



Şeker Pancarında Kullanılan İki Farklı Triazol Fungisidin Toprak Mikrobiyal Solunumuna Etkileri

Burak KOÇAK^{1*}, Şahin CENKSEVEN²

¹ Çukurova Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Adana, Türkiye
² Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Adana, Türkiye

Geliş/Received: 01.06.2021

Kabul/Accepted: 04.10.2021

Yayın/Puylished: 31.12.2021

Atıf yapmak için: Koçak, B. & Cenkseven, Ş. (2021). Şeker pancarında kullanılan iki farklı triazol fungisidin toprak mikrobiyal solunumuna etkileri. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(4), 540-547.

How to cite: Koçak, B. & Censeven, Ş. (2021). Effects of two different triazole fungicides used for sugar beet on soil microbial respiration. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 540-547.

* : <https://orcid.org/0000-0003-4144-6079>
 : <https://orcid.org/0000-0003-2330-8668>

***Sorumlu yazarın:**

Burak KOÇAK
Çukurova Üniversitesi Fen-Edebiyat
Fakültesi Biyoloji Bölümü, Sarıçam, Adana,
Türkiye
✉: bkocak@cu.edu.tr

Öz: Bu çalışmada, şeker pancarı yetiştiriciliğinde kullanılan iki farklı fungisidin [Difenoconazole (D) ve Difenoconazole+Propiconazole (DP)] kısa dönemde toprakta mikrobiyal solunumuna olan toksisiteyi belirlenmiştir. Bu amaçla fungisitlerin tavsiye edilen tarla dozları (D1 için 30 ml/da ve DP1 için 50 ml/da) ile bu dozların 5 (D5 ve DP5) ve 10 katı (D10 ve DP10) daha önce pestisit uygulanmamış topraklara karıştırılmıştır. Toprak+fungisit karışımları sabit sıcaklık (28°C) ve nemde (tarla kapasitesinin %80'i kadar) 42 gün boyunca inkübe edilerek toprakların mikrobiyal solunumları belirlenmiştir. Her iki fungisit tüm dozları kontrole göre toprak mikrobiyal solunumunu tüm inkübasyon süresince anlamlı bir biçimde azaltmıştır (P<0,05). Genel olarak, difenoconazole'in tavsiye edilen dozu ile bu dozun 5 ve 10 katları arasındaki farkları ayrı ayrı istatistiksel olarak önemli iken (P<0,05) inkübasyonun 7. gününden itibaren DP1, DP5 ve DP10 uygulamaları arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır. Sonuçta her iki fungisit tüm dozlarının çalışmada kullanılan killi topraktaki mikroorganizma aktivitesini olumsuz etkilediği ve bu olumsuz etkinin Difenoconazole+Propiconazole uygulamasında, daha düşük seviyede olduğu söylenebilir.

Anahtar kelimeler: *Difenoconazole, kil, proiconazole, toprak biyolojik aktivitesi, toprak mikrobiyal solunumu.*

Effects of Two Different Triazole Fungicides Used for Sugar Beet on Soil Microbial Respiration

Abstract: In this study, toxicities of two different fungicides [Difenoconazole (D) and Difenoconazole+Propiconazole (DP)] for sugar beet on soil microbial respiration were determined for the short term. Recommended field doses of fungicides (30 ml/da for D1 and 50 ml/da for DP1) and their 5 (D5 and DP5) and 10 folds (D10 and DP10) were mixed with soils with no previous pesticide application for this purpose. Soil microbial respirations were determined by the incubation of soil+fungicide mixtures under constant temperature (28°C) and moisture (80% of soil field capacity) for 42 days. All doses of both two fungicides significantly reduced soil microbial respiration in the whole incubation period compared to control (P<0.05). In general, recommended field dose of difenoconazole had significant differences with its 5 folds and 10 folds, separately while differences between DP1, DP5 and DP10 were found nonsignificant from the beginning of 7th day. In conclusion, it may be suggested that all doses of both two fungicides had negative effects on microorganism activity in the clay soil that were used in this study and this negative effect was lower in the Difenoconazole+Propiconazole application.

***Corresponding author's:**

Burak KOÇAK
Cukurova University, Faculty of Arts and
Sciences, Department of Biology, Sarıçam,
Adana, Turkey
✉: bkocak@cu.edu.tr

Keywords: *Difenoconazole, clay, proiconazole, soil biological activity, soil microbial respiration.*

GİRİŞ

Entegre tarım yönetimi programlarında meydana gelebilecek kayıpları önlemek için pestisitler rutin olarak kullanılmaktadır (Aka Sağlıkler & Şahin, 2018). Fungisitler, bir pestisit grubu olup temel olarak kök çürüklüğü, mildiyö ve külleme gibi fungal hastalıkların yok edilmesinde kullanılmaktadır (Carpinteiro vd., 2010). Pestisitler bitkilere uygulandığında çevrede değişimlere uğramaktadırlar. Bu kalıcı agrokimyasallar genelde hayvanlar ve insanları kapsayan hedef olmayan organizmalarda sağlık riskleri oluşturmaktadır (Wang vd., 2012).

Azoller bitkisel üretimde mantar enfeksiyonlarının kontrolünde yaygın olarak kullanılan çok yönlü fungisitlerdir. Buğday, arpa, çavdar, yulaf ve tritikale'ye etki eden temel hastalıklara karşı çok geniş bir etkinlik spektrumuna sahip olduğundan triazol fungisitler, bostancılık, tarla bitkileri, peyzaj kültürleri ve bağlar gibi tarımsal sistemlerde büyük bir oranda kullanılmaktadır (Godeau vd., 2021). Triazol fungisitlerinin küresel gıda güvenliğinde esansiyel bir rolü olduğu ve kullanımlarının daha da arttırılacağı öngörülmektedir (Godeau vd., 2021). Koruyucu ve iyileştirici etkilerinden dolayı triazol tabanlı formülasyonların Avrupa'da en yaygın olarak kullanılan bitki koruma ürünleri (tahıllarda, hububatlarda, meyvelerde ve sebzelere) olduğu bildirilmiştir (Jorgensen vd., 2018; Zubrod vd., 2019).

Difenoconazole geniş spektrumlu bir triazol fungisitidir (Wang vd., 2008). Sistemik bir sterol demetilasyon inhibitörü olan difenoconazole misel büyümesine müdahale etmekte, patojenlerin spor yoluyla çimlenmesini engellemekte ve nihai olarak fungal büyümeyi önlemektedir (Reuveni ve Sheglov, 2002; Hamada vd., 2011). Geniş spektrumlu tarımsal triazol fungisitleri olan difenoconazole ve propiconazole yaygın olarak arazide pek çok bitkiye etki eden fungal hastalıkların kontrol edilmesinde kullanılmaktadır (Munkvold vd., 2001; Gopinath vd., 2006). Bu iki fungisit, şeker pancarında toprak kökenli fungal hastalıklara karşı koruma amacıyla kullanıldığı bilinmektedir (Bolton vd., 2010). Bu fungisit karışımı 14 α -demetilaz aktivitesini inhibe ederek ergosterol biyosentezini engellemekte ve patojenik mantarların büyümesini önlemektedir (Hamada vd., 2011). Bu iki fungisit temel olarak arazide püskürtülmekte ve kalıntıları toprakta ve sucul ortamda sık olarak saptanmaktadır (Battaglin vd., 2011; Pan vd., 2019). Toprakta yıkandıktan sonra bu iki fungisit yüzey sularında farklı hedef olmayan sucul organizmalara olumsuz etkilere yol açtığı ifade edilmiştir (Mu vd., 2015; Dong vd., 2017).

Toprak mikroorganizmalarının en önemli görevlerinden birisi, temel olarak bitki ve hayvan

kalıntılarının ayrışmasıyla meydana gelen organik maddenin dönüşümünü sağlamaktır (Millard vd., 2010; Stefani vd., 2012; Acar vd., 2018). Toprak mikroorganizmaları bu ekosisteme ulaşan doğal ve sonradan eklenen substratları mineralize etmekte, bitki büyümesi için gerekli bitki besin elementlerinin salınımında rol oynamakta ve solunumları sonucunda ürün olarak CO₂ ortaya çıkartmaktadır (Dilly, 2001). Öte yandan, toprağa geçen herhangi bir kontaminant veya ksenobiyotik madde biyojeokimyasal süreçlerin bu doğal reaksiyonlarına müdahale edebilir ve bu olayın sonuçları çevre için olumlu olmayabilir. Pestisitler dahil bazı substratlar mikrobiyal aktiviteyi engelleyebileceği gibi teşvik de edebilmektedir (Nielsen ve Winding, 2002; Kocak & Darici, 2016). Toprak mikrobiyal solunumu, toprak mikroorganizmalarının önemli bir rol oynadığı organik madde döngüsünü yansıttığından dolayı en uygun biyosensörlerden birisi olarak kabul edilmekte (Luo & Zhou, 2006) ve pestisit kalıntılarının toprakların heterotrofik mikrobiyal aktivitesinde yol açtığı değişimleri ölçmek için kullanılmaktadır (Stefani vd., 2012).

Literatür verilerine göre, tavsiye edilen tarla dozlarında kullanıldıklarında triazol fungisitlerinin toprak mikroorganizmaları tarafından parçalanabildiği ve mikrobiyal populasyonlar tarafından gıda kaynağı olarak kullanıldığı ifade edilmiştir (Roman vd., 2021). Ancak bu fungisitlerin yüksek dozlarının toplam mikrobiyal populasyon sayısını azalttığı ve bu populasyonun yapısını değiştirdiği bildirilmiştir (Roman vd., 2021). Triazol fungisitlerinin bakteriyel populasyonları etkilediği ancak bu etki mekanizmasının halen anlaşılamadığı belirtilmiştir (Roman vd., 2021).

Bu çalışmanın amacı, daha önce hiçbir fungisit uygulanmadığı doğal bir çam ormanından alınan bir toprağa difenoconazole (D) ve difenoconazole + propiconazole (DP) fungisit formülasyonlarının tavsiye edilen dozları (D1 ve DP1) ve bu dozun 5 (D5 ve D10) ve 10 (D10 ve DP10) katı karıştırıldıktan sonra sabit sıcaklık (28°C) ve nemde (tarla kapasitesinin %80'i oranında nemlendirerek) toprak mikrobiyal solunumuna olan etkilerini araştırmaktır.

MATERYAL VE METOT

Materyal: Araştırma alanı Doğu Akdeniz Bölgesi'nde Adana ili sınırları içerisinde olup Akdeniz İklimi'nin etkisi altındadır. Bu bölge kış ve ilkbahar mevsiminde bol miktarda yağış almaktadır (Çelik vd., 2018). Ancak Mayıs ve Kasım ayları arasındaki uzun yaz mevsiminde yağışlar çok azdır. Adana'nı uzun dönem yıllık yağış ve sıcaklık ortalaması (1927-2017) 645 mm ve

19,2°C olduğu bildirilmiştir (Çetin et al., 2018). Bu çalışmada materyal olarak kullanılan toprak Nisan 2018'de doğal bir çam ormanından (37°05'07" K, 35°29'09" D) alınmıştır. Toprağın yüzeyi iyice temizlendikten sonra 0-10 cm derinlikten örneklenmiş olup laboratuvar ortamında kurutulmuş ve 2 mm'lik elekten elenmiştir. Alınan toprağa bu çalışmada kullanılan fungusitlerin daha önce uygulanmadığı bilinmektedir.

Metot: Toprağın bünye tipi hidrometre yöntemi ile, toprak pH'sı 1:2'lik toprak-su karışımında InoLab pH metresi ile (Jackson, 1958), kireç içeriği (%) Scheibler kalsimetresi ile (Bouyoucos, 1951), tarla kapasitesi (TK, %) 1/3 atmosferlik basınçlı vakum pompası ile belirlenmiştir (Demiralay, 1993). Toprakların organik karbon içeriği (% C) Anne metodu ile ve toplam azot içeriği (% N) Kjeldahl metodu ile belirlenmiştir (Duchaufour, 1970).

Bu çalışma için seçilen fungusitlerin etiketlerinde yazan etken maddeleri ve tarla dozları sırasıyla difenoconazole (D) için 250 g/l ve 30 ml/da ve difenoconazole + propiconazole (DP) için 150 g/l difenoconazole + 150 g/l propiconazole ve 50 ml/da şeklindedir. Bu iki fungusitin tavsiye edilen dozu (D1 ve DP1), bunun 5 (D5 ve D10) ve 10 (D10 ve DP10) katı kadar dozları, toprağa giriş derinliği 1 mm olduğu varsayılarak ve çalışmada alınan toprağın hacim ağırlığı 1,20 g/cm³ varsayılarak toprağa karıştırılmıştır. Toprağın mikrobiyal solunumunu ölçmek için 100 g toprak ve her iki fungusidin dozları 750 ml hacimli kavanozlarına konulduktan sonra tarla kapasitesinin %80'i oranında nemlendirdikten sonra 42 gün boyunca 28°C'de karanlıkta inkübe edilmiştir. Normal toprak solunumunu ölçmek için fungusit içermeyen toprak kontrol olarak kullanılmıştır. Mikrobiyal solunum sonucunda açığa çıkan CO₂'i tutabilmek için 0,5 M NaOH küçük beherlere konulup inkübasyon kavanozlarında toprağın üstüne yerleştirilmiştir. Üretilen CO₂'nin miktarı inkübasyonun 1., 4., 7., 14., 21., 28., 35. ve 42. günlerinde hidroklorik asitle titre edilerek belirlenmiştir (Alef, 1995). Tüm ölçümler 3 tekrarlı olarak yapılmıştır.

İstatistiksel Analiz: Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SPSS v20.0 paket istatistik programı kullanılmıştır. Her inkübasyon gününde iki fungusidin ayrı ayrı olarak, kontrol ile dozların aralarındaki farkın önemli olup olmadığı varyans analizi (One Way Anova) ve Tukey HSD testi ile belirlenmiştir (Kleinbaum vd., 1998). Elde edilen üç tekrarlı veriler tablo ve şekillerde ortalama±standart hata şeklinde ifade edilmiştir. Karşılaştırmalarda önem düzeyi P<0,05 olarak alınmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada Adana'da doğal bir çam ormanından alınan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 1'de belirtilmiştir. Toprak killi bünyeli olup hafif alkalidir. Toprağın kireç içeriği %1,16 iken tarla kapasitesi %36,09'dur. Toprağın organik karbon ve toplam azot içerikleri sırasıyla %1,37 ve % 0,092 olup C/N oranı 15,10'dur. Sağlıker & Darıcı (2005) Adana'da bir çam türünden aldıkları marn anamateryalli toprağın bünyesini tınlı, tarla kapasitesini %31,57, kireç içeriğini %23,24, organik karbon içeriğini %1,75, toplam azot içeriğini %0,11 ve C/N oranının 15,82 olduğunu belirlemişlerdir.

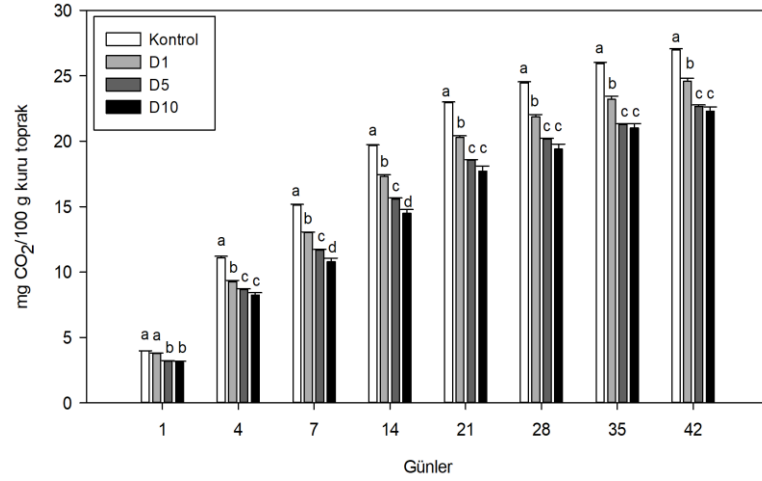
Tablo 1 Toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.
Table 1 Some physical and chemical properties of soil.

Toprak Özellikleri	
Kil (%)	54,25 ± 1,56
Silt (%)	23,27 ± 0,71
Kum (%)	22,48 ± 0,86
Tekstür	Killi
pH	7,85 ± 0,01
CaCO ₃ (%)	1,16 ± 0,58
Tarla Kapasitesi (%)	36,09 ± 1,22
C (%)	1,37 ± 0,00
N (%)	0,092 ± 0,009
C/N	15,10 ± 1,28

Veriler aritmetik ortalama±standart hata şeklinde sunulmuştur (n=3).

Genel olarak, toprağa tavsiye edilen dozları ve bu dozların 5 ve 10 katları kadar karıştırılan difenoconazole (D1, D5 ve D10) ve difenoconazole + propiconazole (DP1, DP5 ve DP10) fungusit formülasyonları bütün inkübasyon günlerinde kontrole göre kümülatif toprak mikrobiyal solunumuna önemli bir biçimde azaltmıştır (Şekil 1 ve 2, P<0,05). Sadece inkübasyonun 1.gününde D1 ile kontrol arasındaki fark anlamlı değildir (Şekil 1, P>0,05).

Difeniconazole fungusit formülasyonu karıştırılan killi toprağın kümülatif mikrobiyal solunumları (mg CO₂/100 g kuru toprak) 42 günlük inkübasyon sonunda 22,30 (D10) ve 26,90 (Kontrol) arasındadır (Şekil 1). İnkübasyon süresince D1'in toprak mikrobiyal solunumunu kontrole göre minimum ve maksimum azalış yüzdeleri %4,96 (1. Gün) ve %16,52 (4.gün) olup bu iki doz arasındaki fark 1. gün hariç tüm inkübasyon günlerinde önemlidir (P<0,05). Minimum ve maksimum azalma yüzdeleri D5 için % 15,97 (42. gün) ve % 22,71 (7.gün) iken D10 için %17,31 (42. gün) ve % 28,62 (7.gün) olduğu belirlenmiştir. Tüm inkübasyon günlerinde D5 ve D10 dozlarının kontrol ile aralarındaki fark ayrı ayrı olarak anlamlı olduğu bulunmuştur (P<0,05). D1 dozunun ayrı ayrı olarak D5 ve D10 dozlarıyla aralarındaki fark tüm inkübasyon günlerinde anlamlıdır (P<0,05). D5 ile D10 dozları arasındaki fark sadece 7. ve 14. günlerde anlamlıdır (P<0,05).



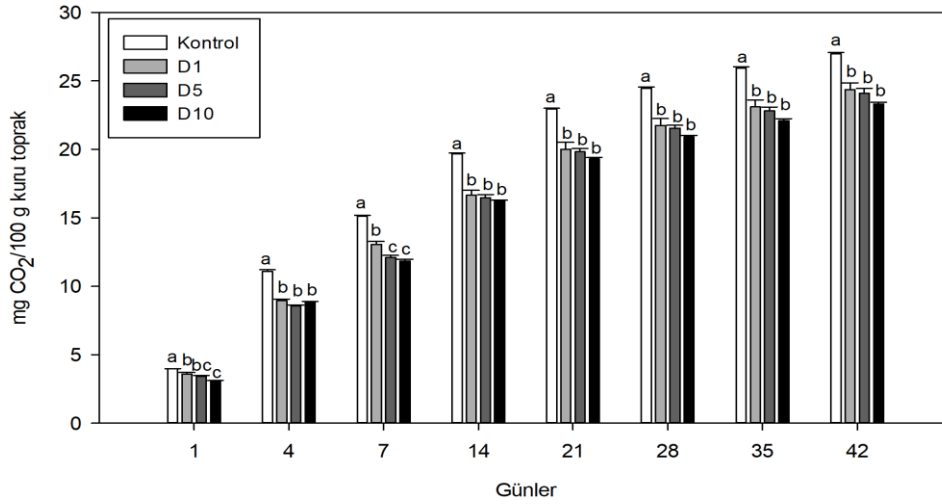
Şekil 1. Kontrolün, difenoconazole'nin tavsiye edilen tarla dozu (D1) ve bunun 5 (D5) ile 10 (D10) katı kadarının toprakta kümülatif mikrobiyal solunumları [(mg CO₂/100 g kuru toprak, ortalama±standart hata, n=3, "a, b, c ve d" harfleri kontrol ve fungisit uygulamaları arasındaki ayrımını göstermek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harfler, veriler arasındaki istatistiksel farkın önemli olduğunu göstermektedir (P<0,05)].

Figure 1. Cumulative soil microbial respirations of control, recommended field dose (D1), 5 (D5) folds and 10 (D10) folds of difeniconazole [(mg CO₂/100 g air dried soil, mean±standard error, n=3, "a, b, c and d" indicates the differences between control and fungicide applications. Different lowercase letters shows that the differences between data were significant (P<0.05)]

Difenoconazole'nin laboratuvarında kontrollü koşullarda (30°C ve su tutma kapasitesinin %60'ı oranında nemlendirerek) siltli tın bir toprağa 0,1 ve 1,0 mg/kg toprak dozlarında karıştırıldığında genel mikrobiyal aktiviteyi önemli bir biçimde arttırdığı bildirilmiştir (Thom vd., 1997). Laboratuvar ortamında (aerobik koşullarda, 25±2°C'de ve su tutma kapasitesinin %60'ı oranında nemlendirerek) difenoconazole'nin toprakta (%15,1 kum, %45,1 silt, %39,8 kil, % 2,16 organik madde ve pH 7,8) ayrışabildiği ve test edilen toprak matrislerinde stabil olduğu saptanmıştır (Dong vd., 2013). Buna karşın, difenoconazole'nin yüksek konsantrasyonlarının toprakta bakteriyel komünite çeşitliliğini azalttığı ve bu azalmanın doz arttıkça arttığı belirtilmiştir (Zhang vd., 2021). Buna ek olarak, toprağa karıştırılan biyokömürün difenoconazole'nin topraktaki kalıcılığını arttırdığı, biyokömür dozu arttıkça bitkinin difenoconazole alımının azaldığı ve biyokömürün toprağın kimyasal özelliklerini değiştirerek difenoconazole parçalayabilen bakterilere yardımcı olduğu ifade edilmiştir (Cheng vd., 2017). Difenoconazole'nin farklı dozları (0,44, 1,10, 1,46, 2,20, 4,40 ve 22,00 µg aktif madde/ g toprak) toprakta fungal popülasyonu ve solunumu önemli bir biçimde azalttığı, bakteri ve aktinomiset popülasyonları ile selülaz, ksilanaz ve proteaz aktivitelerini dozu arttıkça arttırdığı ve 0,44 µg dozunda toprak solunumunu arttırdığı bulunmuştur (Meenakshi vd., 2007). Buna zıt olarak, difenoconazole'nin 0,037, 0,075 ve 0,150 mg/kg toprak dozlarının laboratuvarında sabit ve yüksek sıcaklıkta (30°C) toprak mikrobiyotasının enzimatik aktivitesi (dehidrogenaz, ureaz, fosfataz ve proteaz) (Filimon vd., 2015) ile yüksek dozlarda toprağın azot döngüsünde rol oynayan aerobik, anaerobik ve denitrifikasyon bakterileri

topluluklarını azalttığı bulunmuştur (Filimon vd., 2018). 25 ml/da ve 50 ml/da dozlarında arazide uygulanan difenoconazole formülasyonunun (%25 emülsiyon konsantre) yarı ömrünün 4,68 ile 8,09 gün olduğu saptanmıştır (Mukhopadhyay vd., 2011). Thom vd., (1997) ve Dong vd., (2013) hariç yukarıda adı geçen çalışmalar mevcut çalışmayı desteklemekte olup difenoconazole formülasyonunun tüm dozları bu çalışmadaki killi toprağın mikrobiyal aktivitesini azalttığı ve bu azalmanın inkübasyon süresi arttıkça azaldığı belirlenmiştir.

Kümülatif toprak mikrobiyal solunumları (mg CO₂/100 g kuru toprak) 42 günlük inkübasyon sonunda difeniconazole + propiconazole için 23,32 (DP10) ile 26,97 (Kontrol) arasındadır (Şekil 2). Difenoconazole + propiconazole fungisit formülasyonunun tavsiye edilen tarla dozunun (DP1) toprak mikrobiyal solunumunu kontrole göre azalış yüzdeleri %9,64 (42. gün) ile %19,37 (4. Gün) arasında olup bu doz ile kontrol arasındaki fark tüm inkübasyon günlerinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur (P<0,05). DP5'in kontrole göre azalış yüzdeleri %10,66 (42.gün) ile % 23,01 (4.gün) olup bu iki doz arasındaki fark tüm inkübasyon günlerinde önemlidir (P<0,05). DP10'un kontrole göre azalış yüzdeleri %13,54 (42. Gün) ile %22,04 (1. Gün) olup bu iki doz arasındaki fark tüm inkübasyon günlerinden anlamlıdır (P<0,05). 42 günlük toprak mikrobiyal solunumunun kontrole göre ortalama azalma miktarları DP1 için %12,8, DP5 için %15,2 ve DP10 için %17,6 olduğu belirlenmiştir. Genel olarak inkübasyon süresince DP1, DP5 ve DP10 dozları arasındaki farkın anlamlı olmadığı bulunmuştur. Sadece inkübasyonun 1.gününde DP1 ile DP10 arasındaki fark ve 7. Gününde DP1 dozunun ayrı ayrı olarak DP5 ve DP10 dozlarıyla aralarındaki fark anlamlıdır (P<0,05).



Şekil 2. Kontrolün, difenoconazole + propiconazole'nin tavsiye edilen tarla dozu (DP1) ve bunun 5 (DP5) ile 10 (DP10) katı kadarının toprakta kümülatif mikrobiyal solunumları [(mg CO₂/100 g kuru toprak, ortalama±standart hata, n=3, "a, b ve c" harfleri kontrol ve fungusit uygulamaları arasındaki ayrımını göstermek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harfler, veriler arasındaki istatistiksel farkın önemli olduğunu göstermektedir (P<0,05)].

Figure 2. Cumulative soil microbial respirations of control, recommended field dose (DP1), 5 (DP5) folds and 10 (DP10) folds of difeniconazole + propiconazole. [(mg CO₂/100 g air dried soil, mean±standard error, n=3, "a, b and c" indicates the differences between control and fungicide applications. Different lowercase letters shows that the differences between data were significant (P<0.05)]

Literatürde difenoconazole ve propiconazole (DP) karışımının toprakta mikrobiyal aktiviteye olan etkileri konusunda yeterli bilgi bulunmamaktadır. DP'nin toprakta adsorpsiyonunun, desorpsiyonunun ve hareketlerinin ana olarak toprak pH'ından etkilendiği ve her iki fungusitin ayrı ayrı olarak gösterdiği davranışların açık bir biçimde beraber iken değiştiği saptanmıştır (Wang vd., 2020). Buna karşın tek başına propiconazole'nin (250 g aktif madde/l) tavsiye edilen dozu uygulandığında toprak mikroorganizma sayılarını ve enzim aktivitelerini teşvik edici potansiyel bir ajan olduğu ve yüksek dozlarda mikrobiyal sayımların azaldığını bulmuşlardır (Satapute vd., 2019). Buna ek olarak, laboratuvar koşullarında 40 günlük inkübasyon sonucunda propiconazole'nin (25% emülsiyon konsantre) tek başına 1,0, 2,5 ve 5,0 kg/ha dozlarının yüksek kil içeren bir toprakta selüloz ve invertaz aktivitelerini artırdığını ve tavsiye edilen tarla dozu uygulandığında toprak mikrobiyal aktivitesinin arttığı sonucuna varmışlardır (Ramudu vd., 2011). Laboratuvar koşullarında propiconazole'nin tek başına düşük dozlarda uygulandığında toprak solunumunun arttığı ve çok yüksek ve tarımsal olarak gerçek olmayan dozlar uygulandığında bile toprak solunumunun 30 günlük inkübasyon periyodunda normale döndüğü belirlenmiştir (Elmholt, 1992). Başka bir çalışmada, propiconazole'nin 40 günlük inkübasyonda ilk hafta toprak bazal solunumunu artırdığı ve daha sonraki süreçte bunu inhibe etmediği ancak çalışılan 40 gün boyunca toprak mikroorganizmalarına olan toksik etkinin sürdüğünü bildirmişlerdir (Fernandez-Calvino vd., 2017). Bu çalışmada difenoconazole + propiconazole fungusit formülasyonunu tüm dozlarının tüm inkübasyon günlerinde toprak mikrobiyal solunumunu

önemli bir biçimde azalttığı ancak bu olumsuz etkinin difenoconazole formülasyonuna göre daha az olduğu söylenebilir.

SONUÇ

Fungisitlerin ve pestisitlerin yanlış ve yüksek dozlarda tarımda uygulanması dünya çapında bir endişeye yol açmaktadır. Karasal ekosistemlerde kimyasal kirliliğin yol açtığı çevresel değişimlerin izlenmesinde kullanılan yöntemlerden birisi de heterotrofik toprak mikroorganizmalarının ürettiği karbondioksitin yani mikrobiyal solunumunun ölçülmesidir. Bu çalışmada, şeker pancarında mantar enfeksiyonlarına karşı kullanılan difenoconazole ve difenoconazole + propiconazole fungusit formülasyonlarının tavsiye edilen tarla dozları (30 ve 50 ml/da) ve bu dozun 5 ve 10 katı kadarı killi bir toprağa karıştırıldıktan sonra toprak mikrobiyal solunumunu 42 günlük inkübasyon süresince önemli bir biçimde azalttığı bulunmuştur. Buna ek olarak, difenoconazole + propiconazole fungusit formülasyonunun toprak mikrobiyal aktivitesine difenoconazole'e göre daha az olumsuz etki yaptığı söylenebilir. Bu çalışma baz alınarak gelecekteki çalışmalarda laboratuvar, sera ve tarla koşullarında aynı fungusitlerin farklı organik madde, tekstür ve pH'a sahip topraklara önerilen ve daha yüksek dozlarda uygulanarak topraktaki mikroorganizma aktivitesine etkilerinin daha geniş kapsamlı araştırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Böylelikle bu iki fungusitin bitkisel üretimde üretici firmaların belirlediği dozların ve uygulama sıklıklarının değişmesine yardımcı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Aka, H., & Darıcı, C. (2005).** Carbon and nitrogen mineralization in carob soils with Kermes oak and Aleppo pine leaf litter. *European Journal of Soil Biology*, **41**(1-2), 31-38. DOI: [10.1016/j.ejsobi.2005.05.001](https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2005.05.001)
- Acar, M., Çelik, İ., Gunal, H., Acir, N., Barut Bereket, Z. & Budak, M. (2018).** Tillage effects on soil organic carbon, microbial biomass carbon and beta-glucosidase enzyme activity in a typical haploxerert soil. *Scientific Papers-Series A-Agronomy*, **61**(1), 13-20.
- Aka Sağlıker, H. & Şahin, M. (2018).** The effects on soil carbon mineralization of different doses of epoxiconazole and carbendazim suspension used in wheat cultivation *Scholars Academic Journal of Biosciences*, **6**(3), 263-268. DOI: [10.21276/sajb.2018.6.3.5](https://doi.org/10.21276/sajb.2018.6.3.5)
- Alef, K. (1995).** Soil respiration. In K. Alef & P. Nannipieri (Ed), *Methods in Soil Microbiology and Biochemistry*, 214-219p,. San Diego: Academic Press Inc.
- Battaglin, W.A., Sandstrom, M.W., Kuivila, K.M., Kolpin, D.W. & Meyer, M.T. (2011).** Occurrence of azoxystrobin, propiconazole, and selected other fungicides in us streams, 2005-2006. *Water Air and Soil Pollution*, **218**(1-4), 307-322. DOI: [10.1007/s11270-010-0643-2](https://doi.org/10.1007/s11270-010-0643-2)
- Bolton, M.D., Panella, L., Campbell, L. & Khan, M.F. R. (2010).** Temperature, moisture, and fungicide effects in managing rhizoctonia root and crown rot of sugar beet. *Phytopathology*, **100**(7), 689-697. DOI: [10.1094/PHYTO-100-7-0689](https://doi.org/10.1094/PHYTO-100-7-0689)
- Bouyoucos, G.S. (1951).** A recalibration of the hydrometer for mohing mechanical analysis of soil. *Agronomy Journal*, **43**, 434-438.
- Carpinteiro, İ., Ramil, M., Rodriguez, İ. & Cela, R. (2010).** Determination of fungicides in wine by mixed-mode solid phase extraction and liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, **1217**(48), 7484-7492. DOI: [10.1016/j.chroma.2010.09.080](https://doi.org/10.1016/j.chroma.2010.09.080)
- Çelik, İ., Gunal, H., Acar, M., Bereket Barut, Z., Acir, N. & Budak, M. (2018).** Long-term tillage induced changes in physical attributes of a clayey soil in eastern mediterranean region. *Scienco*, **1**(1), 32-39. DOI: [10.2478/alife-2018-0005](https://doi.org/10.2478/alife-2018-0005)
- Çetin, M., Aksoy, H., Önöz, B., Eriş D.E., Yüce M.İ., Selek, B., Aksu, H., Burgan H.İ., Eşit, M., Çavuş, Y. & Orta, S. (2018).** Deriving accumulated precipitation deficits from drought severityduration frequency curves: A case study in Adana province, Turkey. *1. International Congress on Agricultural Structures and Irrigation*, Antalya, Türkiye, 39-48.
- Cheng, J.Z., Lee, X.Q., Gao, W.C., Chen, Y., Pan, W.J. & Tang, Y. (2017).** Effect of biochar on the bioavailability of difenoconazole and microbial community composition in a pesticide-contaminated soil. *Applied Soil Ecology*, **121**, 185-192. DOI: [10.1016/j.apsoil.2017.10.009](https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.10.009)
- Dilly, O. (2001).** Microbial respiratory quotient during basal metabolism and after glucose amendment in soils and litter. *Soil Biology & Biochemistry*, **33**(1), 117-127. DOI: [10.1016/S0038-0717\(00\)00123-1](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(00)00123-1)
- Demiralay, İ. (1993).** *Toprak fiziksel analizleri*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 143, Erzurum, 128p.
- Dong, F., Li, J., Chankvetadze, B., Cheng, Y., Xu, J., Liu, X., Li, Y., Chen, X., Bertucci, C., Tedesco, D., Zanasi, R. & Zheng, Y. (2013).** Chiral triazole fungicide difenoconazole: absolute stereochemistry, stereoselective bioactivity, aquatic toxicity, and environmental behavior in vegetables and soil. *Environmental Science & Technology*, **47**(7), 3386-3394. DOI: [10.1021/es304982m](https://doi.org/10.1021/es304982m)
- Dong, X., Zuo, Z., Guo, J., Li, H., Zhang, L., Chen, M., Yang, Z. & Wang, C. (2017).** Reproductive effects of life-cycle exposure to difenoconazole on female marine medaka (*Oryzias melastigma*). *Ecotoxicology*, **26**(6), 772-781. DOI: [10.1007/s10646-017-1808-1](https://doi.org/10.1007/s10646-017-1808-1)
- Duchauffour, P. (1970).** *Precis de Pedologie*. Masson et C1^e, Editeurs, Paris.
- Elmholt, S. (1992).** Effect of propiconazole on substrate amended soil respiration following laboratory and field application. *Pesticide Science*, **34**(2), 139-146. DOI: [10.1002/ps.2780340208](https://doi.org/10.1002/ps.2780340208)
- Fernandez-Calvino, D., Rousk, J., Baath, E., Bollmann, U.E., Bester, K. & Brandt, K.K. (2017).** Ecotoxicological assessment of propiconazole using soil bacterial and fungal growth assays. *Applied Soil Ecology*, **115**, 27-30. DOI: [10.1016/j.apsoil.2017.03.009](https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.03.009)
- Filimon, M.N., Popescu, R., Verdes, D., Dumitrescu, G., Voia, O.S., Ahmadi, M. & Dronca, D. (2018).** The effects of difenoconazole treatment on microorganism from soil. *Revista De Chimie*, **69**(5), 1129-1133. <https://doi.org/10.37358/RC.18.5.6274>
- Filimon, M.N., Voia, S.O., Vladoiu, D.L., Isvoran, A. & Ostafe, V. (2015).** Temperature dependent effect of difenoconazole on enzymatic activity from soil.

- Journal of the Serbian Chemical Society*, **80**(9), 1127-1137. DOI: [10.2298/JSC141218030F](https://doi.org/10.2298/JSC141218030F)
- Godeau, C., Morin-Crini, N., Staelens, J.N., Martel, B., Rocchi, S., Chanet, G., Fourmentin, M. & Crini, G. (2021).** Adsorption of a triazole antifungal agent, difenoconazole, on soils from a cereal farm: Protective effect of hemp felt. *Environmental Technology & Innovation*, **22**, 101394. DOI: [10.1016/j.eti.2021.101394](https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101394)
- Gopinath, K., Radhakrishnan, N.V. & Jayaraj, J. (2006).** Effect of propiconazole and difenoconazole on the control of anthracnose of chilli fruits caused by *Colletotrichum capsici*. *Crop Protection*, **25**(9), 1024-1031. DOI: [10.1016/j.cropro.2006.02.001](https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.02.001)
- Hamada, M.S., Yin, Y.N. & Ma, Z.H. (2011).** Sensitivity to iprodione, difenoconazole and fludioxonil of *Rhizoctonia cerealis* isolates collected from wheat in China. *Crop Protection*, **30**(8), 1028-1033. DOI: [10.1016/j.cropro.2011.04.004](https://doi.org/10.1016/j.cropro.2011.04.004)
- Jackson, M.L. (1958).** *Soil chemical analysis*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, U.S.A., 498p.
- Jorgensen, L.N., Matzen, N., Hansen, J. G., Semaskiene, R., Korbas, M., Danielewicz, J., Glazek, M., Maumene, C., Rodemann, B., Weigand, S., Hess, M., Blake, J., Clark, B., Kildea, S., Batailles, C., Ban, R., Havis, N. & Treikale, O. (2018).** Four azoles' profile in the control of *Septoria*, yellow rust and brown rust in wheat across Europe. *Crop Protection*, **105**, 16-27. DOI: [10.1016/j.cropro.2017.10.018](https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.10.018)
- Kleinbaum, D.G., Kupper, L.L., Muller, K.E. & Nizam, A. (1998).** *Applied regression analysis and other multivariable methods*. Duxbury Press, An Imprint of Brooks/Cole Publishing Company, California, USA, 718p.
- Kocak, B. & Darici, C. (2016).** Priming effects of leaves of *Laurus nobilis* L. and 1,8-cineole on carbon mineralization. *Chilean Journal of Agricultural Research*, **76**(1), 100-104. DOI: [10.4067/S0718-58392016000100014](https://doi.org/10.4067/S0718-58392016000100014)
- Luo, Y. & Zhou, X. (2006).** Chapter 5 - controlling factors. In Y. Luo & X. Zhou (Eds.), *Soil respiration and the environment*, 79-105p, Burlington: Academic Press.
- Meenakshi, S.N., Jeyaramraja, P.R. & Manian, R. (2007).** Degradation of the fungicides, azoxystrobin and difenoconazole in soil and their influence on soil microbial activity. *Pest Technology*, **1**(2), 133-138.
- Millard, P., Midwood, A.J., Hunt, J.E., Barbour, M.M. & Whitehead, D. (2010).** Quantifying the contribution of soil organic matter turnover to forest soil respiration, using natural abundance delta C-13. *Soil Biology & Biochemistry*, **42**(6), 935-943. DOI: [10.1016/j.soilbio.2010.02.010](https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.02.010)
- Mu, X., Wang, K., Chai, T., Zhu, L., Yang, Y., Zhang, J., Pang, S., Wang, C. & Li, X. (2015).** Sex specific response in cholesterol level in zebrafish (*Danio rerio*) after long-term exposure of difenoconazole. *Environmental Pollution*, **197**, 278-286. DOI: [10.1016/j.envpol.2014.11.019](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.11.019)
- Mukhopadhyay, S., Das, S., Bhattacharyya, A. & Pal, S. (2011).** Dissipation study of difenoconazole in/on chili fruit and soil in India. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **87**(1), 54-57. DOI: [10.1007/s00128-011-0275-2](https://doi.org/10.1007/s00128-011-0275-2)
- Munkvold, G. P., Martinson, C.A., Shriver, J.M. & Dixon, P.M. (2001).** Probabilities for profitable fungicide use against gray leaf spot in hybrid maize. *Phytopathology*, **91**(5), 477-484. DOI: [10.1094/PHTO.2001.91.5.477](https://doi.org/10.1094/PHTO.2001.91.5.477)
- Nielsen, M.N. & Winding, A. (2002).** *Microorganisms as indicators of soil health*. Denmark: National Environmental Research Institute.
- Pan, L., Feng, X., Caob, M., Zhang, S., Huang, Y., Xua, T., Jing, J. & Zhang, H. (2019).** Determination and distribution of pesticides and antibiotics in agricultural soils from northern China. *Rsc Advances*, **9**(28), 15686-15693. DOI: [10.1039/C9RA00783K](https://doi.org/10.1039/C9RA00783K)
- Ramudu, A.C., Mohiddin, G.J., Srinivasulu, M., Madakka, M. & Rangaswamy, V. (2011).** Impact of fungicides chlorothalonil and propiconazole on microbial activities in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) soils. *International Scholarly Research Notices*, **2011**, 623404. DOI: [10.5402/2011/623404](https://doi.org/10.5402/2011/623404)
- Reuveni, M. & Sheglov, D. (2002).** Effects of azoxystrobin, difenoconazole, polyoxin B (polar) and trifloxystrobin on germination and growth of *Alternaria alternata* and decay in red delicious apple fruit. *Crop Protection*, **21**(10), 951-955. DOI: [10.1016/S0261-2194\(02\)00073-X](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(02)00073-X)
- Roman, D.L., Voiculescu, D.I., Filip, M., Ostafe, V. & Isvoran, A. (2021).** Effects of triazole fungicides on soil microbiota and on the activities of enzymes found in soil: a review. *Agriculture*, **11**(9), 893. DOI: [10.3390/agriculture11090893](https://doi.org/10.3390/agriculture11090893)
- Sağlıker, A. H. & Darici, C. (2005).** Doğu Akdeniz Bölgesinde iki farklı ana materyalde yetişen *Olea europaea* L., *Pinus brutia* Ten. ve *Pistacia terebinthus* L. topraklarında karbon mineralizasyonu. *Ekoloji*, **14**(54), 20-24.

- Satapute, P., Kamble, M.V., Adhikari, S.S. & Jogaiah, S. (2019).** Influence of triazole pesticides on tillage soil microbial populations and metabolic changes. *Science of the Total Environment*, **651**, 2334-2344. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2018.10.099](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.099)
- Stefani, A., Felicio, J.D., & de Andrea, M.M. (2012).** Comparative assessment of the effect of synthetic and natural fungicides on soil respiration. *Sensors*, **12**(3), 3243-3252. DOI: [10.3390/s120303243](https://doi.org/10.3390/s120303243)
- Thom, E., Ottow, J.C.G. & Benckiser, G. (1997).** Degradation of the fungicide difenoconazole in a silt loam soil as affected by pretreatment and organic amendment. *Environmental Pollution*, **96**(3), 409-414. DOI: [10.1016/s0269-7491\(97\)00037-7](https://doi.org/10.1016/s0269-7491(97)00037-7)
- Wang, F.Y., Cao, D.T., Shi, L.H., He, S.H., Li, X., Fang, H. & Yu, Y.L. (2020).** Competitive adsorption and mobility of propiconazole and difenoconazole on five different soils. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **105**(6), 927-933. DOI: [10.1007/s00128-020-03034-1](https://doi.org/10.1007/s00128-020-03034-1)
- Wang, K., Wu, J. X. & Zhang, H.Y. (2012).** Dissipation of difenoconazole in rice, paddy soil, and paddy water under field conditions. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **86**, 111-115. DOI: [10.1016/j.ecoenv.2012.08.026](https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2012.08.026)
- Wang, Z.H., Yang, T., Qin, D.M., Gong, Y. & Ji, Y. (2008).** Determination and dynamics of difenoconazole residues in Chinese cabbage and soil. *Chinese Chemical Letters*, **19**(8), 969-972. DOI: [10.1016/j.ccllet.2008.04.028](https://doi.org/10.1016/j.ccllet.2008.04.028)
- Zhang, H.P., Song, J.J., Zhang, Z., Zhang, Q., Chen, S., Mei, J., Yu, Y. & Fang, H. (2021).** Exposure to fungicide difenoconazole reduces the soil bacterial community diversity and the co-occurrence network complexity. *Journal of Hazardous Materials*, **405**. DOI: [10.1016/j.jhazmat.2020.124208](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124208)
- Zubrod, J.P., Bundschuh, M., Arts, G., Bruhl, C.A., Imfeld, G., Knabel, A., Payraudeau, S., Rasmussen, J.J., Rohr, J., Scharmüller, A., Smalling, K., Stehle, S., Schulz, R. & Schafer, R.B. (2019).** Fungicides: An Overlooked Pesticide Class? *Environmental Science & Technology*, **53**(7), 3347-3365. DOI: [10.1021/acs.est.8b04392](https://doi.org/10.1021/acs.est.8b04392)