülkelere eşsiz bir şans sağlayan biyopestisitlerin, bitkiye aktarılmış koruyucuların uygulanması ile güvenli gıda ve yem üretimini artıracaklarını savunan görüşler bulunmaktadır (Kumar, 2012). Ancak dünyanın birçok ülkesinde transgenik ürünlere olan farklı yaklaşımlar nedeniyle bu düşünce pek de kabul edilmemektedir. Bazı ülkelerde biyopestisitlerin ruhsatlandırma aşamasında,

kimyasal pestisitlere göre daha az veriyle ruhsat alabildikleri ve kimyasal pestisitlerin ruhsatlandırılması için gerekli olan düzenleyici sorunlarla karşılaşmadıkları da bilinmektedir (Goettel et al., 2001; EPA, 2006; Senthil-Nathan, 2015).

## **Politika ve mevzuattaki mevcut durum**

Biyopestisit kullanımının çevre güvenliği açısından önemi iyi bilinmesine karşın asıl ilgiyi organik gıdaya yönelik artan istekler nedeniyle çekmiştir (Kumar, 2012; Kumar & Singh, 2015). Özellikle, son zamanlarda organik olarak üretilen gıdalara olan istek ve ana zararlı organizmalara karşı geniş bir biyolojik aktivite yelpazesi olan “biyolojik temelli ürünlerin” daha etkili bir şekilde kullanımı ile birlikte bu ürünlerin sentetik kimyasal pestisitlerin yerine etkili bir şekilde kullanılabilmesinin bilinmesi, çiftçilerin biyopestisitleri benimsemelerine yol açmıştır (Copping & Menn, 2000; Chandrasekaran et al., 2012; Senthil-Nathan, 2013).

Biyopestisitlerin kullanımı, uygulanabilir direnç yönetimi programlarını geliştirmek için önemli seçenek oluşturabilecek yöntemlerden birisidir. Tarım ilacı üreten şirketler etkinliklerini koruyabilmek için direnç yönetimini güvenli kılacak arayışlara yönelirken, direnç gelişimini önleyebilecek farklı etki mekanizmasına sahip yeni biyopestisit aktif maddelerinin araştırılmasını desteklemektedirler. Bu bağlamda biyopestisitlerin verimli ve etkili kullanımı için, ayrıntılı bir şekilde ele alınması gereken çeşitli teknolojik ve politika boşlukları belirlenmiştir (Kumar, 2012; Villaverde et al., 2016).

Biyopestisitlerin ruhsatlandırılması ve kaydı ile ilgili politika önlemleri incelendiğinde ülke, bölge ve birliklere göre farklılıkların olduğu görülmektedir.

Türkiye’de Bitki Koruma Ürünlerinin (BKÜ) kayıt ve ruhsat işleri T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı bünyesinde gerçekleştirilmekte olup; konuyla ilgili yönetmelik ilk kez 1975 yılında yayınlanmış ve günümüze kadar beş kez değiştirilmiştir. Bitki Koruma Ürünlerinin Ruhsatlandırılması ve Piyasaya Arzı Hakkındaki 30235 sayılı son yönetmelik 9 Kasım 2017 tarihinde yürürlüğe girmiştir (Resmi Gazete, 2017). Bu yönetmelik, yetiştirildikleri ve depolandıkları ortamlarda bitkileri veya bitkisel ürünleri zararlı ve hastalık etmenlerinden korumak ya da önlemek için, kullanılacak ticari formdaki BKÜ’nin ruhsatlandırılması ve piyasaya sunulması ile ilgili usul ve esasları içermektedir. Bu yönetmelik kapsamında; pestisitler, bitki aktivatörleri, beslenmeyi engelleyiciler (antifeedantlar), bitki gelişim düzenleyicileri (BGD), biyolojik mücadele etmenleri, böcek cezbedicileri (attractant), böcek gelişim düzenleyicileri (IGR) ve böcek uzaklaştırıcıları (repellentler) kapsamlarıyla birlikte tanımlanmıştır (Durmuşoğlu et al., 2020). Durmuşoğlu et al. (2020) bu yönetmelik kapsamında; biyopreparat ya da biyopestisit kavramının tanımlarının tam olarak yapılmadığını bildirmektedirler. Biyopestisit veya biyopreparat tanımlarının “biyolojik mücadele etmenleri (nematodlar dahil)” ve “mikroorganizma içeren (entomopatojen nematodlar dahil) BKÜ” kavramlarının her ikisinin içinde de değerlendirilebileceğini ve bu yüzden de bu kavramların kapsamlarının net olarak anlaşamadığını belirtmektedirler.

Günümüzde mevcut olan ve yeni geliştirilen biyopreparatların, mevzuatlarda yapılacak detaylı tanım ve açıklamalarla belirtilmesi ve kapsamlarının ayrıntılı bir şekilde verilmesinin, bu ürünlerin ruhsatlandırılması konusunda firmaların düşeceği yanılgıların giderilmesinde önemli rol oynayacağı düşünülmektedir.

Biyopreparatların ruhsatlandırılmasını kolaylaştıracak önemli adımlardan biri, 30235 sayılı yeni yönetmelik kapsamında ilk kez ruhsatlandırılacak olan BKÜ aktif maddesinin AB veya G8 ülkelerinde ruhsatlı olması gerekliliği şartının, Türkiye fauna, flora veya mikroflorasından izole edilmek koşuluyla; mikroorganizmalar ve entomopatojen nematod içeren biyopreparatlar, bitki aktivatörleri, biyolojik mücadele etmenleri, tuzak ve feromonlar, bitkisel ekstratlar veya yağlar için aranmadığının belirtilmesidir. Yönetmelikte yapılan bu değişikliğin, bu kapsamdaki biyopreparatların ruhsatlandırılmasında artışa neden olacağı düşünülmektedir (Durmuşoğlu et al., 2020).

Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa Birliği, insan ve hayvan sağlığı ile birlikte çevreyi korumak ve yeni aktif maddeler ile formülasyonları daha hızlı kullanıma sunmak için iyi geliştirilmiş bir pestisit mevzuatına sahiptir (Villaverde et al., 2016).

ABD'de Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından biyopestisitlerin kaydedilmesini kolaylaştırmak için 1994 yılında Pestisit Programları altında Biyopestisitler ve Kirliliği Önleme Bölümü kurulmuştur. Biyopestisitler kimyasal pestisitlerden daha az risk oluşturma eğiliminde olmasından dolayı, EPA biyopestisitleri ruhsatlandırmak için, genellikle geleneksel kimyasal pestisitler için gerekli olandan çok daha az veriye gereksinim duymaktadır. Bir pestisitinin güvenli olduğundan emin olmak için, tescil ettirenler tarafından pestisitinin bileşimi, toksisitesi, bozunması ve diğer özellikleri hakkındaki verilerin EPA'ya sunulması gerekmektedir. Kimyasal pestisitlerin kaydı için üç yıldan fazla bir süre gerekiyken, yeni bir biyopestisit kaydetmek için genellikle bir yıldan az bir süre yeterli olmaktadır (Kumar, 2012).

Avrupa Birliği'nde ise; 14 Haziran 2011'de 1107/2009 (EC) sayılı yönetmeliğin yürürlüğe girmesiyle bitki koruma ürünlerini düzenleyen yasa yeniden gözden geçirilip düzeltilmiştir (European Commission (EC) Regulation 1107/2009, 2009). Bu yönetmelik, insan/hayvan sağlığı ve çevre için kabul edilemez risk taşıyan bileşiklerin onaylanmasını engellemek amacıyla geliştirilmiştir. Bu yönetmeliğe göre, herhangi bir bitki koruma ürünü Avrupa Birliği'nin herhangi bir üye devletinde kullanıma sunulmadan önce risk oluşturmadığını kanıtlayan titiz bir değerlendirme sürecinden geçmeli ve pestisitlerin güvenli kullanımı da sağlanmalıdır. Düşük riskli maddeler söz konusu olduğunda ise, yeterli etkinlikte olduğunu gösteren veri seti azaltılmış bir dosyanın kayıt için yeterli oluşu biyopestisitlerin gelişimini destekleyen bir uygulamadır. Bilindiği üzere, Avrupa Birliği düzeyinde biyopestisitlerin resmi bir tanımı yoktur. Fakat biyopestisitler de 1107/2009 (EC) sayılı yönetmelik kapsamındadır. Pestisitlerin sürdürülebilir kullanımı için 2009/128/EC sayılı Avrupa Yönergesi gibi çok sayıda yasal önlem de kabul edilmiştir (Villaverde et al., 2014; Villaverde et al., 2016). 2009/128/EC sayılı direktifin Ek III'ünde açıklanan EZY'nin genel ilkeleri Avrupa Birliği tematik stratejisi hedeflerini karşılamaya çalışmaktadır. Avrupa Birliği, yaptığı düzenlemelerle düşük riskli maddelerin genellikle de biyopestisitlerin kullanımını



ve kaydedilmesini kabul etmiştir. Böylece biyopestisitlerin, EZY uygulamaları içinde gerekli şekilde yer alması özendirilerek daha az zararlı olan etken maddelerin ve sürdürülebilir zararlı kontrol tekniklerinin geliştirilmesi düşünülmektedir. Bu, geleneksel kimyasal pestisitlerin biyopestisitlerle değiştirilmesi ya da birleştirilmesiyle veya biyopestisitlerin yeni pestisitlerin sentezi için bir temel olarak kullanılmasıyla elde edilebilir. Fakat yasal çerçevede biyopestisit olarak tanımlanabilecek doğal düşmanlar gibi biyolojik savaş etmenlerinin ve doğal ürünlerin etki mekanizmaları veya kimyalarındaki karmaşıklıklar, geleneksel kimyasal pestisitlerden önemli ölçüde farklı olduğu için görece risk açısından sınıflandırılmalarını zorlaştırmakta ve bu durum biyopestisitlerin ticarileştirilmesinde düzenleyici engeller oluşturmaktadır (Villaverde et al., 2016).

Tarım kimyasalları şirketlerinin, yürürlükteki mevzuat (1107/2009 (EC)) nedeniyle pazar ve Ar-Ge stratejilerini değiştirmesine rağmen politika ağının göreceli olarak yetersizliği, sınırlı kapasite ve kaynaklar ile düzenleyiciler ve üreticiler arasındaki güven eksikliği biyopestisitleri isteklendirilmesinin önündeki en büyük engellerden biri olarak durmaktadır.

Dünya genelindeki gelişmeler, EZY stratejilerinin geliştirilmesinde biyopestisitlerin potansiyel bir rolü olduğunu açıkça göstermektedir. Bilindiği üzere gelişmiş ülkeler gıda ve çevredeki pestisit kalıntılarını azaltmak için kimyasal pestisitlerin kullanımının azaltılmasını istemektedir. Bu sorunları çözmek için mevcut gelişmeler dikkate alınarak, pestisitlerin rasyonel kullanımı entegre zararlı yönetimi programlarında daha çevreci uygulamalar ve kontrol önlemleri ile birleştirilmelidir.

## **Biyopestisit pazarı**

Bitki koruma uygulamalarında kimyasal veya sentetik pestisitlerin yaygınlığı devam ederken; insan, hayvan ve çevre sağlığı ile ilgili kaygılar biyopestisitlerin kullanımının artışıyla önemli rol oynamaktadır. Günümüzde ana hedef; en düşük yatırım bütçesiyle, yüksek verimlilik potansiyeline sahip çevre dostu pestisit geliştirmek ve formüle etmektir. Tüketicilerin güvenli gıda istekleri üreticilerin biyopestisitlere yönelimini giderek artırmaktadır. Günümüzde gıda güvenliğini sağlamak için tarımsal biyoteknolojide zararlı yönetiminde biyopestisitlere güvenen birçok ülke bulunmaktadır (Lade et al., 2017).

Kalıntısız tarımsal ürün isteğinin artışı, organik gıda pazarının büyümesi ve kimyasal pestisitlere göre daha kolay ruhsatlanabilirliği biyopestisit pazarının gelişimini sağlayan kilit faktörlerdir (Bailey et al., 2010; Hassan & Gökçe, 2014; Kumar & Singh, 2015). Daha fazla çevre ve sağlık bilinci, sürdürülebilirlik, düzenleyici baskı ve perakendeci istekleri nedeniyle biyopestisit pazarı hızla genişlemektedir (Ndolo et al., 2019). Bu durum bütün dünyada kullanılabilir biyopestisitlerin geliştirilmesi için sürekli çaba harcanmasını sağlamaktadır (Lade et al., 2017). Günümüzde, geleneksel kimyasal pestisitlerle rekabet edebilecek ve bunları tamamlayabilecek çok sayıda biyolojik aktif bileşenler ve ürünler mevcuttur (Hassan & Gökçe, 2014). Fakat biyopestisitlerin etkinlik ve tutarlılığa ek olarak fiyat

konusunda rekabetçi olması gereklidir. Geçmiş yıllarda; seri üretim, formülasyon ve/veya uygulama ekonomisi gibi konularda oluşan maliyetleri geri kazanmak için gereken satış fiyatının engelleyiciliği nedeniyle piyasaya ulaşan biyopestisitlerin kullanımı büyük ölçüde sınırlı kalmıştır. Bu nedenle geliştirilen biyopestisitlerin zararlılar üzerindeki yüksek etkinliklerinin yanı sıra piyasada rekabet edebilmek için uygun fiyat potansiyelinin de olması gerekmektedir (Kumar & Singh, 2015).

Biyopestisitler geçmişte, yalnızca var olmak için mücadele eden ve dolayısıyla pazar paylarını artıramayan küçük yerel veya bölgesel şirketler tarafından üretilmekteydi (Olson, 2015; Ndolo et al., 2019). Günümüz küresel biyopestisit pazarında ise büyük ve çok uluslu tarım kimyasalları şirketleri bu sektöre büyük yatırımlar yapmaktadırlar. Bu şirketler sadece ürün kalitesi ve tanıtımına dayalı olarak rekabet etmekle kalmayıp, aynı zamanda daha büyük pazar paylarına sahip olmak için yeni ürün tanıtımları, ortaklıklar ve satın alımlar gibi stratejik hamlelere de odaklanmaktadır (Markets & Markets, 2015). Bu gelişmeler biyopestisit pazarında büyümenin devam edeceği yönündeki beklentiyi artırmaktadır (Hassan & Gökçe, 2014). Bu da biyopestisitlerin önümüzdeki 20-30 yıldaki pazar büyüklüğü açısından kimyasal pestisitlere yetişebileceğini gösteren tahminlerin artışına neden olmaktadır (Olson, 2015; Ndolo et al., 2019).

Bu yüzyılın başında, dünya genelindeki pestisit pazarının sadece %2,5'ini biyopestisitler oluşturmuştur (Marrone 2007; Chandler et al., 2012; Villaverde et al., 2016). Ancak bilindiği gibi biyopestisit pazarındaki büyüme oranı son yirmi yılda artış eğilimi göstermektedir. Küresel biyopestisit pazarının değeri 2011 yılında 1,3 milyar ABD doları olarak gerçekleşmiştir. Bu değer 2017 yılına kadar 3,2 milyar ve 2019 yılına kadar 6,9 milyar ABD dolarına ulaşması beklenmiştir (Kumar, 2012; Srijita, 2015). Şu anda biyopestisitler, toplam küresel bitki koruma pazarının küçük bir kısmını (% 5-6) oluşturmaktadır ve değeri 3 ila 4 milyar dolar arasındadır (Dunham & Trimmer, 2018; Ndolo et al., 2019).

Biyopestisit pazarındaki en büyük pay Kuzey Amerika'ya aittir. Bunun en önemli nedeni olarak ABD'de GDO'lu ürünlerde bitkiye aktarılmış koruyucuların kullanımı olduğu düşünülmektedir. ABD ve Hindistan dışındaki birçok ülke ve bölgede bitkiye aktarılmış koruyucular biyopestisit olarak değerlendirilmediği ve kullanılmadığı için bu ülkelerde biyopestisit kullanım oranları ve biyopestisit pazarı içindeki payları düşük görünmektedir.

Buna karşın küresel biyopestisit pazarının 2017-2025 tahmin dönemi boyunca oldukça önemli bir artış göstereceği tahmin edilmektedir. Markets & Markets (2018)'in öne sürdüğü tahmine göre, 2017 yılında 3,3 milyar ABD doları değerinde olan bu pazarın, tahmin döneminin sonunda (2025) 9,5 milyar ABD doları değerine ulaşacağı beklenmektedir. Bununla birlikte, özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki satın alım oranlarındaki önemli belirsizliklerin bu tahminleri etkileyebileceği de düşünülmektedir.

## Sonuç ve öneriler

Gıda gereksiniminin sürekliliği, geleneksel tarımın büyük ölçüde kimyasal girdilere bağımlı olmasına neden olmuştur. Tüketicilerin ve hükümetlerin gıda güvenliği konusundaki artan kaygısı, üreticilerin yeni çevre dostu yöntemler arayışına yol açmıştır. Bunun sonucunda, kimyasal pestisitlerin yerine umutlandırıcı bir seçenek olarak biyopestisitlerin kullanımı ortaya çıkmıştır. Biyopestisitlere olan ilgi ve istek dünyanın her yerinde giderek artmaktadır.

Biyopestisitler hala yeni ve evrimleşmektedir. Biyopestisitlerin tarihsel gelişiminin ilk aşamalarında “potansiyel” biyopestisitler hakkında birçok araştırma yapılmış olup bunların birçoğu biyopestisitlerin etkililikleri ile ilgilidir. Bu yüzden günümüzde daha çok; biyopestisitlerin üretimi, formülasyonu, dağıtımı ve ticarileştirilmesi gibi alanlarda araştırmalara yönelmek gerekmektedir (Ndolo et al., 2019). Gelişmekte olan ülkelerin biyopestisit üretim ve kullanım kapasitelerinin artırılması ve biyolojik etmenlerin üretim sistemine katılması ve AR-GE artışı için araştırmaların yanı sıra uzmanlığa da sürekli yatırım yapılması da oldukça önemlidir. Bir araştırma projesinden ürünün gerçekleştirilmesine geçişte; biyopestisit yenileşim zincirlerine ve/veya biyopestisitleri araştırmak, geliştirmek ve elde etmek için yapılan araştırmaların koordinasyonuna gereksinim olduğu düşünülmektedir. Son yıllarda nanoteknoloji gibi daha yeni teknolojiler biyopestisitlerin etkililik artışına sağlayacakları katkı konusunda büyük umut vaat etmektedir (Ndolo et al., 2019). Bu yüzden de bu yeni teknolojilerin potansiyeli hakkında daha çok araştırma yapılması büyük önem göstermektedir.

Biyopestisitlerin bilinen yarar ve üstünlükleri nedeniyle mevcut durumu, kısıtlamaları, beklentileri ve düzenleyici ağı ile insanlık yararına etkin kullanımlarına yönelik çeşitli yönlerinin düzenli olarak gözden geçirilmesi gerekmektedir. Biyopestisitlerin gıda ve yem güvenliği için küresel tarımda sürdürülebilirliğe katkı sağlayacağı kuşkusuzdur.

Gelecekteki EZY stratejilerinin geliştirilmesinde biyopestisitlerin önemli bir rolü olacağı düşünülmektedir. Güvenliği ve çevreye uyumu daha yüksek olan zararlı kontrol seçeneklerine yönelik siyasi ve sosyal tutumlardaki değişiklikler fırsatları artırmış olsa da bu durum tek başına biyopestisitlerin benimsenebilmesi için gerekli olan büyük değişiklikleri sağlamak için yeterli görünmemektedir. Biyolojik etkinlikteki tutarsızlık, yönetmeliklerdeki sıklığın derecesi, kalite denetimi, bilimsel olarak sağlam kullanım paketleri ve EZY’de iyi tanımlanmış rol gibi konu ve özelliklerin biyopestisitler için dikkate alınması ve daha fazla ayrıntılandırılması gerekmektedir. Zararlı yönetimi gereksiniminde biyopestisit kullanımını artırmak için çiftçiler, biyopestisit üreticileri, devlet kurumları, özel kuruluşlar politikacılar ve tüketiciler arasında farkındalığın artırılması oldukça önemlidir.

Risk değerlendirmesi biyopestisitlerin kaydı ve ruhsatlandırılması için önemli bir gerekliliktir. Bu değerlendirmenin bilimsel kanıta dayalı süreçlerle yapılması gerekmele birlikte, bazı ülkelerdeki başvuru işlemleri gereksiz uzun süreçlere dayanmaktadır. Bu nedenle biyopestisit aktif maddelerinin etkili bir şekilde

değerlendirilmesini kolaylaştırmak için kayıt gereksinimlerinin uyarlanması gerekmektedir. Yeni biyopestisitlerin kayıt ve ruhsatlandırılmasına ilişkin yüksek maliyet, bunların ticarileşmesini engelleyen bir başka faktördür. Bu alanda yapılacak özendirici düzenlemeler, ticarileştirmeyi ve pazardaki kullanılabilirliği de artırabilir.

Biyopestisitlerin şimdiye kadar piyasada bulunuşu ve kullanılıyor olması, bu ürünlerin ticari değerini açıkça ortaya koymaktadır. Buna karşın, biyopestisitlerin yakın gelecekte pazar payı artışları açısından diğer zararlı kontrol seçeneklerinden daha iyi performans göstereceği düşünülmekte ise de şu an için gerçek potansiyellerine ulaşmamışlardır.

Biyopestisitlerin daha fazla kullanım alanı bulabilmesi için, araştırma ve geliştirme sürecine alınacak etmen veya biyoaktifin seçim sürecinden en uygun iş ve finansman modellerini belirlemeye kadar tüm süreçlerde disiplinler arası işbirliği ile endüstri girdisinin sağlanmasını gerektirmektedir. Üretim, formülasyon ve dağıtımdaki araştırmalar biyopestisitlerin ticarileştirilmesine büyük ölçüde katkı sağlayacağı kuşkusuzdur. Böylece daha fazla biyopestisit geliştirilmesi ve kayıt altına alınmasının sağlanabileceği düşünülmektedir.

Bununla birlikte, biyopestisitlerin aslında pestisit olduğunu ve sentetik muadilleri ile aynı yönetmelikler kapsamında değerlendirildiği unutulmamalıdır. Biyopestisitler, yalnızca bitki koruma ürünlerinin güvenli bir şekilde kullanılması hakkında kritik bilgiler sağlayan etikette belirtildiği gibi kullanılmalıdır. Etiketdeki talimatların kesinlikle uygulanması sayesinde biyopestisit kullanımı güvenli olacağı unutulmamalıdır. Biyopestisitler, kimyasal pestisitlere kıyasla genel olarak daha düşük risk, daha düşük ruhsat maliyeti ve toplum tarafından olumlu algılanan maddeler olsalar da, daha güvenli ve daha etkili tarım uygulamaları elde etmek için bunları doğru kullanmak gerekir.

## Kaynaklar

- Arora N., M. Verma, J. Prakash & J. Mishra 2016. Regulation of biopesticides: global concerns and policies (Editors: N.K. Arora, S. Mehnaz & R. Balestrini, Bioformulations: for Sustainable Agriculture). Springer, New Delhi, India, 283-299.
- Bailey K L, S. M. Boyetchko & T. Längle 2010. Social and economic drivers shaping the future of biological control: a Canadian perspective on the factors affecting the development and use of microbial biopesticides. *Biological Control*, 52: 221-229.
- Balog A., T. Hartel, H. D. Loxdale & K. Wilson 2017. Differences in the progress of the biopesticide revolution between the EU and other major crop-growing regions. *Pest Management Science*, 73 (11): 2203-2208.
- Chandler D., A. S. Bailey, G. M. Tatchell, G. Davidson, J. Greaves & W. P. Grant 2012. The development, regulation and use of biopesticides for integrated pest management. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366 (1573): 1987-1998.
- Copping L. G & J. J. Menn 2000. Biopesticides: a review of their action, applications and efficacy. *Pest Management Science*, 56: 651-676.
- Dunham W. & M. Trimmer 2018. Biological products around the world, bioproducts industry alliance spring meeting & international symposium (URL: [www.bpia.org](http://www.bpia.org)). (Erişim tarihi: 20 Ağustos 2020).

- Durmuşoğlu E., O. Tiryaki, N. A. Kumral, A. Aydın & Ö. Güngör 2020. "Bitki koruma ürünleri ile ilgili mevzuat, 47-72". Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi (13-17 Ocak 2020, Ankara, Türkiye), Bildirileri Cilt 2, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, 895 s.
- EPA (Environmental Protection Agency) 2006. New biopesticide active ingredients. (URL: [www.epa.gov/pesticides/biopesticides/product\\_lists/](http://www.epa.gov/pesticides/biopesticides/product_lists/)) (Erişim tarihi: 23 Temmuz 2020).
- EPA (Environmental Protection Agency) 2013. Regulating biopesticides. (URL: [www.epa.gov/opp00001/biopesticides](http://www.epa.gov/opp00001/biopesticides)) (Erişim tarihi: 23 Temmuz 2020).
- European Commission (EC) Regulation 1107/2009, 2009. "Regulation (EC) No 1107/2009 of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 concerning the placing of plant protection products on the market and repealing Council Directives 79/117/EEC and 91/414/EEC," European Union, Brussels, Belgium.
- FAO 2017. Sustainable management of the fall armyworm in Africa. FAO program for action. Food and agriculture organisation of the United Nations. (URL: <http://www.fao.org/3/a-bt417e.pdf>) (Erişim tarihi: 10 Haziran 2019).
- Glare T., R., J. Caradus, W. D. Gelernter, T. A. Jackson, N. O. Keyhani, J. Köhl, P. G. Marrone, L. Morin & A. Stewart 2012. Have biopesticides come of age? *Trends in Biotechnology*, 30 (5): 250-258.
- Goettel M. S., A. E. Hajek, J. P. Siegel & H. C. Evans 2001. Safety of fungal biocontrol agents. (Editors: Butt T.M, C. Jackson & N. Magan, Fungi as biocontrol agents: progress, problems and potential). CAB International, Wallingford, 347-375.
- Gupta S. & A. K. Dikshit 2010. Biopesticides: an ecofriendly approach for pest control. *Journal of Biopesticides*, 3 (1): 186-188.
- Hassan E. & A. Gökçe 2014. Production and consumption of biopesticides. (Editor: D Singh, Advances in Plant Biopesticides). Springer, New York, pp. 361-379.
- Koundal K. R. & P. Rajendran 2003. Plant insecticidal proteins and their potential for developing transgenics resistant to insect pests. *Indian Journal of Biotechnology*, 2: 110-120.
- Kumar S. & A. Singh 2015. Biopesticides: present status and the future prospects. *Journal of Fertilizers and Pesticides*, 6: e129.
- Kumar S. 2012. Biopesticides: a need for food and environmental safety. *Journal of Fertilizers and Pesticides*, 3 (4): 1000e107.
- Lade B. D., D. P. Gogle & S. B. Nandeshwar 2017. Nano bio pesticide to constraint plant destructive pests. *Journal of Nanomedicine Research* 6 (3): 00158.
- Market & Markets 2015. Global biopesticides market trends and forecasts (2012-2017) (Report Code: CH 1266), (URL: [www.marketsandmarkets.com](http://www.marketsandmarkets.com)), (Erişim tarihi: 15 Temmuz 2020).
- Markets & Markets 2018. Biopesticides market by type (bioinsecticides, biofungicides, and bionematicides), source (microbials, plant extracts, and beneficial insects), mode of application, formulation, crop application, and region-global forecast to 2023. (<https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/biopesticide.asp>). (Erişim tarihi: 13 Şubat 2020).
- Marrone P. G. 2007. Barriers to adoption of biological control agents and biological pesticides. *CAB Reviews*, 2 (51): 1-12.
- Mazid S., J. C. Kalida & R. C. Rajkhowa 2011. A review on the use of biopesticides in insect pest management. *International Journal of Science and Advanced Technology*, 1:169-178
- Mishra J., S. Tewari, S. Singh & N.K. Arora 2015. Biopesticides: where we stand?. (Editor: N. K. Arora, Plant Microbes Symbiosis. Springer, India, pp. 37-75.

- Ndolo D., E. Njugunaa, C. O. Adetunjob, C. Harbore, A. Rowea, A. Den Breyend, J. Sangeetha, G. Singh, B. Szewczyk, T. S. Anjorin, D. Thangadurai & R. Hospeti 2019. Research and development of biopesticides: challenges and prospects. *Outlooks on Pest Management* 30 (6): 267-276.
- Olson S.O. 2015. An analysis of the biopesticide market now and where is going. *Outlooks on Pest Management*, 26 (5): 203-206.
- Resmi Gazete 2017. <https://www.resmigazete.gov.tr/>, (Erişim tarihi: 19 Kasım 2019).
- Senthil-Nathan S, M.Y. Choi, C.H. Paik, H.Y. Seo & K. Kalaivani 2009. Toxicity and physiological effects of neem pesticides applied to rice on the *Nilaparvata lugens* Stål, the brown planthopper. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 72:1707-1713.
- Senthil-Nathan S. 2015. A review of biopesticides and their mode of action against insect pests. Editors: P. Thangavel & G. Sridevi, Environmental Sustainability). Springer, New Delhi, pp 49-63.
- Senthil-Nathan S. 2006. Effects of *Melia azedarach* on nutritional physiology and enzyme activities of the rice leaffolder *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) (Lepidoptera: Pyralidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 84: 98-108.
- Senthil-Nathan S. 2013. Physiological and biochemical effect of neem and other Meliaceae plants secondary metabolites against lepidopteran insects. *Frontiers in Physiology*, 4: 359.
- Senthil-Nathan S., K. Kalaivani & K. Murugan 2006. Behavioural responses and changes in biology of rice leaffolder following treatment with a combination of bacterial toxins and botanical insecticides. *Chemosphere*, 64:1650-1658.
- Singh A., A. Khare & A. P. Singh 2012. Use of vegetable oils as biopesticide in grain protection- q review. *Journal of Fertilizers and Pesticides*, 3:114.
- Srijita D. 2015. Biopesticides: an ecofriendly approach for pest control. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 4 (06): 250-265.
- Villaverde J. J., B. Sevilla-Moran, P. Sandin-Espana, C. Lopez-Goti & J. L. Alonso-Prados 2014. Biopesticides in the framework of the european pesticide regulation (EC) No. 1107/2009. *Pest Management Science*, 70: 2-5.
- Villaverde J. J., P. Sandin-España, B. Sevilla-Morán, C. López-Goti, & J. L. Alonso-Prados 2016. Biopesticides from natural products: current development, legislative framework, and future trends. *BioResources*, 11 (2): 5618-5640.