تأثیر حشره‌کش‌های دیازینون، کلروپیریفوس و ایمیداکلوپرید بر برخی از شاخص‌های زیستی خاک

اختر اقتصادی[۱]، اکبر قویدل[۲*]، علی اشرف سلطانی طولارود[۲]، معراج شرری[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۰۴)

چکیده

مصرف بی‌رویه سموم دفع آفات در سال‌های اخیر و ادامه آن در آینده ممکن است اثرات زیانبار بر جامعه میکروبی خاک، به عنوان شاخص سلامت خاک و یکی از اجزای اصلی محیط زیست، داشته باشد. هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر سه حشره‌کش پرمصرف (دیازینون، کلروپیریفوس و ایمیداکلوپرید) بر شاخص‌های اکوفیزیولوژیک و شیمیایی خاک بود. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد که شامل فاکتور حشره‌کش در چهار سطح (سه نوع حشره‌کش متفاوت به همراه خاک شاهد، بدون مصرف حشره‌کش) و فاکتور زمان در سه سطح (قبل، سه ماه و شش ماه پس از کاربرد آفت‌کش) بود. غلظت حشره‌کش‌ها (۰/۱، ۱ و ۰/۶۷) میلی‌گرم در هر کیلوگرم خاک به ترتیب برای ایمیداکلوپرید، دیازینون و کلروپیریفوس بود. برخی از شاخص‌های زیستی و اکوفیزیولوژیک خاک در ابتدای آزمایش، سه و شش ماه پس از شروع آزمایش اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که در اثر کاربرد حشره‌کش‌ها پس از گذشت سه ماه، شاخص‌های زیستی شامل فعالیت آنزیم دهیدروژناز، بهرهٔ متابولیکی، تنفس پایه، تنفس برانگیخته و همچنین کربن آلی نسبت به شاهد به ترتیب ۹۲/۲ ٪، ۴۶/۷ ٪، ۲۴/۷ ٪، ۱۵/۸ ٪ و ۷/۶۱ ٪ کاهش داشته و شاخص‌های فعالیت آنزیم اوره‌آز، کربن زیتوده میکروبی، نیتروژن زیتوده میکروبی، نسبت کربن به نیتروژن زیتوده و بهرهٔ میکروبی خاک نسبت به شاهد ۶/۶۷ ٪، ۳۲/۱ ٪، ۱۵٪/۶، ۱۶٪/۵ و ۵۸/۹ ٪ افزایش داشت. همچنین نتایج نشان داد که در بین حشره‌کش‌های مورد استفاده در این تحقیق کلروپیریفوس بیشترین و دیازینون کمترین تأثیر منفی را بر شاخص‌های اندازه‌گیری شده داشته است. بکارگیری حشره‌کش‌های دیازینون، کلروپیریفوس و ایمیداکلوپرید حداقل در کوتاه مدت تأثیر منفی بر شاخص‌های اکوفیزیولوژیک خاک دارد. همچنین حساس‌ترین شاخص‌ها در تعیین تأثیر منفی حشره‌کش‌ها بر جامعهٔ میکروبی خاک، فعالیت آنزیم دهیدروژناز، بهرهٔ متابولیکی، تنفس برانگیخته و تنفس پایه بودند.

واژه‌های کلیدی: آفت‌کش، شاخص کیفیت خاک، فعالیت آنزیمی خاک، فعالیت زیستی خاک، کیفیت خاک

اقتصادی ا.، قویدل ا.، اشرف سلطانی طولارود ع.، شرری م. ۱۳۹۹. تأثیر حشره‌کش‌های دیازینون، کلروپیریفوس و ایمیداکلوپرید بر برخی از شاخص‌های زیستی خاک. تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۸، شماره ۴. صفحه:۱-۱۳.

۱- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی

۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی (مکاتبه کننده)

۳- استادیار گروه منابع طبیعی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی

*پست الکترونیک: Ghavidel@uma.ac.ir

مقدمه

مصرف بی‌رویه آفت‌کش‌ها در کشاورزی باعث ایجاد پاره‌ای اختلالات در روند طبیعی زندگی موجودات می‌شود که به دنبال آن مشکلات عدیده‌ای از جمله مقاومت به آفت‌کش‌ها، از بین رفتن موجودات غیر هدف، پایداری و دوام مواد شیمیایی در غذا و محیط زیست و برگشت مجدد مواد غیر قابل تجزیه به زنجیره غذایی را به وجود می‌آورد (Imani, 2004). در کشور ما نیز آفت‌کش‌ها به گونه‌ای بی رویه مصرف می‌شوند و کاربرد آنها رو به فزونی است. آفت‌کش‌ها به سبب داشتن مواد شیمیایی مضر، بر موجودات خاکی تأثیر منفی می‌گذارند (Mansourzadeh & Raiesi, 2012). از بین آفت‌کش‌ها، حشره‌کش‌ها پس از علف‌کش‌ها پرمصرف‌ترین آفت‌کش‌ها در کشاورزی هستند. ترکیبات ارگانوفسفره بزرگترین و متنوع‌ترین گروه آفت‌کش‌های موجودند و در حدود ۴۰٪ آفت‌کش‌های ثبت شده در جهان را تشکیل می‌دهند (Saleh Zadeh, 2006). از جمله سموم پر مصرف ارگانوفسفره می‌توان به سموم دیازینون[1] و کلروپیریفوس[2] اشاره نمود. آفت‌کش‌ها در میان مواد آلاینده آلی مقاوم در برابر تجزیه (POP_s)[3] جزء ترکیبات موجود در پساب ناشی از صنایع تولید کننده آفت‌کش‌ها و زه‌آب کشاورزی محسوب می‌گردند (EI Bakouri *et al.*, 2008; Khodadadi *et al.*, 2007). دیازینون برای مبارزه با بسیاری از آفات در محصولاتی مانند سبزیجات، توتون، علوفه، نباتات مزروعی مراتع و نباتات زینتی مصرف می‌شود. برای مبارزه با آفات خاکزی کرم مفتولی و کرم سفید و پشه و غیره نیز بکار می‌رود. برای دفع آفات خانگی مانند سوسک حمام و غیره نیز توصیه می‌شود. بذور را نیز می‌توان با آن بر علیه حشرات ضد عفونی نمود. در ایران کاربرد وسیعی بر علیه کرم ساقه خوار برنج دارد (Rastgar & Mousavi, 1376). کلروپیریفوس حشره‌کشی است که برای مبارزه با طیف وسیعی از حشرات از جمله مگس‌ها، پشه‌ها و آفات برگخوار و خاکزی و حشرات خانگی و دامی به کار برده می‌شود. همچنین برای مبارزه با آفات گیاهان زینتی، کلم، توت فرنگی، سبزیجات، غلات، میوه‌جات، مراتع، پنبه و یونجه مورد استفاده قرار می‌گیرد Rastgar & Mousavi, (1376). ایمیداکلوپرید[4] به عنوان یک حشره‌کش مناسب در کنترل حشرات مکنده (شته) موثر می‌باشد (Bi & Tosccano, 2007). مشکلی که همواره در رابطه با استفاده از حشره‌کش‌ها وجود دارد، مربوط به مخاطرات متعدد زیست محیطی و تهدید سلامت انسان است که در سطوح مختلف چرخه استفاده از آنها از جمله تولید، فروش، استفاده در مزارع و درنهایت به صورت بقایا در مواد غذایی، بروز می‌کند (Holvoet, 2006).

شاخص‌های زیستی شامل خصوصیاتی در رابطه با فعالیت های زیستی در خاک، از قبیل کربن و نیتروژن زیتوده ریز جانداران، تنفس خاک و فعالیت‌های آنزیمی بوده و تعیین این اجزای فعال زیستی می‌تواند تغییرات در کیفیت و حاصلخیزی خاک را بهتر منعکس کند (Liu *et al.*, 2007). فعالیت آنزیمی و زیتوده میکروبی نیز از مهم‌ترین شاخص‌های زیستی خاک محسوب می‌شوند. همچنین نقش زیتوده میکروبی به عنوان مخزن قابل توجه برای عناصر غذایی مطرح است و جمعیت میکروبی خاک به عنوان زیتوده میکروبی در نظر گرفته می‌شوند (Vig *et al.*, 2003). تنفس و زیتوده میکروبی از مهمترین ویژگی‌ها و شاخص‌ها در تحول و تکوین خاک و فرآیندهای مهم اکوسیستم نظیر چرخه جهانی کربن، چرخه عناصر غذایی و اصلاح زیستی به شمار می‌آیند (Austin *et al.*, 2004). بررسی‌هایی در مورد تأثیر حشره‌کش‌ها بر خصوصیات زیستی خاک صورت گرفته است. در یک بررسی آزمایشگاهی ویچتی و همکاران (Vischetti *et al.*, 2008) به مدت ۱۸۰ روز اثر متالاکسیل[5] و کلروپیریفوس بر بهرهٔ متابولیکی را به طور جداگانه و مخلوط بررسی کردند. نتایج نشان داد که در ابتدا اینشاخص با گذشت ۲۰ روز در تیمارها با مصرف جداگانه این سموم، افزایش یافت اما پس از ۴۰ روز در تیمارهای مخلوط این دو آفت‌کش بهرهٔ متابولیکی به مقدار ثابتی رسید. در مطالعه‌ای دیگر، در نتیجه استفاده از دیمتوات[6] و ایمیداکلوپرید تنفس خاک در طی ۱۵ روز از زمان استفاده از این سموم به طور معنی‌داری به میزان ۴۴/۸٪ و ۲۷/۳٪ کاهش یافت و به تدریج پس از ۹۰ روز به مقدار

1. Diazinon
2. Chlorpyrifos
3. Persistance Organin Pollutants
4. Imidacloprid
5. Metalaxyl
6. Dimethoate

اولیه رسید. این آزمایش همچنین نشان داد که بین خاک شاهد و دیمتوات تا ۷۵ روز تفاوت معنی‌داری وجود دارد که نشان می‌دهد دیمتوات در مقابله با ایمیداکلوپرید بر جامعهٔ میکروبی خاک تأثیر منفی بیشتری دارد (Bhattacharya & Kumar Sahu, 2013). تجدا و همکاران (Tejada *et al.*, 2010) در آزمایشی دریافتند که تیمار خاک با کلروپیریفوس، ۲۰٪ کاهش در فعالیت آنزیم اوره‌آز را در پی داشت. همچنین فرانکو اندریو و همکاران (Franco-Andreu *et al.*, 2016) مشاهده کردند که کاربرد علف‌کش اکسیفلوورفن[1] و حشره‌کش کلروپیریفوس در خاک بدون آبیاری (شرایط خشکی شدید) باعث مهار بیشتر فعالیت‌های آنزیمی و جمعیت میکروبی خاک شد که احتمالا به علت اثر ترکیبی سمیت آفت‌کش‌ها و خشکی خاک بود. نتایج نشان داد که در شرایط خشکی، آلودگی خاک به این آفت‌کش‌ها در طول زمان افزایش می‌یابد. آلودگی علف‌کش اکسیفلوورفن و حشره‌کش کلروپیریفوس در خاک موجب کاهش فعالیت‌های آنزیمی و کاهش جمعیت میکروبی می‌شود. کولباخی و همکاران (Kulbhaje *et al.*, 2017) به بررسی اثرات منفرد و تلفیقی از حشره‌کش‌های کلروپیریفوس، سایپرمیترین و فلزئون آرسنیک بر فعالیت آنزیم‌های میکروبی در خاک رس و خاک لوم در شرایط آزمایشگاهی به مدت ۵۰ روز پرداختند. نتایج نشان داد که تیمارها با مصرف جداگانه و مخلوط منجر به اثرات تحریک کننده و مهار کننده روی آنزیم‌های دهیدروژناز، آمیلاز، پروتئاز و اسید فسفاتاز داشته به‌طور کلی نتیجه‌گیری می‌شود که استفاده از حشره‌کش‌ها و آرسنیک، در نسبت مناسب، ممکن است سمیت محدودی بر آنزیم‌های میکروبی داشته باشد ولی باروری خاک را حفظ می‌کند.

با توجه تحقیقات پیشین، هدف از این مطالعه بررسی تأثیر حشره‌کش‌های دیازینون، کلروپیریفوس و ایمیداکلوپرید بر فعالیت آنزیم دهیدروژناز، فعالیت آنزیم اوره‌آز، تنفس پایه، تنفس برانگیخته، کربن زیتوده‌ی میکروبی، نیتروژن زیتوده‌ی میکروبی، نسبت کربن به نیتروژن زیتوده، کربن آلی، بهرهٔ متابولیکی و بهرهٔ میکروبی به عنوان شاخص‌های زیستی خاک بود.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری از خاک‌های دامنه کوه سهند (تبریز) با مختصات جغرافیایی ۵۴ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی، ۳۷ درجه و ۱۸ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۲۲ دقیقه عرض شمالی انجام شد. نمونه‌ی خاک از عمق ۰-۱۵ سانتی متری برداشته شد و به آزمایشگاه گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه محقق اردبیلی منتقل و در معرض هوا خشک گردید. سپس خاک از الک با قطر روزنه‌های دو میلی‌متری عبور داده شد. برخی خصوصیات خاک شامل pH گل اشباع و هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع (Gupta, 2004)، کربن آلی خاک به روش والکلی بلاک (Nelson & Sommers, 1982)، نیتروژن کل به روش کجلدال، فسفر قابل جذب در عصاره‌ی حاصل از بی‌کربنات سدیم نیم نرمال با روش رنگ سنجی، پتاسیم محلول، پتاسیم قابل جذب در عصاره‌ی حاصل از استات آمونیوم یک نرمال با دستگاه فیلم فتومتر و بافت خاک با روش هیدرومتری تعیین شد (Jones, 2001). همچنین برخی از خصوصیات زیستی خاک از جمله فعالیت آنزیم دهیدروژناز، فعالیت آنزیم اوره‌آز، تنفس پایه، تنفس برانگیخته، کربن زیتوده‌ی میکروبی به روش تدخین با کلروفرم– انکوباسیون و نیتروژن زیتوده‌ی میکروبی (Ali Asgharzad, 1385)، بلافاصله پس از نمونه برداری خاک و قبل از هواخشک کردن خاک اندازه‌گیری شدند. همچنین از روی داده‌های حاصل و با استفاده از فرمول ذیل، شاخص‌های بهرهٔ میکروبی و بهرهٔ متابولیک محاسبه شدند (Schinner *et al.*, 2012). فرمول (۱) بهرهٔ میکروبی خاک

$$MQ = \frac{C(mic)}{C(org)} (mgC_{mic}.g^{-1}C_{org}) \qquad (۱)$$

فرمول (۲) بهرهٔ متابولیک خاک

$$qCO_2 = \frac{BR}{MBC} (mg\ CO_2\text{-}\ C.g^{-1}\ C_{mic}.\ h^{-1)}$$

آفت‌کش‌های مصرفی در این مطالعه ایمیداکلوپرید ۳۵٪ EC شرکت آریا شیمی، کلروپیریفوس ۴۰/۸٪ EC شرکت ایپروکم چین، دیازینون ۶۰٪ EC شرکت گل سم بودند. هر کدام از آفت‌کش‌ها در سه تکرار به همراه خاک شاهد مصرف شدند. واحدهای آزمایشی شامل گلدان‌هایی با سه کیلوگرم خاک بود. برای سنجش تأثیر آفت‌کش‌ها با توجه به غلظت مصرف توصیه شده برای آفت‌کش‌ها به ترتیب

1.Oxyfluorfen

(۰/۱، ۱ و ۰/۶۷) میلی گرم در کیلوگرم خاک به ترتیب برای ایمیداکلوپرید، دیازینون، کلروپیریفوس به همراه خاک شاهد در سه تکرار اعمال شدند. آزمایش به مدت ۶ ماه در اتاقک رشد در دمای ۲۵±۲ درجه سانتی گراد انجام شد. در مدت آزمایش آبیاری برای حفظ رطوبت خاک در محدوده‌ی ۰/۹- ۰/۷ ظرفیت مزرعه انجام شد. نمونه برداری از گلدان‌ها در دو نوبت، ۳ و ۶ ماه پس از مصرف آفت‌کش‌ها از خاک سطحی گلدان انجام شد. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS ویرایش ۲۲ و مقایسه میانگین داده‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ انجام شد. برای رسم نمودار از نرم افزار MS- Excel 2013 استفاده گردید.

نتایج و بحث

بر طبق جدول ۱، خاک دامنه سهند دارای pH کمی قلیایی، بدون شوری و کلاس بافتی خاک لوم بود.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

Table 1. Some of physical and chemical properties of used soil in this experiment

Texture	Clay	Silt	Sand	O.C	K (Soluble)	K	P	N	pH	EC
			%			Mg kg^{-1}		%		dS m^{-1}
Loam	24.6	42.8	32.6	1.5	17.4	293	38.2	0.182	7.9	0.6

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که بین تیمارهای مختلف آفت‌کش از لحاظ تأثیر بر شاخص‌های اوره‌آز، دهیدروژناز، کربن زیتوده، تنفس پایه، تنفس برانگیخته، بهرهٔ میکروبی و بهرهٔ متابولیکی تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال (p≤۰/۰۱) و شاخص‌های نسبت کربن به نیتروژن زیتوده و کربن آلی تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال (p≤۰/۰۵) وجود داشته ولی روی نیتروژن زیتوده خاک تفاوت معنی‌داری نداشته است. فاکتور زمان نیز بر شاخص‌های دهیدروژناز، تنفس برانگیخته و کربن آلی تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال (p≤۰/۰۱) و شاخص نسبت کربن به نیتروژن زیتوده تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال (p≤۰/۰۵) وجود داشته و بقیه شاخص‌ها تفاوت معنی‌داری نداشته است. در همین راستا اثر متقابل تیمارهای مختلف آفت‌کش‌ها بر زمان نیز بر همه شاخص‌های فوق به جز (کربن ونیتروژن زیتوده، کربن آلی و بهرهٔ میکروبی) تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال (p≤۰/۰۱) وجود داشته است. تیمار کلروپیریفوس پس از سه ماه بیشترین و تیمار کلروپیریفوس پس از شش ماه کمترین تأثیر منفی را بر فعالیت آنزیم دهیدروژناز خاک داشت که به ترتیب برابر با ۰/۰۲۸ $\mu gTPF.g^{-1}$ و ۰/۸۱۳ $\mu gTPF.g^{-1}$ بود. در تیمارهای کلروپیریفوس، دیازینون و ایمیداکلوپرید فعالیت آنزیم دهیدروژناز پس از شش ماه نسبت به مقدار سه ماه افزایش معنی‌داری (p≤۰/۰۱) داشتند. تیمار کلروپیریفوس پس از سه ماه بیشترین و تیمار ایمیداکلوپرید پس از سه ماه کمترین تأثیر منفی را بر فعالیت آنزیم اوره‌آز خاک داشت که به ترتیب برابر با ۳۰/۹ $\mu gN.g^{-1}$ و ۴۴/۱ $\mu gN.g^{-1}$ بود. در تیمار کلروپیریفوس فعالیت آنزیم اوره‌آز پس از شش ماه نسبت به مقدار سه ماه تغییر معنی‌داری نداشت. در تیمار ایمیداکلوپرید فعالیت آنزیم اوره‌آز پس از شش ماه نسبت به مقدار سه ماه کاهش معنی‌داری (p≤۰/۰۱) داشت. در تیمار دیازینون فعالیت آنزیم اوره‌آز پس از شش ماه نسبت به مقدار سه ماه افزایش معنی‌داری (p≤۰/۰۱) داشت (شکل ۱).

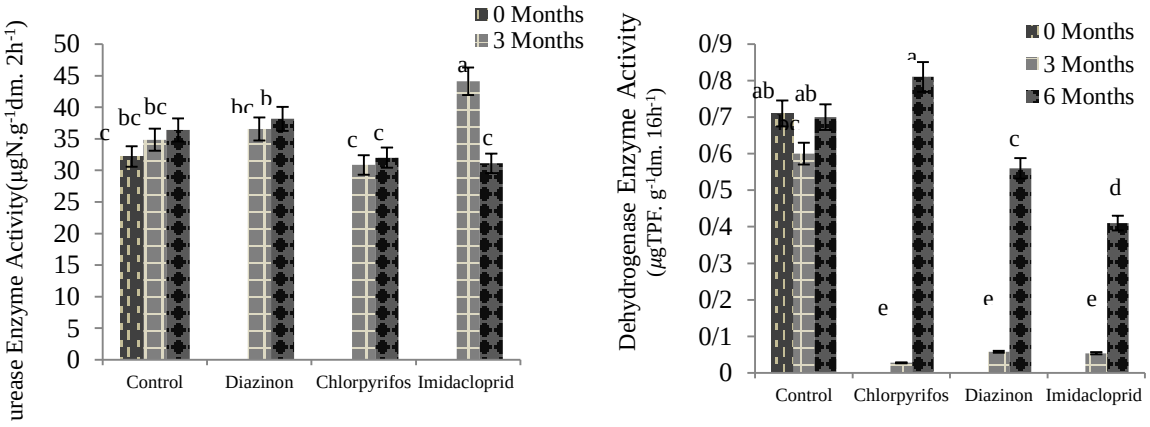
جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر فاکتورهای آفت‌کش، زمان و اثرات متقابل آن‌ها بر برخی از شاخص‌های زیستی و شیمیایی خاک

Table 2. Analysis of variance of pesticide, time and their interactions on some of soil biological and chemical indices

Source of Variation	Df	Urease	Dehydrogenase	MBC	MBN	C/N	BR	SIR	O.C	MQ	qCO2
Model	11	55^{**}	0.294^{**}	0.238^{**}	0.164^{*}	6.52^{**}	0.008^{**}	0.167^{**}	0.024^{**}	0.195^{**}	0.003^{**}
Treatment	3	49.1^{**}	0.200^{**}	0.443^{**}	0.172^{ns}	5.19^{*}	0.008^{**}	0.236^{**}	0.021^{*}	0.351^{**}	0.004^{**}
Time	2	26.3^{ns}	0.571^{**}	0.012^{ns}	0.047^{ns}	5.07^{*}	0.000^{ns}	0.120^{**}	0.044^{**}	0.046^{ns}	0.000^{ns}
Treatment *time	6	78.2^{**}	0.123^{**}	0.012^{ns}	0.170^{ns}	7.73^{**}	0.013^{**}	0.129^{**}	0.012^{ns}	0.043^{ns}	0.003^{**}
Error	24	8.91	0.005	0.028	0.061	1.37	0.000	0.003	0.006	0.019	0.000

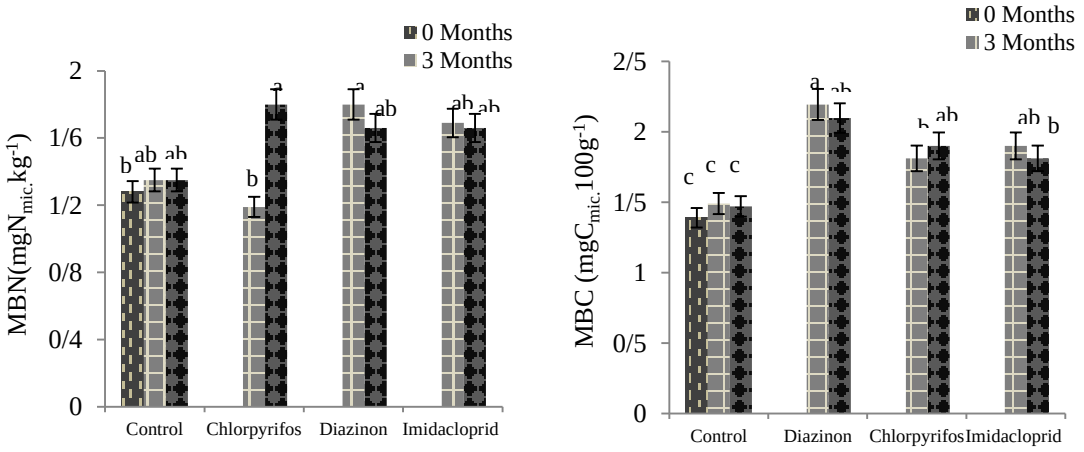
**، * و ns: به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیر معنی‌دار

* , **and ns: significant at %1, %5 probability level and non- significant respectively



شکل۱- تأثیر حشره‌کش‌های مختلف بر فعالیت آنزیم‌های دهیدروژناز و اوره‌آز خاک در مدت ۳ و ۶ ماه (داده‌های هر تیمار میانگین هر مرحله‌ی زمانی است و حروف مشترک بالای هر ستون براساس آزمون دانکن فاقد اختلاف معنی‌داری (p≤۰/۰۱ هستند)

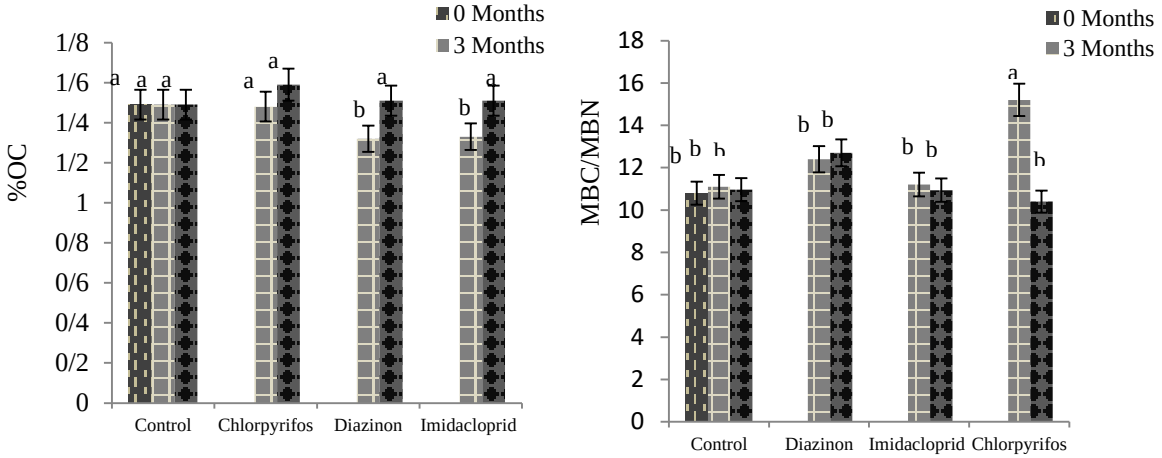
Figure 1. The Effect of various insecticides on the activity of soil dehydrogenase and urease enzymes activity during 3 and 6 months (The data of each treatment is the average of each time step, and the same letters above each column based on to Duncan, test means there was no significant difference at 1%



شکل۲- تأثیر حشره‌کش‌های مختلف بر فعالیت کربن زیتوده و نیتروژن زیتوده خاک در مدت ۳ و ۶ ماه (داده‌های هر تیمار میانگین هر مرحله‌ی زمانی است. حروف مشترک بالای هر ستون براساس آزمون دانکن فاقد اختلاف معنی‌داری (p≤۰/۰۱) هستند

Figure 2. The effect of various insecticides on the activity of soil Biomass carbon and Biomass nitrogen activity during 3 and 6 months (The data of each treatment is the average of each time step and the same letters above each column based on to Duncan, test means there was no significant difference at p≤0.01).

تیمار ایمیداکلوپرید پس از شش ماه بیشترین و تیمار دیازینون پس از سه ماه کمترین تأثیر منفی را بر کربن زیتوده خاک داشت که به ترتیب برابر با $mgC_{mic}.100g^{-1}$ ۱/۸۱ و $mgC_{mic}.100g^{-1}$ ۲/۱۹ بود. در تیمارهای دیازینون و ایمیداکلوپرید کربن زیتوده پس از شش ماه نسبت به مقدار سه ماه کاهش یافته بود ولی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و در تیمار کلروپیریفوس مقدار کربن زیتوده پس از شش ماه نسبت به مقدار سه ماه با وجود افزایش، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. تیمار کلروپیریفوس پس از سه ماه، بیشترین و دیازینون پس از سه ماه کمترین تأثیر منفی را بر نیتروژن زیتوده خاک داشت که به ترتیب برابر با $mgN_{mic}.kg^{-1}$ ۱/۱۹ و $mgN_{mic}.kg^{-1}$ ۱/۸ بود. در تیمار کلروپیریفوس نیتروژن زیتوده پس از شش ماه نسبت به مقدار سه ماه با وجود افزایش، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و در تیمار دیازینون نیتروژن زیتوده پس از شش ماه نسبت به مقدار سه ماه کاهش یافته بود ولی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین در تیمار ایمیداکلوپرید نیتروژن زیتوده پس از شش ماه نسبت به مقدار سه ماه تغییر معنی‌داری نداشت (شکل ۲).

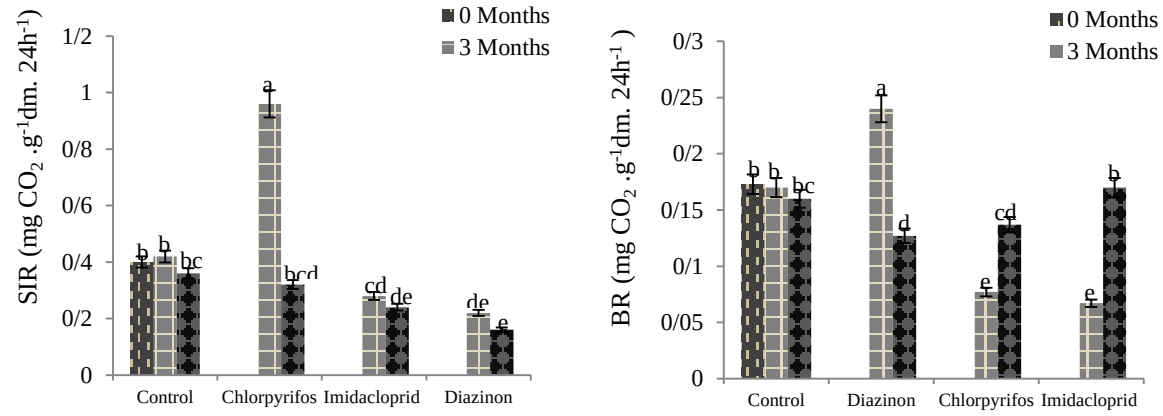


شکل۳- تأثیر حشره‌کش‌های مختلف بر نسبت کربن به نیتروژن زیتوده و کربن آلی خاک در مدت ۳ و ۶ ماه (داده‌های هر تیمار میانگین هر مرحله‌ی زمانی است و حروف مشترک بالای هر ستون براساس آزمون دانکن فاقد اختلاف معنی‌داری (p≤۰/۰۱) هستند).

Figure 3. The effect of various insecticides carbon to nitrogen ratio and soil organic carbon during 3 and 6 months (The data of each treatment is the average of each time step, and thesame letters above each column based on to Duncan, test means there was no significant difference at p≤0.01)

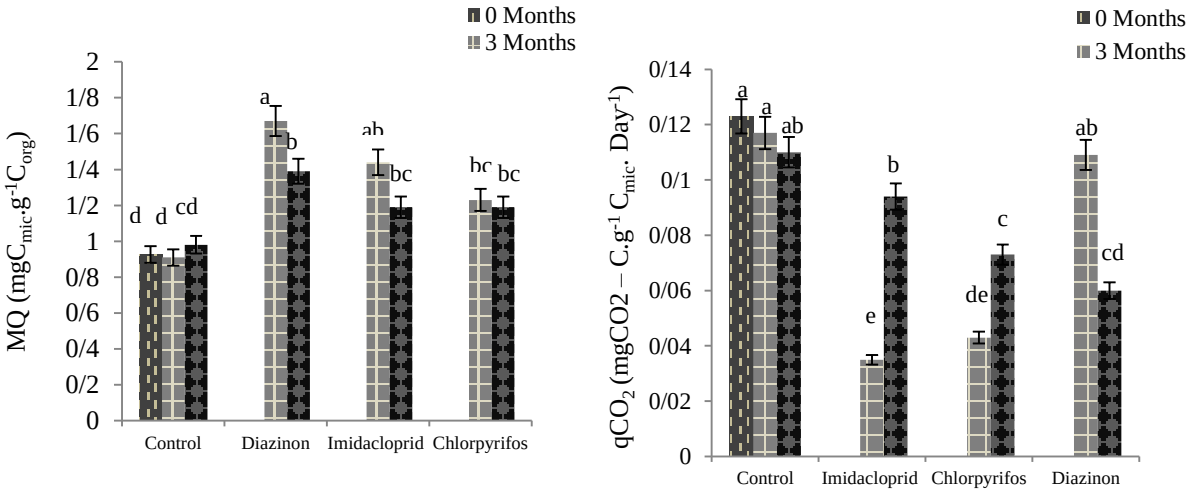
شکل ۳ با توجه به نتایج حاصل، تیمار کلروپیریفوس پس از شش ماه بیشترین و تیمار دیازینون پس از شش ماه کمترین تأثیر منفی را بر نسبت کربن به نیتروژن خاک داشت که به ترتیب برابر با ۱۰/۶ و ۱۲/۷ بود. در تیمار کلروپیریفوس نسبت کربن به نیتروژن پس از شش ماه نسبت به مقدار سه ماه کاهش معنی‌داری (p≤۰/۰۱) داشت و در تیمارهای دیازینون و ایمیداکلوپرید نسبت کربن به نیتروژن پس از شش ماه نسبت به مقدار سه ماه تغییری نداشتند. در تیمار دیازینون پس از سه ماه بیشترین و در تیمار کلروپیریفوس پس از شش ماه کمترین تأثیر منفی را بر درصد کربن آلی خاک به ترتیب برابر با ۱/۳۲٪ و ۱/۵۹٪ بود. در تیمارهای ایمیداکلوپرید و دیازینون مقدار کربن آلی پس از شش ماه نسبت به سه ماه افزایش یافته بود ولی این تفاوت معنی‌داری نبود و تیمار کلروپیریفوس مقدار کربن آلی پس از شش ماه نسبت به سه ماه تغییری نداشت. تیمار ایمیداکلوپرید پس از سه ماه بیشترین و دیازینون پس از سه ماه کمترین تأثیر منفی را بر تنفس پایه خاک داشت که به ترتیب برابر با $mg\ CO_2.g^{-1}.dm.\ 24h^{-1}$ ۰/۰۶۷ و $mgCO_2.g^{-1}.dm.\ 24h^{-1}$ ۰/۲۴ بود. در تیمار دیازینون تنفس پایه پس از شش ماه نسبت به مقدار سه ماه کاهش معنی‌داری (p≤۰/۰۱) داشت و تیمار ایمیداکلوپرید تنفس پایه پس از شش ماه نسبت به مقدار سه ماه افزایش معنی‌داری (p≤۰/۰۱) داشت و در تیمار کلروپیریفوس تنفس پایه پس از شش ماه نسبت به مقدار سه ماه افزایش یافته بود ولی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در تیمار دیازینون پس از شش ماه بیشترین و تیمار کلروپیریفوس پس از سه ماه کمترین

تأثیر منفی را بر تنفس برانگیخته خاک داشـــت که به ترتیب برابر با ۰/۱۶ mg $CO_2.g^{-1}.dm.\ 24h^{-1}$ و mg ۰/۹۶$CO_2.g^{-1}.dm.\ 24h^{-1}$ بـود. در تـیـمـارهـای کلروپیریفوس و ایمیداکلوپرید تنفس برانگیخته پس از شش ماه نسبت به مقدار سه ماه کاهش یافته بود ولی تفاوت معنی‌داری مشـــاهده نشـــد و در تیمار دیازینون تنفس برانگیخته پس از شش ماه نسبت به مقدار سه ماه کاهش معنی‌داری (p≤۰/۰۱) داشت (شکل ۴).



شکل۴- تأثیر حشره‌کش‌های مختلف بر تنفس پایه و برانگیخته خاک در مدت ۳ و ۶ ماه (داده‌های هر تیمار میانگین هر مرحله‌ی زمانی است و حروف مشترک بالای هر ستون براساس آزمون دانکن فاقد اختلاف معنی‌داری (p≤۰/۰۱) هستند).

Figure 4. The effect of various insecticides on the of soil basal respiration and substrate-induced respiration during 3 and 6 months (The data of each treatment is the average of each time step, and thesame letters above each column based on to Duncan, test means there was no significant difference at p≤0.01



شکل۵- تأثیر حشره‌کش‌های مختلف بر بهرهٔ متابولیکی و بهرهٔ میکروبی خاک در مدت ۳ و ۶ ماه (داده‌های هر تیمار میانگین هر مرحله‌ی زمانی است و حروف مشترک بالای هر ستون براساس آزمون دانکن فاقد اختلاف معنی‌داری (p≤۰/۰۱) هستند).

Figure 5. The effect of various insecticides on the of soil Metabolic quotient and Microbial quotient during 3 and 6 months (The data of each treatment is the average of each time step, and the same letters above each column based on to Duncan, test means there was no significant difference at p≤0.01)

شکل ۵ با توجه به نتایج حاصل، تیمار ایمیداکلوپرید پس از سه ماه بیشترین و دیازینون پس از سه ماه کمترین تأثیر منفی را بر بهرهٔ متابولیکی خاک داشت که به ترتیب برابر با ۰/۰۳۵ $mgCO_2.C.g^{-1}C_{mic}.h^{-1}$ و $mgCO_2.C.g^{-1}C_{mic}.h^{-1}$ ۰/۱۰۹ بود در تیمارهای کلروپیریفوس و ایمیداکلوپرید بهرهٔ متابولیکی پس از شش ماه نسبت به مقدار سه ماه افزایش معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) داشتند و در تیمار دیازینون بهرهٔ متابولیکی پس از شش ماه نسبت به مقدار سه ماه کاهش یافته بود ولی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در تیمار کلروپیریفوس پس از شش ماه بیشترین و دیازینون پس از سه ماه کمترین تأثیر منفی را بر بهرهٔ میکروبی خاک داشت که به ترتیب برابر با ۱/۱۹ $mgC_{mic}.g^{-1}C_{org}$ و ۱/۶۷ $mgC_{mic}.g^{-1}C_{org}$ بود. همچنین در تیمارهای ایمیداکلوپرید و دیازینون بهرهٔ میکروبی پس از شش ماه نسبت به مقدار سه ماه کاهش یافته بود ولی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در تیمار کلروپیریفوس بهرهٔ میکروبی پس از شش ماه نسبت به سه ماه تغییری نداشت.

نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد آفت‌کش‌ها فعالیت و جمعیت ریزجانداران خاکزی و شاخص‌های زیستی و اکوفیزیولوژیک خاک را کاهش داده است. همچنین نتایج نشان داد که تأثیر آفت‌کش‌ها بر ریزجانداران خاکزی متفاوت بوده است. از بین آفت‌کش‌های مورد استفاده در این تحقیق،کلروپیریفوس بیشترین و دیازینون کمترین تأثیر منفی را بر شاخص‌های اندازه‌گیری شده داشت. بیشترین تأثیر منفی آفت‌کش‌ها بر شاخص‌های آنزیم دهیدروژناز، بهرهٔ متابولیکی، تنفس برانگیخته و تنفس پایه بود. با توجه به این که همه شاخص‌های اندازه‌گیری شده (به جز شاخص‌های آنزیم اوره‌آز، بهرهٔ میکروبی، کربن زیتوده، نیتروژن زیتوده، نسبت کربن به نیتروژن زیتوده) پس از گذشت سه ماه نسبت به شاهد کاهش داشته و پس از شش ماه از زمان مصرف برخی از شاخص‌ها شامل آنزیم دهیدروژناز، آنزیم اوره‌آز، بهرهٔ متابولیکی، تنفس برانگیخته و تنفس پایه همچنان روند کاهشی را دارند.

فعالیت آنزیم دهیدروژناز نقش مهمی دراکسیداسیون زیستی ماده آلی خاک با انتقال پروتون‌ها و الکترون‌ها از سوبسترا به پذیرنده‌های الکترون ایفا می‌کند. فعالیت دهیدروژناز به عنوان شاخصی برای سیستم زیستی اکسایش و کاهش بوده و چون فقط در سلول‌های زنده میکروبی وجود دارد، نشانگر و مقیاس مناسبی برای فعالیت میکروبی و اندازه‌گیری شدت متابولیسم میکروبی در خاک محسوب می‌شود(Nannipieri *et al*., 2002). با توجه به (شکل ۱) می‌توان اظهار داشت که استفاده از این حشره‌کش‌ها در مدت سه ماه تغییرات فعالیت آنزیم دهیدروژناز خاک را به شدت کاهش داده است ولی پس از گذشت شش ماه از شروع آزمایش تغییرات فعالیت این آنزیم در تیمارها مجدداً افزایش یافته و حتی در مورد حشره‌کش کلروپیریفوس این افزایش چشمگیر بوده و تفاوت معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) نسبت به شاهد داشته است. نتایج مشابهی توسط (Kulbhaje *et al*., 2017) گزارش شده است.

فعالیت آنزیم اوره‌آز در (شکل ۱) نشان داد تغییرات فعالیت آنزیم اوره‌آز در تیمار ایمیداکلوپرید افزایش معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) نسبت به شاهد مشاهده شد و بقیه تیمارها با شاهد تفاوت معنی‌دار ندارند ولی پس از گذشت شش ماه از شروع آزمایش تغییرات فعالیت این آنزیم تیمارهای ایمیداکلوپرید و کلروپیریفوس مشابه شاهد بود و حشره‌کش دیازینون نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) داشته. این نتایج در تحقیقات (Franco-Andreu *et al*., 2016) و (Tejada *et al*., 2010) نیز حاصل شده است. احتمالاً کاهش فعالیت آنزیمی خاک به دلیل پوشش مواد آلی توسط آفت‌کش‌ها و ممانعت از دسترسی آنزیم به مواد آلی (سوبسترا) صورت می‌گیرد البته محققان دیگری نیز نشان داده‌اند که اگر آفت‌کش به کار رفته در خاک، توسط جمعیت میکروبی خاک تجزیه شود، افزودن این آفت‌کش موجب افزایش فعالیت زیستی خاک در میان مدت می‌شود. هرچند در ابتدا ممکن است کاهش فعالیت زیستی خاک مشاهده شود (Goswami *et al*., 2013). اثر مهارکنندگی آفت‌کش‌ها بر آنزیم‌ها به میزان مصرف این سموم بستگی دارد که باید به اندازه‌ای باشد که بتواند با مولکول‌های آنزیم‌ها واکنش دهد و نیز به مدت زمان ماندگاری و هم چنین ترکیب شیمیایی این مواد و ترکیبات سمی حاصل از تجزیه آنها وابسته است (Rahmansyah *et al*., 2009).

شاخص‌های زیستی برای سنجش کیفیت و سلامت خاک به کار گرفته می‌شوند. برخی از این شاخص‌ها از جمله کربن و نیتروژن زیتوده میکروبی، تنفس پایه و برانگیخته

نشان دهنده‌ی کمیت جامعه میکروبی خاک بوده و با افزایش جمعیت ریزجانداران خاکزی افزایش می‌یابند. برخی دیگر از شاخص‌ها از جمله بهرهٔ متابولیک و بهرهٔ میکروبی نشان دهنده‌ی کیفیت زیستی خاک می‌باشند. افزایش بهرهٔ متابولیک در یک خاک در اثر افزایش تنفس پایه یا کاهش کربن زیتوده میکروبی خاک مشاهده می‌گردد و بیانگر وجود تنش در اکوسیستم خاک می‌باشد؛ در این شرایط با وجود ثابت ماندن زیتوده میکروبی، تنفس میکروبی تشدید می‌شود (Nguyen *et al.*, 2016). مطابق (شکل ۲) می‌توان اظهار داشت که استفاده از این حشره‌کش‌ها در مدت سه و شش ماه کربن و نیتروژن زیتوده میکروبی در همه تیمارها با وجود افزایش، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ولی نیتروژن زیتوده در تیمار کلروپیریفوس پس از سه ماه کاهش یافته بود. دلیل افزایش زیتوده میکروبی احتمالاً مبنی بر استفاده قوام باکتری از ترکیبات ارگانوفسفره (دیازینون و کلروپیریفوس) هم به عنوان منبع کربن و هم به عنوان منبع فسفر می‌باشد (Sorouri Zanjani *et al*., 2009). این نتایج با تحقیق (Franco-Andreu *et al*., 2016) متناقض هست. بر طبق یک تحقیق دیازینون هیچ تأثیری روی برخی باکتری‌ها از جمله *Pseudomonas aeruginosa*، *Bacillus am - yloliquefaciens* و چند باکتری دیگر نداشته و این باکتری‌ها قادر به جذب سم دیازینون و شکستن ساختار مولکولی آن می‌باشند (Thabit & El-Naggar, 2013). سم دیازینون باعث افزایش برخی گروه‌های میکروبی در خاک نظیر قارچ‌ها، ازتوباکترها[1] و باکتری‌های رده اکتینومیست[2] می‌شود (Singh & Singh, 2005).

با توجه به (شکل ۳) استفاده از این حشره‌کش‌ها در مدت سه ماه نسبت کربن به نیتروژن زیتوده در تیمار کلروپیریفوس افزایش معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۱$) نسبت به شاهد مشاهده شد و بقیه تیمارها پس از گذشت شش ماه از شروع آزمایش مشابه شاهد بودند. در همین شکل ۳ کربن آلی در مدت سه ماه تیمارهای دیازینون و ایمیداکلوپرید کاهش یافته بود ولی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و حشره‌کش کلروپیریفوس مشابه شاهد بود ولی پس از گذشت شش ماه از شروع آزمایش حشره‌کش‌ها مشابه شاهد بودند. از این نتایج می‌توان چنین استنباط که رابطه بسیار مثبت و معنی‌داری بین فعالیت آنزیم اوره‌آز و کربن آلی خاک و همچنین کربن کل خاک وجود دارد. که این همبستگی مثبت ممکن است به دلیل وجود سطوح بالاتر زیست توده میکروبی و پایداری بیشتر اوره‌آز برون سلولی باشد که به کمک مولکول‌های هیومیک حاصل می‌گردد (Baligar *et al*., 2005). کاهش فعالیت زیستی و آنزیمی خاک در اثر تأثیر سوء آفت‌کش بر جمعیت میکروبی دخیل در چرخه نیتروژن، فسفر و گوگرد رخ می‌دهد (Tejada *et al*., 2015). در آفت‌کش‌هایی که ساختار مولکولی آنها حاوی عناصر کربن و نیتروژن است، این مواد در متابولیسم زیستی به عنوان منبع کربن و نیتروژن انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Briceno & Palma, 2007).

(شکل ۴) نشان داد که استفاده از این حشره‌کش‌ها در مدت سه ماه تنفس پایه در تیمار دیازینون افزایش معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۱$) نسبت به شاهد مشاهده شد و بقیه تیمارها نسبت به شاهد کاهش داشتند. ولی پس از گذشت شش ماه از شروع آزمایش تیمار ایمیداکلوپرید مشابه شاهد بود و بقیه تیمارها نسبت به شاهد کاهش داشتند. در همین شکل ۴ تنفس برانگیخته در مدت سه ماه تیمار کلروپیریفوس افزایش معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۱$) نسبت به شاهد مشاهده شد و بقیه تیمارها نسبت به شاهد کاهش داشت ولی پس از گذشت شش ماه از شروع آزمایش تنفس برانگیخته همه تیمارها نسبت به شاهد کاهش داشت. کاربرد حشره‌کش کلروپیریفوس تأثیر منفی بر ریزجانداران خاک و شاخص‌های اکوفیزیولوژیک خاک داشته که به دلیل تجزیه ضعیف آن توسط ریزجانداران خاکزی بوده است نیمه عمر کلروپیریفوس در خاک بیش از ۹۰ روز بوده است (Tejada *et al*., 2011). طبق تحقیقی، باکتری گرم منفی در مقابل کاربرد حشره‌کش ایمیداکلوپرید مقاوم‌تر از باکتری‌های گرم مثبت بودند (Cycon *et al*., 2013). محققان نشان داده‌اند که کاربرد آفت‌کش‌های بوتاکلور، ایمیداکلوپرید و کلروپیریفوس نه تنها فعالیت‌های میکروبی خاک را تحت تأثیر منفی قرار می‌دهد، بلکه موجب تأثیر منفی بر فون خاک از قبیل کرم خاکی می‌شود (Chen *et al*.,2014).

1. Azotobacteria

2. Actinomy cetes

(شکل ۵) نشان داد که استفاده از این حشره‌کش‌ها در مدت سه و شش ماه بهرهٔ متابولیکی در همه تیمارها کاهش داشت ولی فقط تیمار دیازینون پس از گذشت سه ماه از شروع آزمایش مشابه شاهد بود. در همین شکل ۵ بهرهٔ میکروبی در مدت سه و شش ماه در همه تیمارها افزایش یافته ولی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. این نتایج با تحقیق (Vischetti *et al*., 2008) متناقض هست. دیازینون به طور کلی بیش از ۵۰ درصد آن در مدت ۲ تا ۳ هفته اول تجزیه می‌شود (Rakhshani & Taheri, 1385). نیمه عمر کلروپیریفوس بین ۷ تا ۱۲۰ روز بوده و سرعت تجزیه آن در خاک بستگی به بافت، pH، دما، مقدار رطوبت، مقدار کربن آلی خاک و فرمولاسیون آفت‌کش دارد (Leoni *et al*., 1981). ممکن است جامعه تغییر یافته میکروبی نتواند همه وظایف عملکردی مربوط به کل ریزجانداران خاک را انجام بدهد (Giller *et al*.,1999) و در نتیجه باعث ایجاد اختلال در چرخه عناصر غذایی شوند و بنابراین انباشتگی ترکیب‌های آلی درخاک و کاهش اندوخته کربنی فراهم خاک رخ خواهد داد، در نتیجه بسیاری از ریزجانداران هتروتروفیک خاک با مشکل کمبود مواد غذایی روبرو شده و با کاهش فراوانی این باکتری‌ها، تجزیه مواد سمی در خاک کاهش می‌یابد و بدین ترتیب کیفیت اکوسیستم خاک کاهش خواهد یافت (Lock & Janssen, 2005).

نتیجه‌گیری کلی

شاخص‌های اکوفیزیولوژیک خاک بسیار حساس بوده و از طریق آنها می‌توان به میزان و نوع تغییرات در اکوسیستم خاک پی برد. به طور کلی نتایج نشان داد که در اثر کاربرد آفت‌کش‌ها، شاخص‌های زیستی شامل فعالیت آنزیم دهیدروژناز، بهرهٔ متابولیکی، تنفس پایه، تنفس برانگیخته و کربن آلی پس از گذشت سه ماه کاهش و شاخص‌های فعالیت آنزیم اوره‌آز، کربن زیتوده میکروبی، نیتروژن زیتوده میکروبی، نسبت کربن به نیتروژن زیتوده و بهرهٔ میکروبی خاک نسبت به شاهد افزایش داشت. مقایسه نتایج نشان داد که پس از گذشت سه ماه شاخص‌های مذکور نسبت به شاهد کاهش داشته و پس از شش ماه از زمان مصرف برخی از شاخص‌ها شامل فعالیت آنزیم دهیدروژناز، آنزیم اوره‌آز، بهرهٔ متابولیکی، تنفس برانگیخته و تنفس پایه همچنان روند کاهشی داشتند. همچنین نتایج نشان داد که در بین حشره‌کش‌های مورد استفاده در این تحقیق کلرپیریفوس بیشترین و دیازینون کمترین تأثیر منفی را بر شاخص‌های اندازه‌گیری شده داشته است. از بین شاخص‌های اندازه‌گیری شده، بیشترین تأثیر منفی آفت‌کش‌ها بر شاخص‌های آنزیم دهیدروژناز، بهرهٔ متابولیکی، تنفس برانگیخته و تنفس پایه بود. می‌توان نتیجه گرفت که بکارگیری حشره‌کش‌های دیازینون، کلروپیریفوس و ایمیداکلوپرید حداقل در کوتاه مدت تأثیر منفی بر شاخص‌های اکوفیزیولوژیک خاک دارد. همچنین حساس‌ترین شاخص‌ها در تعیین تأثیر منفی حشره‌کش‌ها بر جامعهٔ میکروبی خاک، فعالیت آنزیم دهیدروژناز، بهرهٔ متابولیکی، تنفس برانگیخته و تنفس پایه بود. اثر سموم بر فعالیت میکروبی و آنزیمی خاک بسیار متناقض است و روند یکسانی نشان نمی‌دهد. به نظر می‌رسد که اثر سموم بر فعالیت میکروبی به نوع سم، غلظت سم، مدت زمان سپری شده پس از مصرف، شکل مصرف سم، شرایط فیزیکی محیط و خصوصیات خاک (بافت، نوع رس، ترکیب جمعیت میکروبی و میزان ماده آلی) بستگی دارد.

سپاسگزاری

از دانشگاه محقق اردبیلی که امکانات انجام این پژوهش را فراهم نمودند تشکر و قدردانی می‌نمایم.

References

Ali Asgharzad N.1385. Laboratory methods in soil biology. *Tabriz University Publications*, 546p. (In Persian)

Austin A. T., Yahdjian L., Stark J. M., Belnap J., Porporato A., Norton U., and Schaeffer S. M. 2004. Water pulses and biogeochemical cycles in arid and semiarid ecosystems. *Oecologia*, 141(2): 221-235.

Bi J. L., and Toscano N. C. 2007. Current status of the greenhouse whitefly, Trialeurodes vaporariorum, susceptibility to neonicotinoid and conventional insecticides on strawberries in southern California. *Pest Management Science*, 63(8): 747-752.

Briceño G., Palma G., and Durán N. 2007. Influence of organic amendment on the biodegradation and movement of pesticides. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 37(3): 233-271.

Bhattacharya A., and Sahu S. K. 2013. A comparison of effect of dimethoate and imidacloprid on soil respiration (carbon dioxide evolution from soil). *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 3(6): 56-63.

Baligar V. C., Wright R. J., and Hern J. L. 2005. Enzyme activities in soil influenced by levels of applied sulfur and phosphorus. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36(13-14): 1727-1735.

Chen C., Wang Y., Zhao X., Wang Q., and Qian Y. 2014. Comparative and combined acute toxicity of butachlor, imidacloprid and chlorpyrifos on earthworm, Eisenia fetida. *Chemosphere*, 100: 111-115.

El Bakouri H., Morillo J., Usero J., and Ouassini A. 2008. Potential use of organic waste substances as an ecological technique to reduce pesticide ground water contamination. *Journal of Hydrology*, 353(3-4): 335-342.

Franco-Andreu L., Gómez I., Parrado J., García C., Hernández T., and Tejada, M. 2016. Behavior of two pesticides in a soil subjected to severe drought. Effects on soil biology. *Applied Soil Ecology*, 105: 17-24.

Gupta P .K . 2004. Soil, plant, water and fertilizer analysis. Agrobios. India.

Goswami M. R., Pati U. K., Chowdhury A., and Mukhopadhyay A. 2013. Studies on the effect of cypermethrin on soil microbial biomass and its activity in an alluvial soil. *international journal of agriculture and food science*, 3(1): 1-9.

Giller K. E., Witter E. E., and McGrath S. P. 1999. Assessing risks heavy metal toxicity in agricultural soils. *Human and Ecological Risk Assessment*, 5: 683-689.

Holvoe K. 2006. Monitoring and modeling the dynamic fate and behavior of pesticides in river systems at catchment scale. PhD thesis. Ghent University, Belgium, 242p.

Imani S. 2004. ASurvery on pesticides multi residue and multi class detection in selected vegetable. Ph.D. Thesis, Tehran Science and Research branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Jones Jr J. B. 2001. Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. *CRC press. LLC.U.S.*

Khodadadi M. A. R. Y. A. M., Samadi M. T., Rahmani A. R., Maleki R., Allahresani A., and Shahidi R. 2010. Determination of organophosphorous and carbamat pesticides residue in drinking water resources of Hamadan in 2007. *Iranian Journal of Health and Environment*, 2(4): 250-257.

Kulbhaje S., Shweta N., and Keshavkant S. 2017. Metalloid and insecticides-induced modifications in the key soil enzymes regulating biogeochemical cycling. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, 7(2): 52-61.

Liu B., Gumpertz M. L., Hu S., and Ristaino J. B. 2007. Long-term effects of organic and synthetic soil fertility amendments on soil microbial communities and the development of southern blight. *Soil Biology and Biochemistry*, 39(9): 2302-2316.

Leoni V. D'., Alessandro L.d., Merolli S., Hollick C., Collison R. 1981. The soil degradation of chlorpyrifos and the significance of its presence in the superficial water in Italy. Agrochimica (Italy)

Lock K., and Janssen C. R. 2005. Influence of soil zinc concentrations on zinc sensitivity and functional diversity of microbial communities. *Environmental Pollution*, 136(2): 275-281.

Mansourzadeh M., and Raiesi F. 2012. The effect of Eradican (EPTC) on microbial biomass C and N, and urease and arylsulphatase activities in a calcareous soil under field conditions. *JWSS-Isfahan University of Technology*, 16(59): 153-167.

Nelson D. W., and Sommers L. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter 1. *Methods of soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*, (methodsofsoilan2), 539-579.

Nannipieri P., Kandeler E., and Ruggiero P. 2002. Enzyme activities and microbiological and biochemical processes in soil. *Enzymes in the Environment. Marcel Dekker, New York*, 1-33.

Nguyen D. B., Rose M. T., Rose T. J., Morris S. G., and Van Zwieten L. 2016. Impact of glyphosate on soil microbial biomass and respiration: a meta-analysis. *Soil Biology and Biochemistry*, 92: 50-57.

Rahmansyah M., Antonius S., and Sulistinah N. 2009. Phosphatase and urease instability caused by pesticides present in soil improved by grounded rice straw. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, 4(2): 56-62.

Rakhshani A., and Taheri A. H. 1385. Principles of agricultural toxicology (volume ii of fungicides, bacteria and biological nematodes). *Publications Tehran Culture Comprehensive*, 446 p. (In Persian)

Rastgar M. A., and Mousavi M. R. 1376. Pesticides in agriculture, *Publications Barahmand Islamic Azad University, Varamin unit.*736 p. (In Persian)

Schinner F., Öhlinger R., Kandeler E., Margesin R. 2012. Methods in soil biology: *Springer Berlin Heidelberg.*

Singh J., and Singh D. K. 2005. Bacterial, azotobacter, actinomycetes, and fungal population in soil after diazinon, imidacloprid, and lindane treatments in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) fields. *Journal of Environmental Science and Health Part B*, 40(5): 785-800.

Saleh Zadeh A. 2006. Pesticide and how they work. *Published by Hamedan University of Medical Sciences of Hamedan*, 69-55. (In persian)

Sorouri Zanjani R., Mir-Esmaili S. M., Latifi A. M., and ValiPour E. 2009. Isolation and identification of a type strain bacteria with the highest ability to produce organophosphorus acid anhidrase. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*, 18(68): 19-26.

Tejada M., García C., Hernández T., and Gómez I. 2015. Response of soil microbial activity and biodiversity in soils polluted with different concentrations of cypermethrin insecticide. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 69(1): 8-19.

Tejada M., García-Martínez A. M., Gómez I., and Parrado J. 2010. Application of MCPA herbicide on soils amended with biostimulants: short-time effects on soil biological properties. *Chemosphere*, 80(9): 1088-1094.

Tejada M., Gómez I., and del Toro M. 2011. Use of organic amendments as a bioremediation strategy to reduce the bioavailability of chlorpyrifos insecticide in soils. Effects on soil biology. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 74(7): 2075-2081.

Thabit T. M. A. M., and El-Naggar M. A. H. 2013. Diazinon decomposition by soil bacteria and identification of degradation products by GC-MS. *Soil and Environment*, 32(2): 96-102.

Vischetti C., Monaci E., Cardinali A., Casucci C., and Perucci P. 2008. The effect of initial concentration, co-application and repeated applications on pesticide degradation in a biobed mixture. *Chemosphere*, 72(11): 1739-1743.

Vig K., Megharaj M., Sethunathan N., and Naidu R. 2003. Bioavailability and toxicity of cadmium to microorganisms and their activities in soil: a review. *Advances in Environmental Research*, 8(1): 121-135.

Effect of Diazinon, Chlorpyrifos and Imidacloprid Insecticides on some Biological Indices of Soil

Akhtar Eghtesadi[1], Akbar Ghavidel[2*], Ali Ashraf Soltani Toolarood[2], Meraj shareri[3]

(Received: May 2019 Accepted: November 2019)

Abstract

The excessive use of pesticides in recent years and their continuation in the future may have harmful effects on the microbial population of the soil, as an indicator of soil health and one of the main components of the environment. The purpose of this study was to investigate the effect of three mostly used insecticides (Diazinon, Chlorpyrifos and Imidacloprid) on ec-ophysiological and chemical indices of soil. The experiment was conducted as a factorial in a completely randomized design which included the pesticide factor at four levels (three insecticides plus control soil) and time factor at three levels (before, three months and six months after pesticide application). Concentrations of insecticides (0.1, 1 and 0.67) mg per kilogram of soil were used for imidacloprid, diazinon, and chlorpyrifos, respectively. Some biological and ec-ophysiological indices of the soil were measured at the beginning of the experiment, three and six months after the beginning of the experiment. The results showed that, the application effect of insecticides after three months affected the biological indices including dehydrogenase enzyme activity, metabolic quotient, basal respiration, substrate-induced respiration and also organic carbon decreased compared to the control -92.2%, -46.7%, -24.7%, 15.8% and -7.61%, respectively and urease enzymes activity, microbial biomass carbon, microbial biomass nitrogen, carbon to nitrogen ratio and soil microbial quotient increased compared to control 6.67%, 32.1%, 15.6%, 16.5% and 58.9. Also, the results showed that among the insecticides Chlorpyrifos and Diazinon had the highest and the least negative effect on the indices, respectively. The application of insecticides Diazinon, Chlorpyrifos and Imidacloprid at least in the short term, had a negative effect on soil ecophysiological indices and the most sensitive indices for determining the negative impact of insecticides on the soil microbial community were the dehydrogenase enzyme activity, metabolic quotient, substrate-induced respiration and basal respiration.

Keywords: Pesticides, Soil quality index, Soil enzymatic activity, Soil biological activity, Soil quality

Eghtesadi A., Ghavidel A., Ashraf Soltani Toolarood A. and shareri M.2021. Effect of Diazinon, Chlorpyrifos and Imidacloprid insecticides on some biological indices of soil. *Applied Soil Research*, 8(4):1-13.

1 .MSc. Graduate Soil Biology and Biotechnology college of Agriculture and Natural Resources of University Mohaghegh Ardabili
2. Associate professor, Department of Science and Engineering Soil college of Agriculture and Natural Resourcesof University Mohaghegh Ardabili
3. Assistant professor, Department Natural Resources college of Agriculture and Natural Resources of University Mohaghegh Ardabili
* Corresponding Author Email: Ghavidel@uma.ac.ir