

Bazı Pestisitlerin Faydalı Bakteriler ve Patojen Bakteriler Üzerine Bakterisidal Etkilerinin Belirlenmesi

Determination of Bactericidal Effects of Some Pesticides on Useful and Pathogenic Bacteria

Recep KOTAN¹


Elif TOZLU^{2*}

Özet

Tarımda kullanılan kimyasal bitki koruma ve bitki besleme ürünlerinin insan sağlığına ve çevreye verdikleri zarar her geçen gün daha da iyi anlaşılmaktadır. Ancak, bu zararın önemli bir kısmı bitki üzerindeki ve canlı bir sistem olarak tarif edilen topraktaki faydalı mikrobiyal fauna üzerinde oluşmaktadır. Birçok pestisit nihayetinde uygulamadan sonra toprağa düşerek, buradaki faydalı ve zararlı birçok mikroorganizmanın popülasyonunu azaltmakta veya onları öldürmektedir. Bu çalışmada; toplam 39 farklı pestisitın 7 patojen olmayan farklı bakteri izolatı (*Brevibacillus brevis* CP-1, *Bacillus megaterium* TV-6D, *Bacillus subtilis* TV-6F, *Paenibacillus polymyxa* TV-12E, *Pseudomonas flourescens* TV-11D, *Pseudomonas flourescens* FDG-37, *Pantoea agglomerans* RK-79) ve 2 farklı patojen bakteri izolatı (*Erwinia amylovora* RK-228, *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* RK-268) olmak üzere toplam 9 bakteri izolatına karşı bakteriyosidal etkileri test edilmiştir. Bakteriyosidal testleri Petride Disk Diffüzyon Yöntemi kullanılarak yapılmış ve test dozu olarak da her bir pestisitın üretici tarafından önerilen dozları kullanılmıştır. Test edilen 15 farklı insektisitın 4'ü (%26.66), 14 farklı fungusitın 8'i (%57.14), 7 farklı herbisitın ise 5'i (%71.42) bakteriyosidal etki göstermiştir. Geri kalan 2 farklı akarisit ve 1 nematositın herhangi bir bakteriyosidal etkisi görülmemiştir. Toplamda test edilen 39 pestisitın 17'si (%43.59) bakteriyosidal etki göstermiş, pestisitlerden etkilenen bakterilerin tamamı faydalı bakteriler ve büyük bir çoğunluğu ise Gram pozitif bakterilerden oluşmuştur. Sonuç olarak, tarım alanlarında faydalı bakterilerin önemli görevler üstlendiği düşünüldüğünde; kullanılan kimyasal pestisitlerin bakteriyel çeşitlilik üzerindeki bu olumsuz etkisinin en az düzeye indirilmesi için mutlaka insan ve çevreye dost kontrol yöntemlerinin uygulanmasına ihtiyaç vardır. Bu yöntemlerden biri olan biyopestisitlerin tarım alanlarında kullanılması sırasında, mecbur kalınmadıkça kimyasal ilaçlar ile karıştırılmamaları büyük önem taşımaktadır.

Anahtar kelimeler: Antimikrobiyal, Bakteri, Bakteriyosidal, Biyolojik Mücadele, Pestisit, PGPR

^{2*}Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Elif Tozlu, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Erzurum, Türkiye. E-mail: elifalpertzlu@atauni.edu.tr  ORCID: 0000-0002-0016-9696

¹Kotan, R. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Erzurum, Türkiye. E-mail: rkotan@atauni.edu.tr  ORCID: 0000-0001-6493-8936.

Atıf/Citation: Kotan, R., Tozlu, E. Bazı Pestisitlerin Faydalı Bakteriler ve Patojen Bakteriler Üzerine Bakterisidal Etkilerinin Belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18 (2), 197-212.

Abstract

The damage of chemicals that are used for plant protection and plant nutrition products used in agriculture to human health and the environment is understood better day by day. However, a significant part of this damage occurs on the beneficial microbial fauna on the plant and in the soil described as a living system. After application, many pesticides eventually fall into the soil and kill many beneficial and harmful microorganisms or decrease their population. In this study; bactericidal effects of a total of 39 different pesticides against 7 different non-pathogenic bacterial isolates, 7 non-pathogenic different bacterial isolates (*Brevibacillus brevis* CP-1, *Bacillus megaterium* TV-6D, *Bacillus subtilis* TV-6F, *Paenibacillus polymyxa* TV-12E, *Pseudomonas flouescens* TV-11D, *Pseudomonas fluorescens* FDG-37 and *Pantoea agglomerans* RK-79) and 2 different pathogenic bacterial isolates (*Erwinia amylovora* RK-228 and *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* RK-268) were tested. Bactericidal tests were performed using the Petri Disc Diffusion Method and the recommended doses doses by manufacturer in the label information on each pesticide as the test dose were used. 4 of 15 different insecticides tested (26.66%), 8 of 14 different fungicides (57.14%), 5 of 7 different herbicides (71.42%) had bactericidal effects. No bactericidal effects of the remaining 2 different acaricides and 1 nematocide were observed. Of the 39 pesticides tested in total, 17 (43.58%) had bactericidal effects, and all of the bacteria affected by the pesticides were beneficial and the majority were Gram positive bacteria. Consequently, considering that beneficial bacteria play an important role in agriculture; in order to minimize this negative effect of used chemical pesticides on bacterial diversity, it is absolutely necessary to apply human and environmentally friendly control methods. In addition to all these applications, biopesticides should not be mixed with chemicals unless they are obliged to be used in agricultural areas.

Keywords: Antimicrobial, Bacteriocidal, Bacterium, Biological Control, Pesticide, PGPR

1. Giriş

Bitkisel üretimde birçok canlı (hastalık etmenleri, zararlı etmenler ve yabancı otlar) ve/veya cansız (çevresel faktörler, toprak faktörleri, atmosferdeki zehirli gazlar ve hatalı tarımsal uygulamalar) etmenler verim ve kalite kayıplarına sebep olmaktadır. Verim ve kalitedeki kayıpların oranı bu canlı ve/veya cansız pek çok faktörün yoğunluğu, tek veya birkaçının bir arada bulunabilme durumu, bitki, toprak, hava, su ve diğer pek çok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Dünyada, bitki hastalık, zararlı ve yabancı otlardan dolayı meydana gelen ürün kayıplarının yaklaşık %35 dolayında olduğu (Agrios, 2005), buna hasat sonrasında görülen %6-12'lik kayıplar da eklendiğinde, %45 gibi bir orana (Yıldız, 2011) ulaştığı görülmektedir. Ayrıca, mücadele yapılmadığı takdirde ise bu kayıpların %100'e çıkabileceği (Canhilal ve Tiryaki, 2010), parasal değerinin ise yaklaşık yıllık 550 milyar dolar, ürünü korumak için yapılan masrafların da 455 milyar dolar olduğu belirtilmektedir (Agrios, 2005).

Bitkisel üretimdeki bu kayıpları minimize etmek için, dünyada olduğu gibi ülkemizde de yoğun bir şekilde kimyasal gübre ve pestisit kullanılmaktadır. Ülkemizde birim alanda kullanılan pestisit miktarının Avrupa Birliği ülkelerine kıyasla oldukça az olduğu ifade edilmesine rağmen, pestisit kullanımının heterojen dağılım gösterdiği de unutulmamalıdır (Delen ve ark., 2005). Entansif tarım yapılan Ege ve Akdeniz Bölgeleri ile ekstansif tarım yapılan Doğu Anadolu ve Güney Doğu Anadolu Bölgelerinin pestisit tüketim payları kıyaslandığı zaman bu heterojen yapı açıkça görülmektedir. Ege ve Akdeniz Bölgelerinin tüketim toplamı, genel olarak ülke pestisit tüketiminin %34'ünden fazlasını, hatta bazı yıllar %50'sine yakınına oluşturmaktadır. Doğu Anadolu ve Güney Doğu Anadolu Bölgelerindeki kullanım ise, ülke tüketiminin ancak %10'u kadardır (Durmuşoğlu ve ark., 2010).

Son yıllarda dünyada farklı ülkelerden araştırmacıların yaptıkları çalışmalardan elde edilen sonuçlar, pestisitlerin yaygın ve hatalı kullanımlarının önemli bir küresel sağlık sorununa dönüştüğünü göstermektedir. Ülkemizde de yapılan benzer çalışma sonuçları aynı endişeleri ortaya koymaktadır. Yoğun olarak kullanılan bu kimyasal gübre ve pestisit uygulamaları yüzünden insanların ciddi sağlık sorunları ile karşı karşıya kaldığı; bitkisel üretimin ana materyallerinden olan hava, su ve toprağın yani kısaca çevrenin ciddi boyutlarda kirlendiği belirtilmektedir (Atılğan ve ark., 2007; Delen, 2016).

Bu kimyasal gübreler ve pestisitler ne yazık ki sadece uygulandığı bölgede kalmamakta, zamanla geniş bir çevreye yayılım göstermektedirler. Alper (2010), bitkilere uygulanan tarım ilaçlarının yaklaşık %30 kadarının bitkiye ulaştığını, ancak %70'inin ise rüzgar, yağmur ve sulama yoluyla farklı ekolojik ortamlara taşındığını ifade etmektedir. Yıldız ve ark. (2005) ise atılan pestisitlerin %0.015 ile %6'sının hedef alınan organizmalara, geri kalan %94-99.9'luk kısmının ise agroekosistemdeki hedef olmayan organizmalara ulaştığını belirtmektedirler. Ülkemizde her yıl özellikle de ilkbaharda toplu arı ölümlerini konu alan onlarca haber yapılmakta olup, bu ölümlerin sebeplerinin başında da küresel iklimsel değişiklikleri ile bilinçsiz tarım ilacı kullanımının geldiği vurgulanmaktadır (Kotan, 2020). Kimyasal bitki besleme ürünlerinde de benzer bir durum söz konusudur. Nitekim, özellikle de içme suyu havzalarının yakınlarında yapılan tarımsal faaliyetlerde yoğun olarak kullanılan nitratlı gübreler nitrat kirliliğine neden olmaktadır (Olhan ve Ataseven, 2009). Bu durumun özellikle de Konya gibi kapalı havzalarda, yeraltı suları ile yapılan sulama faaliyetlerinde çok daha büyük bir boyutta tehdit oluşturduğu belirtilmektedir (Büyük ve ark., 2016).

Çağlarımak ve Hepçimen (2010), başlıca toprak kirleticileri olarak ağır metaller, pestisitler, hormonlar, organik bileşikler ve radyoaktif hidrokarbon yanma ürünlerinin bir döngü içerisinde olduğunu ve giderek büyük bir sorun haline geldiğini belirtmektedirler. Özellikle de bu kimyasalların bilinçsizce kullanımının havada, suda ve toprakta ciddi bir kirliliğe yol açtığı vurgulanmaktadır. Bir diğer olumsuz etkisinin ise topraktaki faydalı mikrobiyal biota üzerine olduğu kaydedilmektedir. Birçok pestisit eninde sonunda uygulamadan sonra toprağa düştüğü için, topraktaki mikroorganizmalar daha fazla etkilenmektedir. Pestisitler, toprağa uygulandıklarında bitki patojenlerinin popülasyonlarını düşürürler, öldürürler veya özellikle bazı bitkiler için çok önemli olan mikorizal ilişkiye zarar verebilirler (Meena ve ark., 2016). Pestisitlerin çoğu mikroorganizmaların biyolojik görevlerini, çeşitliliğini, bileşimini ve biyokimyasal süreçlerini olumsuz yönde etkilerler (Meena ve ark., 2016). Özetle bitkisel üretimde kimyasal pestisit ve özellikle nitratlı gübrelerin yoğun bir şekilde kullanımı sonucu; topraklar, yer altı suları ve atmosferde gittikçe artan kirlilik hem dünyada hem de Türkiye'de, insan ve hayvan sağlığını, yaban hayatını ve çevreyi ciddi manada tehdit eder bir boyuta gelmiştir. Özellikle de günümüzde toprak kirliliğinin küresel bir sorun haline geldiği ve bu durumun sürdürülebilir tarım ve gıda güvenliği açısından büyük tehditler oluşturduğu gözlenmektedir (Kotan, 2020).

Bu çalışma; Türkiye’de yaygın olarak kullanılan toplam 39 farklı aktif madde içerikli pestisitlerin üretici tarafından önerilen dozlarının daha önce yürütülen çeşitli çalışmalarda bitki rizosferi veya filloferinden, bitkinin toprak üstü aksamından veya böcekten izole edilerek bitki gelişimi ve/veya biyolojik mücadeledeki etkinliği ispat edilmiş toplam 7 farklı faydalı bakteri ve 2 farklı bitki patojeni bakteri üzerine *in-vitro* ortamda bakterisidal etkilerinin test edilmesi için yürütülmüştür.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışmada kullanılan pestisitler

Çalışmada birbirinden farklı; 15 insektisit, 14 fungusit, 7 herbisit, 2 akarisit ve 1 nematosit olmak üzere toplam 39 adet pestisit kullanılmıştır. Kullanılan pestisitlerin ticari isimleri ve aktif madde içerikleri *Tablo 1*’de verilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan pestisitlerin ticari isimleri

Table 1. The trade name of pesticides used in the study

İnsektisit			Fungisit		
Ticari İsmi	Aktif Maddesi		Ticari İsmi	Aktif Maddesi	
1	Chlorpyrifos 480 g	Alban 4 EC	1	Mastercop SC	Bakır Pentahidrat 65.82 g/l
2	Bifenthrin 100 g/l	Battalion 100 EC	2	Sunvax 200 FF	Carboxin 205 g/l + Thiram 205 g
3	Alphacypermethrin 100 g	Best Alfa 100 EC	3	Cavalry 500 SC	Chlorothalonil 500 g/l
4	Indoxacarb 75 g/l + Abamectin 18 g/l	Capito SC	4	Voyage 50 WP	Cymoxanil %50
5	Imidacloprid 350 g/l	Confidor SC 350	5	Ceres WG	Cymoxanil %30 + Famoxadone %22.5
6	Acetamiprid 80 g/l+Novaluron 100 g/l	Cormoran 180 EC	6	Koritus WG	Cyprodinil %50
7	Thiodicarb %80	Dicarvin 80 DF	7	Cebir SC	Fludioxonil 12.5 g/l + Metalaxyl g/l
8	Dimethoate 400 g	Dicentra EC	8	Veliyette WP	Fosetyl-AI %80
9	Acetamiprid %20	Effore 20 SP	9	Evakur SL	Propamocarb-HCl 722 g/l
10	Methomyl %90	Hektaş Aron SP	10	Broader 30 EC	Propiconazole 150 g + Difenconazole 150 g
11	Ethoprophos 200 g/l	Mocap 20 EC	11	Gensil 2 DC	Tebuconazole %2 (tohuma)
12	Oholo pyrifos-ethyl %25	Napoleon 25 WP	12	Hekta Süper FS	Tebuconazole 60 g/l
13	Abamectin 18 g	Plamec 18 EC	13	Fersil 2DS	Tebuconazole %2 (tohuma)
14	Chlorpyrifos ethyl 250 g/l	Pyrimicro 25 CS	14	Thira-Fort 80 WP	Thiram tetramethyithiuram disulphide %80
15	Lambda-cyhalothrin 50 g	Red Sunny 50 EC			
Herbisit			Akarisit		
Ticari İsmi	Aktif Maddesi		Ticari İsmi	Aktif Maddesi	
1	Heckate SC	Aclonifen 600 g/l	1	Apollo 50 SC	Clofentezine 500 g/l
2	Titan 48 EC	Clomazone 480 g/l	2	Suum 10 SC	Etozazole 110 g
3	Efsane 70 WP	Metribuzin %70 w/w	Nematosit		
4	Safa Dram 6 E	Monilate 720 g			
5	Dinox CS	Oxadiazon 200 g/l	1	Javelin 400 EC	Fenamiphos 400 gr/L
6	Reclame 330 EC	Pendimethalin 330 g/l			
7	Effor Süper 5EC	Quizalofop-p-ethyl 50 g			

2.2. Çalışmada kullanılan bakteriler

Çalışmada, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Kültür Koleksiyonunda bulunan toplam 9 bakteri izolatu kullanılmıştır. Bu izolatlardan 7'si daha önce yürütülen çalışmalarda bitki gelişimi üzerine olumlu etkileri tespit edilmiş ve/veya biyoajan özelliğine sahip olan faydalı bakteri izolatu (*Brevibacillus brevis* CP-1, *Bacillus megaterium* TV-6D, *Bacillus subtilis* TV-6F, *Paenibacillus polymyxa* TV-12E, *Pseudomonas flourescens* TV-11D, *Pseudomonas fluorecens* FDG-37 ve *Pantoea agglomerans* RK-79) ve 2'si ise patojen bakteri izolatu (*Erwinia amylovora* RK-228 ve *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* RK-268)'dir. Bu bakteri izolatları ile ilgili bazı detaylı bilgiler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Çalışmada kullanılan bakteri izolatları

Table 2. The bacterial strains used in the study

MIS tanımlama sonuçları		Bİ	Faydalı Bakteriler	İzole edildiği konukçu	Gram Özelliği	AF	FÇ	Kaynak
CP-1	<i>Brevibacillus brevis</i>	0.650	<i>Ricania simulans</i>	GP	+	+	Göktürk ve ark., 2018	
TV-6D	<i>Bacillus megaterium</i>	0.750	Buğdaygil kök	GP	+	+	Samancıoğlu ve ark., 2016	
TV-6F	<i>Bacillus subtilis</i>	0.831	Buğdaygil kök	GP	K+	-	Tozlu ve ark., 2016	
TV-12E	<i>Paenibacillus polymyxa</i>	0.551	Buğdaygil kök	GP	K+	+	Demir ve ark., 2018	
TV-11D	<i>Pseudomonas flourescens</i>	0.711	Pancar kök	GN	+	+	Esringü ve ark., 2016	
FDG-37	<i>Pseudomonas fluorecens</i>	0.222	Toprak	GN	+	+	Karagöz ve ark., 2016	
RK-79	<i>Pantoea agglomerans</i>	0.762	Elma yaprak	GN	+	+	Kotan, 2002	
MIS tanımlama sonuçları		Bİ	Patojen Bakteriler	İzole edildiği konukçu	Gram Özelliği	AF	FÇ	Kaynak
RK-228	<i>Erwinia amylovora</i>	0.972	Armut çiçek	GN	TE	TE	Kotan ve ark., 2004	
RK-268	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i>	0.676	Kayısı sürgün	GN	TE	TE	Kotan ve Şahin, 2006	

Bİ: Benzerlik indeksi; AF: Azotsuz besi ortamında gelişim; FÇ: Fosfatı çözebilme; +: Pozitif reaksiyon; K+: Kuvvetli pozitif reaksiyon; -: Negatif reaksiyon; TE: Test edilmedi

2.3. Pestisit dozlarının hazırlanması

Tablo 1'de verilen pestisitlerin etiket bilgilerindeki önerilen dozlarının steril distile su ile süspansiyonları hazırlanmıştır. Bu süspansiyonlar "Disk Difüzyon Yöntemi" kullanılarak Tryptic Soy Agar Besiyerinde (TSA) geliştirilen taze bakteri kültürleri üzerinde bakterisidal etkileri için test edilmiştir

2.4. Taze bakteri kültürlerinin geliştirilmesi

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Mikroorganizma Kültür Koleksiyonunda, Luria Bertani (LB) Broth ve %30 gliserol içerisinde -80 °C'de ultra derin dondurucuda muhafaza edilen bakteriler buradan çıkarılarak çözümleri için yarım saat bekletilmiştir. Steril öze dolusu bakteri kültürü daha önce hazırlanan yüzeyi tamamen kurutulmuş olan TSA besiyerine ayrı ayrı 4 fazlı olarak çizilmiş ve 28 °C'ye ayarlanmış, inkübatörde 48 saat süreyle gelişmeye bırakılmıştır. Gelişen bakterilerin saf kültür olup olmadıkları kontrol edilmiş, kontaminasyon gözlenenler paralel kültürlerden ekim yapılarak yeniden saflaştırılmıştır.

2.5. Pestisitlerin bakteriosidal etkilerinin belirlenmesi

Gelişen saf ve taze bakteri kültürleri katı besi ortamından öze ile alınarak tüplere aktarılmış, fizyolojik serum (%0.85 NaCl) içerisinde BIOLOG türbidimetre standartları kullanılarak 600 OD'de absorbansları 1×10^8 CFU ml⁻¹'ye eşitlenmiştir. Bu kültürlerden steril pipetle alınan 100 µl bakteri süspansiyonu TSA besi ortamının tam ortasına transfer edilerek, steril cam bagetle besi ortamının tüm yüzeyine homojen bir şekilde yayılmıştır. Her bir pestisit önerilen dozlarında hazırlanan süspansiyonlarından alınan 15 µl pestisit Oxoid Blank Disklere (çap 6 mm) emdirilmiş ve bu diskler bakterileri kültürlerinin yayıldığı petriyelerin tam orta noktasına yerleştirilmiştir. Kültürler 28 °C'ye ayarlanmış, inkübatörde 96 saat süreyle gelişmeye bırakılmıştır. Bu inkübasyon süresinin sonunda pestisit içeren diskin etrafındaki inhibasyon zonunun çapı milimetre cinsinden ölçülerek kaydedilmiştir. Her bir pestisit, her bir bakteri üzerine etkisi için testler 3 kez tekrar edilmiştir.

2.6. Sonuçların değerlendirilmesi

Gelişen bakteri kültürlerinde pestisit emdirilmiş disklerin etrafında oluşan inhibasyon zonlarının çapı ölçülerek ortalamaları alınmıştır. Ortalamalar virgülden sonrası 0.5'den büyük olanlar üst, küçük olanlar alt tam sayıya yuvarlanmıştır. İnhibasyon zonu oluşturan aktif maddelerde hangi bakteri grubunda gram pozitif (GP) veya gram negatif (GN) bakterilerin % kaçına etkili olduğuna bakılarak, beş farklı risk gruplandırması (0, I, II, III ve IV) yapılmıştır. Yapılan son değerlendirmede risk gruplandırması hangi bakteri grubunda daha yüksek çıkmışsa aktif maddenin risk grubu da 0 olmuştur.

0. Grup (Risksiz Grup)	Test edilen GP veya GN bakteri gruplarından hiç birisinde bakterisidal etki göstermeyen pestisitler.
I. Grup (Düşük Riskli Grup)	Test edilen GP veya GN bakteri gruplarından herhangi birisinin %1 ile 25'inde etkinliğe sahip pestisitler.
II. Grup (Riskli Grup)	Test edilen GP veya GN bakteri gruplarından herhangi birisinin %26 ile 50'sinde etkinliğe sahip pestisitler.
III. Grup (Yüksek Riskli Grup)	Test edilen GP veya GN bakteri gruplarından herhangi birisinin %51-75'inde etkinliğe sahip pestisitler.
IV. Grup (Çok Yüksek Riskli Grup)	Test edilen GP veya GN bakteri gruplarından %76-100'ünde bakterisidal etki gösteren pestisitler.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Toplam 39 farklı pestisit katı besi ortamında "Disk Difüzyon Yöntemi" kullanılarak yapılan testlerinde önerilen dozları üzerinden oluşan inhibasyon zonları bakterisidal etki olarak değerlendirilmiş, ilgili sonuçlar *Tablo 3, 4 ve 5*'de verilmiştir. Test edilen toplam 15 insektisit 11'inin bakterilerin hiçbiri üzerinde bakterisidal etki oluşturmadığı görülmüştür (*Tablo 3*). Test edilen toplam 14 fungusitin 8'i (*Tablo 4*), 7 herbisit ise 5'i en az bir veya daha fazla bakteri üzerinde bakterisidal etki göstermiş (*Tablo 5*), 2 akarisit ve 1 nematosit ise bakteriler üzerinde bakterisidal etki göstermemiştir (*Tablo 5*). Ayrıca, test edilen toplam 39 pestisit hiç birisinin patojen bakteriler *Erwinia amylovora* ve *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* üzerinde bakterisidal etkisi olmamıştır.

Tablo 3. In-vitro koşullarda test edilen insektisitlerin bazı bakteriler üzerine antimikrobiyal etkileri (inhibisyon zonu (mm))**Table 3. Antimicrobial effects of tested insecticides on some bacteria in in-vitro (Inhibition zone (mm))**

Ticari İsmi	İnsektistin Aktif Maddesi	Test Dozu	İnhibisyon Zonları (mm)*									
			CP-1	TV-6D	TV-6F	TV-12E	TV-11D	FDG-37	RK-79	RK-228	RK-268	
1	Plamec 18 EC	Abamectin 18 g	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Efföre 20 SP	Acetamiprid %20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Cornoran 180 EC	Acetamiprid 80 g/1+Novaluron 100 g/1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Best Alfa 100 EC	Alphacypermethrin 100 g	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Battalion 100 EC	Bifenthrin 100 g/1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Alban 4 EC	Chlorpyrifos 480 g	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	Pyrimicro 25 CS	Chlorpyrifos ethyl 250 g/1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Dicentra EC	Dimethoate 400 g	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Mocap 20 EC	Ethoprofos 200 g/1	21	12	14	13	21	-	-	-	-	-
10	Confidor SC 350	Imidacloprid 350 g/1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	Capito SC	Indoxacarb 75 g/1 + Abamectin 18 g/1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	Red Sunny 50 EC	Lambda-cyhalothrin 50 g	-	9	8	-	-	-	-	-	-	-
13	Hektaş Aron SP	Methomyl %90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	Napoleon 25 WP	Oholo pyrifos-ethyl %25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	Dicarvin 80 DF	Thiodicarb %80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

--: İnhibisyon zonu oluşmamıştır.
GP ve GN bakteriler farklı renkle renklendirilmiştir.

Tablo 4. In-vitro koşullarda test edilen fungusilerin bazı bakteriler üzerine antimikrobiyal etkileri (Inhibisyon Zonu (mm))
Table 4. Antimicrobial effects of tested fungicides on some bacteria in in-vitro (Inhibition zone (mm))

Ticari İsmi	Fungistin Aktif Maddesi	Test Dozu	Inhibisyon Zonları (mm)							Patojen bakterileri		
			CP-1	TV-6D	TV-6F	TV-12E	TV-11D	FDC-37	RK-79	RK-228	RK-268	
1	Mastercop SC	Bakır Pentahidrat 65.82 g/l	250 ml/100 l	27	11	-	-	9	-	-	-	-
2	Sunvax 200 FF	Carboxin 205 g/l + Thiram 205 g/l	3000 ml/100 l	-	11	13	-	9	-	-	-	-
3	Cavalry 500 SC	Chlorothalonil 500 g/l	600 ml/100 l	20	12	11	-	-	-	-	-	-
4	Voyage 50 WP	Cymoxanil %50	60 g/100 l	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Ceres WG	Cymoxanil %30 + Famoxadone %22.5	80 g/100 l	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Koritus WG	Cyprodinil %50	80 g/100 l	-	9	12	9	14	-	-	-	-
7	Cebir SC	Fludioxonil 12.5 g/l + Metalaxyl 5 g/l	1000 ml/100 l	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Velivette WP	Fosetyl-Al %80	400 g/100 l	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Evakur SL	Propamocarb-HCl 722 g/l	500 ml/100 l	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	Broader 30 EC	Propiconazole 150 g + Difenoconazole 150 g	100 ml/100 l	46	9	-	-	13	-	-	-	-
11	Gensil 2 DC	Tebuconazole %2 (tohumu)	150 g/100 kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	Hekta Süper FS	Tebuconazole 60 g/l	5000 ml/100 l	-	9	-	-	21	-	-	-	-
13	Fersil 2DS	Tebuconazole %2 (tohumu)	150 g/100 kg	-	13	16	-	-	11	-	-	-
14	Thira-Fort 80 WP	Thiram tetramethyithiuram disulphide %80	800 g/100 l	-	11	16	-	10	-	-	-	-

---: İnhibisyon zonu oluşmamıştır.
GP ve GN bakteriler farklı renkle renklendirilmiştir.

Tablo 5. In-vitro koşullarda test edilen herbisitlerin, akarisitlerin ve nematositin bazı bakteriler üzerine antimikrobiyal etkileri (Inhibasyon Zonu (mm))

Table 5. Antimicrobial effects of tested herbicides, acaricides and nematocides on some bacteria in in-vitro (Inhibition zone (mm))

Ticari İsmi	Herbisitin Aktif Maddesi	Test Dozu	Inhibasyon Zonları (mm)								
			Faydalı bakteri								Patojen bakteri
			CP-1	TV-6D	TV-6F	TV-12E	TV-11D	FDG-37	RK-79	RK-228	RK-268
1	Heckate SC	Aclonifen 600 g/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Titan 48 EC	Clomazone 480 g/l	-	16	18	-	19	-	-	-	-
3	Efsane 70 WP	Meribuzin %70 w/w	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Safa Drann 6 E	Monilate 720 g	-	11	11	-	10	-	-	-	-
5	Dinox CS	Oxadiazon 200 g/l	-	-	-	-	3	-	-	-	-
6	Reclame 330 EC	Pendimethalin 330 g/l	-	9	11	-	10	-	-	-	-
7	Efför Süper 5EC	Quizalofop-p-ethyl 50 g	-	-	-	-	11	-	-	-	-
Ticari İsmi	Akarisitlin Aktif Maddesi	Test Dozu	CP-1	TV-6D	TV-6F	TV-12E	TV-11D	FDG-37	RK-79	RK-228	RK-268
1	Apollo 50 SC	Clorfentezine 500 g/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Suun 10 SC	Etoxazole 110 g	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ticari İsmi	Nematositin Aktif Maddesi	Test Dozu	CP-1	TV-6D	TV-6F	TV-12E	TV-11D	FDG-37	RK-79	RK-228	RK-268
1	Javelin 400 EC	Fenamiphos 400 gr/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-

-: İnhibasyon zonu oluşmamıştır.

GP ve GN bakteriler farklı renkle renklendirilmiştir.

Bakterisidal etki gösteren insektisit, fungusit ve herbisitlerin ayrı ayrı değerlendirilmelerinde GP ve GN bakteriler üzerindeki etkinlikleri ve risk gruplandırma sınıfları *Tablo 6'* da verilmiştir.

Tablo 6. Farklı pestisit aktif maddelerinin faydalı bakteri izolatlarına karşı bakterisidal risk gruplandırması

Table 6. The bactericidal risk group of different pesticides active substance against useful bacterial strains

No	Aktif Maddeler	GPS	OİZ	RG	GNS	OİZ	RG	TMS
İnsektisit Aktif Maddeleri								
1	Ethoprophos 200 g/l	4/4	15.00	IV	1/3	7.00	I	5/7
2	Lambda-cyhalothrin 50 g	2/4	8.50	II	0/3	0	0	2/7
3	Chlorpyrifos 480 g	1/4	6.75	I	0/3	0	0	1/7
4	Abamectin 18 g	1/4	2.00	I	0/3	0	0	1/7
Fungisit Aktif Maddeleri								
1	Propiconazole 150 g + Difenconazole 150 g	2/4	13.75	II	1/3	4.33	I	3/7
2	Bakır Pentahidrat 65.82 g/l	2/4	9.50	II	1/3	3.00	I	3/7
3	Chlorothalonil 500 g/l	3/4	10.75	III	0/3	0	0	3/7
4	Thiram tetramethyithiuram disulphide %80	2/4	6.75	II	1/3	3.33	I	3/7
5	Cyprodinil %50	3/4	7.50	III	1/3	4.66	I	4/7
6	Carboxin 205 g/l + Thiram 205 g/l	2/4	6.00	II	1/3	3.00	I	3/7
7	Tebuconazole 60 g/l	1/4	2.25	II	1/3	7.00	I	2/7
8	Tebuconazole %2 (tohuma)	2/4	7.25	II	1/3	3.66	I	3/7
Herbisit Aktif Maddeleri								
1	Clomazone 480 g/l	2/4	8.50	II	1/3	6.33	I	3/7
2	Monilate 720 g	2/4	5.50	II	1/3	3.33	I	3/7
3	Pendimethalin 330 g/l	2/4	5.00	II	1/3	3.33	I	3/7
4	Quizalofop-p-ethyl 50 g	0/4	0	0	1/3	3.66	I	1/7
5	Oxadiazon 200 g/l	0/4	0	0	1/3	1.00	I	1/7

GPS: Bakterisidal etkiye maruz kalan GP bakteri sayısının toplam GP bakteri sayısına oranı, **OİZ:** Ortalama inhibasyon zonu, **RG:** Risk grubu, **GNS:** Bakterisidal etkiye maruz kalan GN bakteri sayısının toplam GN bakteri sayısına oranı, **TMS:** Bakterisidal etkiye maruz kalan bakteri sayısının toplam bakteri sayısına oranı

Bakterisidal etki gösteren toplam 4 insektisitinin tamamı en az bir veya daha çok GP, 1'i ise GN bir bakteri izolatu üzerinde etkili olmuştur. Ethoprophos aktif maddesi test edilen 4 GP bakteri üzerine de etkili olurken, lambda-cyhalothrin aktif maddesi test edilen 4 GP bakterinin 2'si, chlorpyrifos ve abamectin aktif maddelerinin ise test edilen 4 GP bakterinin sadece 1'i üzerinde etkili olmuştur. Ethoprophos aktif maddesi ise test edilen 3 GN bakteriden sadece 1'isi üzerinde bakterisidal etki gösterirken, diğer aktiflerden hiçbirisi bakterisidal etki göstermemiştir. Bakterisidal etkiye sahip aktiflerin GP bakterilere karşı oluşturdukları ortalama inhibasyon zonları 2-15 mm arasında değişirken, GN bakterilere karşı oluşturdukları ortalama inhibasyon zonları 0-7 mm arasında değişmiştir. Test edilen insektisit aktiflerinin yapılan risk gruplandırmasında; ethoprophos (200g/l) aktifi IV. risk grubuna, lambda-cyhalothrin(50 g) aktifi II. risk grubuna ve chlorpyrifos (480 g) ve abamectin (18 g) aktifleri ise I. risk grubuna dahil edilmiştir.

Bakterisidal etki gösteren toplam 8 fungusitin tamamı en az bir veya daha çok GP, 7'si ise tek bir GN bakteri izolatu üzerinde etkili olmuştur. Chlorothalonil (500 g/l) ve cyprodinil (%50) test edilen 4 GP bakterinin 3'üne; propiconazole (150 g) + difenoconazole (150 g), bakır pentahidrat (65.82 g/l), thiram tetramethyithiuram disulphide (%80), carboxin (205 g/l) + thiram (205 g/l), tebuconazole (60 g/l) ve tebuconazole (%2) aktifleri ise test edilen 4 GP bakterinin 2'sine karşı bakterisidal etki göstermiştir. Chlorothalonil aktif maddesi GN bakteriler üzerinde hiçbir bakterisidal etki göstermezken, geri kalan 7 aktif de sadece 1 GN bakteri izolatına karşı etki göstermiştir. Bakterisidal etkiye sahip aktiflerin GP bakterilere karşı oluşturdukları ortalama inhibasyon zonları 2.25-13.75 mm arasında değişirken, GN bakterilere karşı oluşturdukları ortalama inhibasyon zonları 0-7 mm arasında değişmiştir. Test edilen fungusit aktiflerinin yapılan risk gruplandırmasında; chlorothalonil ve cyprodinil

aktifleri III. risk grubuna; geri kalan propiconazole + difenoconazole, bakır pentahidrat, thiram tetramethyithiuram disulphide, carboxin + thiram ile farklı iki ticari preparatta bulunan tebuconazole aktiflerinin her ikisi de II. risk grubuna dahil edilmiştir.

Bakterisidal etki gösteren toplam 5 herbisitın 3'ü en az bir veya daha çok GP, 5'i ise tek bir GN bakteri izolatu üzerinde etkili olmuştur. Clomazone (480 g/l), monilate (720 g) ve pendimethalin (330 g/l) aktifleri test edilen 4 GP bakterinin 2'sine; Clomazone, monilate, pendimethalin, quizalofop-p-ethyl (50 g) ve oxadiazon (200 g/l) aktifleri ise test edilen 5 GN bakterinin sadece 1'ine karşı bakterisidal etki göstermiştir. Quizalofop-p-ethyl ve oxadiazon aktifleri hiçbir GP bakteri izolatu üzerinde bakterisidal etki göstermemiştir. Bakterisidal etkiye sahip aktiflerin GP bakterilere karşı oluşturdukları ortalama inhibasyon zonları 5-8.50 mm arasında değişirken, GN bakterilere karşı oluşturdukları ortalama inhibasyon zonları 1-6.33 mm arasında olmuştur. Test edilen herbisit aktiflerinin yapılan risk gruplandırmasında; clomazone, monilate ve pendimethalin aktifleri III. risk grubuna, quizalofop-p-ethyl ve oxadiazon aktifleri ise I. risk grubuna dahil edilmiştir.

Çalışmada test edilen GP ve/veya GN bakterilere karşı bakteriyosidal etki gösteren bazı insektisit, fungusit ve herbisitlerin risk gruplandırmaları (0-5) Şekil 1'de verilmiştir.

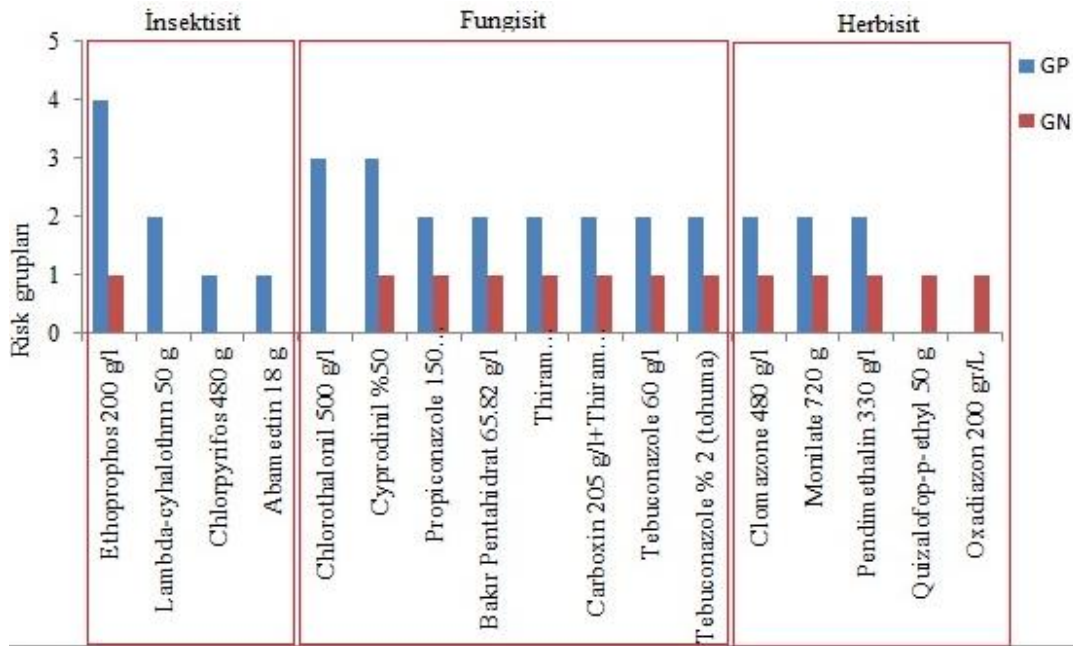


Figure 1. Risk groups of tested some insecticides, fungicides and herbicides in terms of bacterial fauna

Şekil 1. Çalışmada test edilen bazı insektisit, fungusit ve herbisitlerin bakteriyel fauna açısından risk gruplandırmaları

Test edilen toplam 15 insektisitın bir tanesi (Mocap 20 EC) GP bakteriler açısından IV. risk grubuna girerken GN bakteriler açısından I. risk grubuna girmiştir. Üç insektisit ise (Red Sunny 50 EC, Plamec 18 EC ve Alban 4 EC) GP bakteriler açısından I. veya II. risk grubuna girmiştir. Geri kalan 11 insektisit (Effore 20 SP, Cormoran 180 EC, Best Alfa 100 EC, Battalion 100 EC, Pyrimicro 25 CS, Dicentra EC, Confidor SC 350, Capito SC, Hektaş Aron SP, Napoleon 25 WP ve Dicarvin 80 DF) ise her iki bakteri grubu için de risksiz grupta yer almıştır.

Test edilen toplam 14 fungusitın yedisi (Koritus WG, Mastercoop SC, Sunvax 200 FF, Broader 30 EC, Fersil 2 DS, Thira-Fort 80 WP ve Hekta Süper FS) GP ve GN bakteriler açısından I. ile III. risk grubuna girerken, bir fungusit (Cavalry 500 SC) sadece GP bakteriler açısından III. risk grubunda yer almıştır. Geri kalan altı fungusit (Voyage 50 WP, Ceres WG, Cebir SC, Veliyette WP, Evakur SL ve Gensil 2 DC) ise her iki bakteri grubu için de risksiz grupta yer almıştır.

Test edilen toplam 7 herbisitın üçü (Titan 48 EC, Safa Dram 6 E ve Reclame 330 EC) GP ve GN bakteriler açısından I. ile II. risk grubuna girerken, ikisi (Dinox CS ve Effort Süper 5EC) sadece GN bakteriler açısından I.

risk grubunda yer almıştır. Geri kalan iki herbisit (Heckate SC ve Efsane 70 WP) ise her iki bakteri grubu için de risksiz grupta yer almıştır. Yine çalışmada test edilen akarisitlerden Apollo 50 SC ve Suum 10 SC; nematositlerden Javelin 400 EC test edilen bakteri izolatlarına karşı risksiz grupta yer alan grubu oluşturmuştur.

Tarımda kimyasalların uzun süreli, yoğun ve geliş güzel kullanımı; insan ve çevre sağlığını, gıda güvenliğini, biyoçeşitliliği ve tarımsal sürdürülebilirliği ciddi anlamda tehdit eder bir hale gelmiştir. Oluşan çevre kirliliği yaşam alanlarımızda hava, toprak ve su kirliliği olarak karşımıza çıkmakta ve sonuçta tüm ekosistemi etkilemektedir. Yapılan bu çalışmada, test edilen 15 farklı insektisit 4'ü (%26.66), 14 farklı fungusitin 8'i (%57.14), 7 farklı herbisit 5'i (%71.42) bakterisidal etki göstermiş, 2 akarisit ve 1 nematosit herhangi bir bakterisidal etki göstermemiştir. Toplamda test edilen 39 pestisit 17'si (%43.58) bakterisidal etki göstermiş, pestisitlerden etkilenen bakterilerin tamamı faydalı bakteriler ve büyük bir çoğunluğu ise GP bakterilerden oluşmuştur. Bu çalışmada kullanılan faydalı bakteri izolatlarının tamamı, daha önce yürütülmüş çalışmalarda izole edilmiş, ya bitki gelişimi ya da biyolojik mücadele açısından test edilmiş ve çok olumlu aktiviteleri ispatlanmış izolatlar arasından seçilmiştir. Bu çalışmalarda, *Bacillus megaterium* TV-6D (Samancıoğlu ve ark., 2016), *Pseudomonas fluorescens* TV-11D (Esringü ve ark., 2016) ve *Paenibacillus polymyxa* TV-12E (Demir ve ark., 2018) bitki gelişimi açısından, *Bacillus subtilis* TV-6F (Tozlu ve ark., 2016), *Brevibacillus brevis* CP-1 (Göktürk ve ark., 2018) ve *Pseudomonas fluorescens* FDG-37 (Karagöz ve ark., 2016) biyolojik mücadele açısından, *Pantoea agglomerans* RK-79 (Kotan, 2002) izolatu ise her iki açıdan da öne çıkmıştır. Çalışmada kullanılan patojen türler *E. amylovora* (Kotan ve ark., 2004) ve *P. syringae* pv. *syringae* (Kotan ve Şahin, 2006)'den ibaret olup, test edilen pestisitlerin hiçbirisi bu patojen türler üzerinde antibakteriyel etki göstermemiştir.

Toprak; tarımda kullanılan tohum, su veya hava gibi ana materyaller içerisinde belki de en önemlisidir. Artık günümüzde canlı bir sistem olarak kabul edilen toprakta oluşabilecek kimyasal bir kirlilik; sadece toprağın dokusuna değil, aynı zamanda içindeki biyolojik aktiviteye ve dolayısı ile toprağın verimliliğine de etki etmektedir. Bir başka ifadeyle, ağır metaller veya toksik kimyasallar ile kontamine olmuş topraklarda yapılan bitkisel veya hayvansal üretim sonucu, bu toksik maddelerin gıda zincirine dahil olması ile başta insan olmak üzere o kirli alandaki tüm canlı sistemlerin etkilenmesi kaçınılmazdır. İlk sırada bakteriler olmak üzere topraktaki mikroorganizma sayısının fazlalığı ve çeşitliliği toprak sağlığı ve verimliliğinin de dolaylı bir göstergesidir. Toprakta veya bitkinin toprak üstü organlarında yaşayan ve bitki lehine çalışarak bitki büyümesini destekleyen veya biyolojik mücadelede görev alan bu faydalı organizmaların korunması sürdürülebilir tarım açısından oldukça önemli bir husustur (İmriz ve ark., 2014).

Tarımda kullanılan kimyasallar toprakta bulunan faydalı mikroorganizmaların popülasyonlarının azalmasına neden olmaktadır (Aktar ve ark., 2009). Çinko, bakır ve kurşun gibi elementler toprak partiküllerine kuvvetlice yapışarak toprağın üst tabakasında uzun süre kalabilmektedirler (Tokatlı ve Atılğan Helvacıoğlu, 2020). Lo (2010), 1990-2010 yılları arasında yayınlanan birçok araştırmayı değerlendirdiği derleme çalışmasında; pestisitlerin ruhsatlandırılması ile ilgili yönetmeliklerde, bunların toprak mikroorganizmaları ve toprak verimliliği üzerinde etkileri ile ilgili bilgi istenildiğini, ancak bunun farklı yapıdaki pestisitlerin farklı gruplardaki mikroorganizmalar üzerine etkilerinin değerlendirilmesinin kolay olmadığını belirtmiş, bazı pestisitlerin mikroorganizmaların büyümesini uyardığını, bazılarının da depresif etkilerinin olduğunu veya mikroorganizmalar üzerinde hiçbir etkilerinin olmadığını da bildirmiştir.

Arora ve Sahni (2016), kimyasal pestisitlerin toprak mikroorganizmalarının aktivitelerini bozduğunu, Heinonen-Tanski ve ark. (1985) ise pestisitle muamele edilmiş topraklarda, toplam mikroorganizma sayısının arttığını belirtmişlerdir. Bir diğer çalışmada, karbonfuran etken maddesinin sulanan veya sulanmayan topraklarda Azospirillum ve diğer anaerobik azot fiksasyonu yapan mikroorganizmaların popülasyonunu artırdığı; bütaklor aktif maddesinin ise sulanan topraklarda bu bakterilerin popülasyonunda azalmaya sebep olduğu kaydedilmiştir (Jena ve ark., 1987). El Fantroussi ve ark. (1999), diuron ve klorotoluron aktif maddelerinin; işlenmiş ve işlenmemiş topraklarda, mikrobiyal fauna üzerinde hiçbir fark göstermediğini, linuron aktif maddesinin ise olumsuz etki gösterdiğini belirtmişlerdir. Yine, aynı çalışmada, fosforlu herbisitlerden glifosatin ve insektisitlerden methamidophos aktif maddeli olanların topraktaki mikrobiyolojik aktiviteyi teşvik ettiği ancak diğer fosfor içeren insektisitlerden fenamifosların aktif maddesinin ise olumsuz etki ettiği bildirilmiştir. Bir başka çalışmada da; prometryne aktif madde içeren herbisitlerin soya fasulyesi ve ayçiçeğinde uygulanması sonucunda, topraktaki

Azotobacter ve diğer bazı faydalı bakterilerin biyolojik aktivitesinin 28 günlük herbisit uygulamasından sonra güçlü bir şekilde azaldığının tespit edildiği de belirtilmiştir (Govaderica ve ark., 2001). Yabancı ot kontrolünde yaygın olarak kullanılan 2,4-D'nin mavi yeşil aglerde ve Rhizobiumların aktivitesinde ciddi derecede azalmaya sebep olduğu vurgulanmış (Fabra ve ark., 1997), herbisit uygulanmış topraklarda total bakteri sayısında azalmanın olduğu da kaydedilmiştir (Dickinson, 1973). Al-Ani ve ark. (2019), Glifosat %48, Miraj (Alphacypermethrin %10) ve Malathion (%50 WP)'un farklı dozlarını uyguladıkları topraktaki bakteri, mikrofunguslar ve aktinomisetlerin mikrobiyal aktivitelerini ve sayılarını olumsuz yönde etkilediğini ve sayıca azalttığını tespit etmişlerdir. Yine, Ubuoh ve ark. (2012), glifosfat uygulamalarının toprakta bulunan mikrobiyal popülasyonda ciddi azalmaya neden olduğunu ortaya koymuşlardır. Koç ve Yardım (2019) ise, buğday agro-ekosisteminde yaptıkları pestisit uygulamalarının toprakta bulunan fungal ve bakteriyel mikroorganizmalar üzerine önemli düzeylerde etkilerinin olmadığını saptamışlardır.

Ülkemizde de kimyasal pestisitlerin topraktaki mikrobiyal canlılık üzerine etkileri ile ilgili bazı çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar daha çok belirli pestisitlerin topraktaki faydalı ya da zararlı mikroorganizmalar üzerine etkisinden ziyade, toplam sayılarının değerlendirilmeleri üzerindedir. Örneğin yapılan bir çalışmada; Kahramanmaraş yöresinde yaygın olarak kullanılan fungusitlerden Safomyl 50 WP, insektisitlerden Decis EC 25 ve herbisitlerden Tefralin'nin toprak mikrobiyotası üzerine etkisi araştırılmış, Safomyl ile muamele edilen toprakta, maya-küf sayısının arttığı, Decis ile muamele edilen toprakta toplam bakteri sayısında azalma olduğu, Tefralin uygulanan toprakta ise toplam maya-küf ve canlı bakteri sayısında azalma olduğu tespit edilmiştir (Ören ve ark., 2009). Doğrudan arazide yapılan çalışmalarda ortam koşullarına bağlı olarak da pek çok etkinliğin değişebileceği muhtemeldir. Özellikle faydalı oldukları daha önceki çalışmalar ile tespit edilen bakteri izolatlarının seçilerek pestisitlere karşı hassasiyetlerinin kontrollü koşullarda ölçülmesi, pestisitlerin topraklarda oluşturdukları tahribatı tahmin etmede önemli bir kriter olacaktır.

Pestisitlerin faydalı bakteri popülasyonları üzerine muhtemel olumsuz etkilerinin değerlendirildiği bu çalışmada, özellikle herbisitler (%71.42) açısından riskin daha büyük olduğu ve herbisitleri fungusitler (%57.14) ile insektisitlerin (%26.66) takip ettiği görülmüştür, test edilen akarisit ve nematosit aktif madde sayılarının çok az olması dolayısıyla bu gruplar için genel bir değerlendirme yapılmamıştır. Test edilen toplam 39 farklı pestisit 13 adetinin yani %33.33'ünün 7 faydalı bakteriden en az birine karşı bakteriyosidal etkiye sahip olduğu görülmüştür. Faydalı bakteriler üzerinde bakteriyosidal etkiye sahip bu 13 farklı pestisit tamami GP bakteriler üzerinde etkili olurken, sadece 3'ü 2 farklı GN bakteri üzerinde etkili bulunmuştur. Pestisitlere karşı GP bakterilerin, GN bakterilere göre çok daha hassas olduğu tespit edilmiştir.

Çevrenin pestisite maruz kalmasında toprak tipi, iklimsel faktörler, yapılan tarımsal işlemler, pestisit uygulama zamanı, uygulama şekli, aletin özellikleri gibi pek çok faktör kritik rol oynamaktadır. Örneğin, Khan ve ark. (2006), herbisitlerin kumlu- killi- tınlı topraklarda nohutun mikrobiyal birlikteliği ve canlılığı üzerinde önemli düzeyde olumsuz etkilerinin olduğunu bildirmişlerdir. Her bir aktif maddenin tek başına mikroorganizmalar üzerine etkinliklerinin test edilmesi elbette ki büyük önem arz etmektedir. Ancak, bitkisel üretimde bir üründe aynı vejetasyon süresi içerisinde bir pestisit birkaç defa kullanıldığı gibi, çok sayıda farklı aktif madde içerikli pestisitler de aynı üretim alanlarında kullanılmaktadır. Bu aktif maddelerin bitkiden veya toprak yüzeyinden yıkanarak toprak derinliklerine indiğinde birbirleri ile olan yeni kimyasal bağlanmalar veya kopmaları sonucu oluşabilecek yeni maddelerin toksisiteleri konularında herhangi bir bilgi mevcut değildir.

Topraktaki faydalı veya zararlı mikrobiyal popülasyonların dengesindeki bozulmaların mutlaka toprakta birçok dengeyi değiştireceğini düşünmek çok da yanlış bir bakış açısı olmayacaktır. Popülasyonda dominant olan patojen, pestisit uygulaması ile kontrol edildiğinde, azınlıkta olan bir diğer patojen yeni dominant patojen olarak ortaya çıkabilmektedir. Örneğin; *Rhizoctonia solani*'yi kontrol etmek için pentachloronitrobenzen içerikli fungusitlerin kullanılmasının *Pythium* ve *Fusarium* türlerinin neden olduğu fidelik hastalıklarının artmasına yol açtığı, benzimidazole ve chlorothalonil içerikli fungusitlerin kullanılmasının ise *Sclerotium rolfsii*'nin doğal antagonisti olan *Trichoderma viride*'yi baskı altına almasından dolayı hastalığın artmasına neden olduğu belirtilmektedir (Sinha ve ark., 1998). Ayrıca, fungusit uygulama programlarının başarısızlığında yanlış kullanım ve uygun olmayan püskürtme zamanlamasının da etkili olduğu da göz önünde bulundurulmalıdır (Köycü ve ark., 2018).

Bitki gelişimi açısından özellikle GP bakteriler içerisinde yer alan *Bacillus* ve *Paenibacillus* cinslerine dahil birçok türün çok önemli olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada pestisitlerin bu bakteri cinslerine ait test edilen türlere etkili olması pestisitlerin faydalı bakteriler üzerindeki baskısı açısından oldukça dikkat çekicidir. Ayrıca, test

edilen toplam 39 pestisit in hiç birisinin patojen bakteri *E. amylovora* (Kotan ve ark., 2004) ve *P. syringae* pv. *syringae* (Kotan ve Şahin, 2006) üzerinde bakteriyosidal etki göstermemesi de dikkat çekicidir. Patojen mikroorganizmaların ekstrem koşullara dayanımının patojen olmayanlara kıyasla çok daha yüksek olduğu fikrini destekler niteliktedir. Ancak, çok daha doğru yorumlar yapılabilmesi için pestisitlerin mikrobiyal topluluklar üzerindeki uzun vadeli etkileri ve toprak ortamındaki uzun vadeli eko-toksikolojik etkileri üzerinde iyi tasarlanmış çalışmalara ihtiyaç olduğu da muhakkaktır.

Pestisitler sadece toprakta veya çevredeki faydalı mikrobiyal fauna üzerine olumsuz etki etmekte kalmamaktadırlar. Bitkilerin doğrudan veya dolaylı olarak toprakta kalan pestisiti bünyesine alması ve bu bitkilerin insan gıdası veya hayvan yemi olarak kullanılması sonucunda pestisitler insanların gıda zincirine girmektedirler (Tiryaki ve ark., 2010). Dünya Sağlık Örgütü (WHO), gelişmekte olan ülkelerde tarımda kullanılan kimyasallardan dolayı yılda üç milyon zehirlenme vakası olduğunu belirtmektedir (Meena ve ark., 2020). Kirli toprakta sağlıklı yetişen bitkisel ürünler ise insan ve hayvan hayatını doğrudan olumsuz etkilemektedir (Çağlarımak ve Hepçimen, 2010). Ağır metaller; maruz kalınan doz, genetik, kişinin bağışıklık direnci ve genel sağlık hali, yaşı, beslenme düzeyi gibi faktörlere bağlı olarak insanlarda en başta kanser olmak üzere çeşitli hastalıklara sebep olmaktadır (Çağlarımak ve Hepçimen, 2010). Özellikle bu toksik maddelerin içme sularına karışabilirlikleri de düşünüldüğünde konunun çok daha kaygı verici olduğu anlaşılmaktadır. Bu yüzden, tarımsal faaliyetlerde bulunan işletmelerin, içme suyu havza alanlarındaki olumsuz etkilerinin mutlaka minimize edilmesi gerekmektedir (Olhan ve Ataseven, 2009). Ayrıca, pestisitlerin insanlarda toksik olmaları nedeniyle mücadelede çalışan herkesin bunların kullanımı sırasında meydana gelebilecek potansiyel zarardan sakınmaları büyük önem taşımaktadır (Yeşil ve Ögür, 2011).

Tarımda kullanılan kimyasal gübrelerin de pestisitlere benzer etkilerinin olduğu ve özellikle yüksek dozlarda kullanıldıklarında azotlu gübrelerin sağlık ve çevresel açıdan ciddi riskler oluşturduğu bilinmektedir. Bu kimyasal gübreler özellikle de yoğun tarım yapılan alanlarda yeterli uygulanmadığında verim ve kalitede önemli kayıplara neden olmakta, buna karşın fazla uygulandığında ise özellikle azot ve fosforlu gübrelerin yıkanması ile taban ve yüzey sularının kirliliğine, azot oksit (NO, N₂O, NO₂) emisyonu ile de hava kirliliğine yol açmakta, ayrıca, azotlu gübrelerin fazla kullanılması durumunda da özellikle yaprağı yenen sebzelerin yapraklarındaki nitrat miktarından dolayı da insan sağlığının olumsuz etkilenmesine neden olduğu kaydedilmektedir (Atılğan ve ark., 2007).

4. Sonuç

Bu çalışmada test edilen insektisit, fungusit ve herbisit içeriklerinde kullanılan aktif maddelerden faydalı bakteriler üzerindeki etkileri bakımından yapılacak bir değerlendirmeden riski yüksek olandan daha düşük olana doğru bir sıralama yapmak gerekebilir. Buna göre; **1.** İnsektisit aktif maddelerinden sırası ile ethoprophos, lambda-cyhalothrin, chlorpyrifos ve abamectin; **2.** Fungusit aktif maddelerinden sırası ile propiconazole + difenoconazole, bakır pentahidrat, chlorothalonil, thiram tetramethyithiuram disulphide, cyprodinil ve carboxin +thiram, tebuconazole 60 g/l ve tebuconazole; **3.** Herbisit aktif maddelerinden sırası ile clomazone, monilate, pendimethalin, quizalofop-p-ethyl ve oxadiazon içerikli ürünlerin kullanımında çok daha dikkatli olunması gerekir. Bu aktif maddeler antimikrobiyal etkilerinden dolayı kesinlikle bakteri ya da fungus içerikli mikrobiyal gübre veya biyopestisitler ile karıştırılmamalı, mutlak kullanılmak zorunda kalındığı zaman ise önce ilaç uygulanmalı, en az 4-5 gün geçtikten sonra da mikrobiyal ürün uygulaması yapılmalıdır. Daha önce mikrobiyal ürün uygulaması yapılmışsa da mutlaka mikrobiyal ürün tekrar uygulanmalıdır. Risk grubunda olmayan ve herhangi bir bakterisidal etkisinin olmadığı görülen aktif maddeli pestisitlerde ise daha detaylı çalışmalara gerek olduğu, ancak biyolojik ürünler ile uygulama zorunluğu olduğu durumlarda ise hemen uygulama öncesi karıştırılarak, hiç bekletilmeden uygulanması önerilebilir. Bunun için de tarımda kullanılan kimyasal gübre ve pestisitlere alternatif sağlık ve çevre açısından risk içermeyen ürünlere ve çevre dostu tarım yöntemlerine mutlaka ihtiyaç vardır.

Kaynakça

- Aktar W., Sengupta D., Chowdhury, A. (2009). Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdisc Toxicology*, 2 (1): 1-12.
- Agrios, G.N. (2005). Plant Pathology. 5th Edition, Elsevier Academic Press, Amsterdam, 26 (27): 398-401.
- Alper, S. (2010). *Türkiye'de Bitkisel Üretimde Girdi Kullanımının Yarattığı Çevresel Sorunlar*. (TÜİK Uzmanlık Tezi) Samsun.
- Al-Ani, M.A., Hmoshi, R.M., Kanaan, I.A., Thanoon, A.A. (2019). Effect of pesticides on soil microorganisms. In *Journal of Physics: Conference Series*, 1294 (7): 072007.
- Arora, S., Sahni, D. (2016). Pesticides effect on soil microbial ecology and enzyme activity-An overview. *Journal of Applied and Natural Science*, 8 (2): 1126-1132.
- Atılğan, A., Coşan, A., Saltuk, B., Erkan, M. (2007). Antalya yöresindeki seralarda kimyasal ve organik gübre kullanım düzeyleri ve olası çevre etkileri. *Ekoloji*, 15 (62): 37-47.
- Büyük, G., Akça, E., Kume, T., Nagano, T. (2016). Investigation of nitrate pollution in groundwater used for irrigation in Konya-Karapınar Region, Central Anatolia. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 19 (2): 168-173.
- Canhilal, R., Tiryaki, O. (2010). Kayseri ve civarında bitki koruma uygulamaları: problemler ve çözüm önerileri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26(2): 88-101.
- Çağlarınmak, N., Hepçimen, A.Z. (2010). Metal toprak kirliliğinin gıda zinciri ve insan sağlığına etkisi. *Akademik Gıda*, 8 (2): 31-35.
- Delen, N. (2016). Fungisitler. Geliştirilmiş ve Güncellenmiş 2. Baskı, Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti., ISBN: 978-605-320-347-6, Ankara.
- Delen, N., Durmuşoğlu, E., Güncan, A., Güngör, N., Turgut, C., Burçak, A. (2005). Türkiye'de pestisit kullanımı, kalıntı ve duyarlılık azalışı sorunları. *Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi*, 3-7 Ocak, S. 629-648. Ankara, Türkiye.
- Demir, O., Kotan, R., Yıldırım, Z.N. (2018). An economic improvement practice on natural rangelands: Plant Growth Promotion Bacteria. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27 (9): 6162-6167.
- Dickinson, C.H. (1973). Interactions of fungicides and leaf saprophytes. *Pesticide Science*, 4: 563-574.
- Durmuşoğlu, E., Tiryaki, O., Canhilal, R. (2010). Türkiye'de pestisit kullanımı, Kalıntı ve dayanıklılık sorunları. *VII. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi*, S. 589-607, Ankara, Türkiye.
- El Fantroussi, S., Verschuere, L., Verstraete, W., Top, E.M. (1999). Effect of phenylurea herbicides on soil microbial communities estimated by analysis of 16S rRNA gene fingerprints and community level physiological profiles. *Applied Environmental Microbiology*, 65: 982-988.
- Eringü, A., Kotan, R., Bayram, F., Ekinci, M., Yıldırım, E., Nadaroğlu, H., Katırcıoğlu, H. (2016). Sarımsak yetiştiriciliğinde farklı bakteri biyoformülasyonu uygulamalarının bitki gelişim parametreleri, verim ve enzim düzeyleri üzerine etkisi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, TARGİD Özel Sayı, 214-227.
- Fabra, A., Duffard, R., Duffard, A.E. (1997). de Toxicity of 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid to *Rhizobium* sp in pure culture. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 59: 645-652.
- Govedarica, M., Milošević, N., Konstantinovič, B. (2001). Uticaj dimetenamida i metalahlora na mikrobiološka svojstva zemljišta pod šećernom repom. *V Jugosl. Savetov. O Zašt. Bilja Zlatibor*, 12: 3-8.
- Göktürk, T., Tozlu, E., Kotan, R. (2018). Prospects of entomopathogenic bacteria and fungi for biological control of *Ricania simulans* (Walker, 1851) (Hemiptera: Ricaniidae). *Pakistan Journal of Zoology*, 50 (1): 75-82.
- Heinonen-Tanski, H., Siltanen, H., Kilpi, S., Simojoki, P., Rosenberg, C., Mäkinen, S. (1985). The effect of the annual use of some pesticides on soil microorganisms, pesticide residues in soil and carrot yields. *Pesticide Science*, 17 (2): 135-142.
- İmriz, G., Özdemir, F., Topal, İ., Ercan, B., Taş, M.N., Yakışır, E., Okur, O. (2014). Bitkisel üretimde bitki gelişimini teşvik eden Rizobakteri (PGPR)'ler ve etki mekanizmaları. *Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi*, 12 (2): 1-19.
- Jena, P.K., Adhya, T., Rajaramamohan, K., Rao, V. (1987). Influence of carbaryl on nitrogenase activity and combinations of butachlor and carbofuran on nitrogen-fixing micro-organisms in paddy soils. *Pesticide Science*, 19: 179-184.
- Karagöz, K., Kotan, R., Dadaşoğlu, F., Dadaşoğlu, E. (2016). Identification and characterisation of potential biofertilizer bacterial strains. *International Conference on Advances in Natural and Applied Sciences*, 21-23 April, S. 114-118, Antalya, Turkey.
- Khan, M.S., Zaidi, A., Rizvi, P.Q. (2006). Biotoxic effects of herbicides on growth, nodulation, nitrogenase activity, and seed production in chickpeas. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 37: 1783-1793.
- Koç, İ., Yardım, E.N. (2019). Pestisitlerin ve odun sirkelinin bazı mikrobiyal ve fiziko-kimyasal toprak parametrelerine etkilerinin araştırılması. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22 (6): 896-904.

- Kotan R. (2002). *Doğu Anadolu Bölgesi'nde Yetiştirilen Yumuşak Çekirdekli Meyve Ağaçlarından İzole Edilen Patojenik ve Saprofitik Bakteriyel Organizmaların Klasik ve Moleküler Metodlar ile Tanısı ve Biyolojik Mücadele İmkânlarının Araştırılması*. (Doktora Tezi) Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Kotan R. (2020). Tarımda Biyolojik Çözümler. Harman Yayıncılık, Ege Basım Matbaa ve Reklam Sanatları Ltd. Şti., 1. Baskı, İstanbul.
- Kotan, R., Şahin, F. (2006). Biological control of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* and nutritional similarity in carbon source utilization of pathogen and its potential biocontrol agents. *Journal of Turkish Phytopathology*, 35 (1-3): 1-13.
- Kotan, R., Şahin, F., Ala, A.** (2004). Nutritional similarity in carbon source utilization of *Erwinia amylovora* and its potential biocontrol agents. *Journal of Turkish Phytopathology*, 33 (1-3): 25-38.
- Köycü, N.D., Özer, C., Solak, E., Delen, N. (2018). Infection of *Botrytis cinerea* in Different Fungicide Application Programs in Semillon Grape. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15 (3): 61-67.
- Lo, C.C. (2010). Effect of pesticides on soil microbial community. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 45 (5): 348-359.
- Meena, H., Meena, R.S., Rajput, B.S., Kumar, S. (2016). Response of bio-regulators to morphology and yield of clusterbean [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.] under different sowing environments. *Journal of Applied and Natural Science*, 8: 715-718.
- Meena, R.S., Kumar, S., Datta, R., Lal, R., Vijayakumar, V., Brtnicky, M., Sharma, M.P., Yadav, G.S., Jhariya, M.K., Jangir, C.K., Pathan, S.I., Dokulilova, T., Pecina, V., Marfo, T.D. (2020). Impact of agrochemicals on soil microbiota and management: A Review. *Land*, 9: 34.
- Olhan, E., Ataseven, Y. (2009). Türkiye'de içme suyu havza alanlarında tarımsal faaliyetlerden kaynaklanabilecek kirliliği önleme ile ilgili yasal düzenlemeler. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6 (2): 161-169.
- Ören, A., Özbolat, K., Dıġrak, M. (2009). Kahramanmaraş Yöresinde yaygın olarak kullanılan bazı pestisitlerin toprak mikroorganizmaları üzerine etkisi. *KSÜ Doġa Bilimleri Dergisi*, 12 (1): 23-28.
- Samancıoġlu, A., Yıldırım, E., Turan, M., Kotan, R., Şahin, U., Kul, R. (2016). Amelioration of drought stress adverse effect and mediating biochemical content of cabbage seedlings by plant growth promoting rhizobacteria. *International Journal of Agriculture and Biology*, 18: 948-956.
- Sinha, A.P., Singh, K., Mukhopadhyay, A.N. (1998). Soil Fungicides. Boca Raton, Florida.
- Tiryaki, O., Canhilal, R., Horuz, S. (2010). Tarım ilaçları kullanımı ve riskleri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26 (2): 154-169.
- Tokatlı, C., Atılġan Helvacıoġlu, İ. (2020). Tarımsal kirliliġin Trakya Bölgesi sucul habitatları üzerine etkilerinin temel bileşen analizi kullanılarak deġerlendirilmesi: makro ve mikro elementler-aġır metaller. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17 (2): 137-148.
- Tozlu, E., Mohammadi, P., Kotan, M.Ş., Nadaroglu, H., Kotan, R. (2016). Biological control of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de bary, the causal agent of white mold disease in red cabbage by some bacteria. *Plant Protection Science*, 52 (3): 188-198.
- Ubuoh, E.A., Akhionbare, S.M.O., Akhionbare, W.N. (2012). Effects of pesticide application on soil microbial spectrum: case study-fecolart demonstration farm, Owerri-West, Imo state, Nıgeria. *International Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering*, 3 (2): 34-39.
- Yeşil, S., Öġür, E. (2011). Ziraî mücadelede pestisit kullanımının Türkiye ve Konya ölçeğinde deġerlendirilmesi ve pestisit kullanımının olası sakıncaları. *I. Konya Kent Sempozyumu*, 26-27 Kasım, S. 439-450. Konya, Türkiye.
- Yıldız, F. (2011). Bitki Koruma (Fitopatoloji). Bornova, İzmir.
- Yıldız, M., Gürkan, O., Turgut, C., Kaya, Ü., Ünal, G. (2005). Tarımsal savaşımında kullanılan pestisitlerin yol açtığı çevre sorunları. *VI. Türkiye Ziraat Mühendisliġi Teknik Kongresi*, 3-7 Ocak, S. 22, Ankara, Türkiye.