

مقاله پژوهشی

حساسیت لاروهای دوبالان قارچ خوراکی به چهار حشره‌کش مجاز از گروه‌های مختلف در ایران

محبوبه میرزایی^۱، عزیز شیخی گرجان^{۲✉}، سلطان رون^۳، علی محمدی پور^۴، حسین خباز^۵، ابراهیم گیلانیان^۵

۱ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد حشره شناسی و دانشیار گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل؛ ۲، ۴ و ۵- به ترتیب دانشیار پژوهشی، مربی پژوهشی و استادیاران پژوهشی مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران (تاریخ دریافت: تیر ۱۳۹۹؛ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹۹)

چکیده

پشه سیارید *Lycoriella auripila* (Winnertz) (Diptera: Sciaridae) و مگس فورید *Megaselia halterata* (Wood) (Diptera: Phoridae) آفات عمده قارچ پرورشی *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach هستند. امروزه این آفات با حشره‌کش‌های شیمیایی کنترل می‌شوند، بررسی حساسیت آن‌ها به حشره‌کش‌های مجاز کشور امری ضروری است. در این مطالعه حساسیت لارو هر دو آفت به چهار حشره‌کش از گروه‌های مختلف شامل: پیری پروکسی فن و سیرومازین از تنظیم کننده‌های رشد حشرات (IGR)، تری کلرفن از گروه فسفره آلی و سایپرمتترین از گروه پایرتروئیدها ارزیابی شد. زیست سنجی لاروها در بستر کشت قارچ خوراکی انجام شد و LC_{50} بر اساس ظهور حشرات کامل محاسبه گردید. مقدار LC_{50} حشره-کش‌های پیری پروکسی فن، سیرومازین، سایپرمتترین و تری کلرفن روی لارو سیارید به ترتیب ۱/۴۶، ۳۱/۱۵، ۴۷/۹۶ و ۱۰۳/۸ و روی لارو فورید به ترتیب ۷/۲۵، ۱۸۹/۶، ۶۹/۹۶ و ۸۶/۸ میلی‌گرم بر لیتر بر اساس ماده مؤثره تعیین شد. بر اساس نتایج به دست آمده حشره‌کش پیری پروکسی فن روی لارو هر دو آفت بیشترین سمیت را دارد.

واژه‌های کلیدی: سیارید، زیست سنجی، فورید، IGR

Susceptibility of mushroom dipteran larvae to four different groups of registered insecticides in Iran

M. MIRZAEI¹, A. SHEIKHIGARJAN^{2✉}, S. RAVAN³, A. MOHAMADIPOUR⁴, H. KHABBAZ⁵, E. GILASIAN⁵

1 and 3, MSc student and Associate Professor of Plant Protection Department, Agriculture Faculty, Zabol University; 2, 4 and 5, Research Associate Professor, Instructor and Assistant Professors, Department of Agricultural Entomology, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

Abstract

Lycoriella auripila (Winn.) (Diptera: Sciaridae) and *Megaselia halterata* (wood.) (Diptera: Phoridae) are major pests of cultivated mushroom, *Agaricus bisporus* (Lge.) Imbach. They are controlled by chemical insecticides. It is necessary to study the toxicity of insecticides against the dipteran pests of mushrooms. This research investigated the toxicity of four commercial insecticides against the larval stage of the pests including pyriproxyfen and cyromazine from insect growth regulator group (IGR_s), trichlorfon and cypermethrin from organophosphorus and pyrethroid groups respectively. The insecticides bioassay with sciarid and phorid larvae were conducted in the growing medium of mushroom. Insecticide treatments were incorporated into growing medium. The LC_{50} values of the insecticides were determined by emerged adults. The values of LC_{50} against the sciarid larvae for pyriproxyfen, cyromazine, cypermethrin and trichlorfon were 1.46, 31.15, 47.96 and 103.8 and for phorid larvae 7.25, 189.65, 69.96 and 86.8 mg ai/L respectively. Pyriproxyfen was more toxic insecticide on larvae of both the pests.

Keyword: Bioassay, IGR, Phorid, Sciarid

مقدمه

در حال حاضر برای تولید قارچ دکمه‌ای سرمایه‌گذاری عظیمی در مناطق مختلف کشور انجام شده است. ایران رتبه هفتم را در تولید قارچ خوراکی در دنیا دارد و سالانه بیش از ۱۶۰ هزار تن قارچ خوراکی در کشور تولید می‌شود. بر اساس نتایج حاصل از سرشماری در سال ۱۳۹۶، ۱۶۱۳ واحد پرورش قارچ خوراکی در سطح کشور وجود داشته و استان‌های البرز، اصفهان، تهران، خوزستان و چهارمحال بختیاری به ترتیب رتبه‌های اول تا پنجم را در سطح کشور به خود اختصاص داده‌اند (Marzban et al., 2018).

پشه سیارید (*Lycoriella auripila* (Diptera: Sciaridae) و مگس فورید (*Megaselia halterata* (wood) (Diptera: Phoridae) آفت عمده قارچ‌های پرورشی *bisporus* (Lange) Imbach و یک تهدید دائمی برای تولید موفق قارچ‌های تجاری در سراسر جهان است (Fletcher and Gaze, 2008; Richardson and Grewal, 1991). لارو پشه سیارید به محصول قارچ خوراکی خسارت مستقیم وارد می‌کند و با تغذیه از کمپوست، میسلیم و اسپروفرورها سبب کاهش کمی و کیفی محصول می‌شود، لارو فورید نیز تنها از میسلیم قارچ خوراکی (میسلیم خوار اجباری)^۱ تغذیه می‌کند و با دفع فضولات، مانع استقرار میسلیم‌ها در کمپوست شده و از این طریق موجب کاهش شدید راندمان تولید قارچ می‌گردد (Fletcher and Gaze, 2008; Greenslade and Clift, 2004; Hussey and Gurney, 1968; white, 1987). همچنین حشرات بالغ حامل بیماری‌های قارچی و باکتریایی، نماتدها و کنه‌ها می‌باشند (Clancy, 1979; Clift, 1979; Wetzal, 1981). آستانه خسارت مگس فورید ۱۴ تا ۱۷ لارو در ۳۰ گرم کمپوست می‌باشد و آستانه اقتصادی لارو پشه سیارید صفر است. بنابراین وجود حتی یک لارو در محیط پرورش قارچ مستلزم کنترل است (Kielbasa and Snetsinger, 1980; Scheepmaker et al., 1997; White, 1986).

کنترل شیمیایی بخشی از استراتژی کنترل تلفیقی آفات می‌باشد (Shamshad, 2010). عموماً مگس‌ها در سالن‌های پرورش به وسیله حشره‌کش‌ها کنترل می‌شوند (Bartlett and Keil, 1997; Smith, 2002). در هر کشوری تعداد اندکی حشره-کش برای استفاده در پرورش قارچ به ثبت رسیده است، ولی همین تعداد کم به دفعات زیاد استفاده می‌شود و همین امر موجب شده که گزارش‌هایی از مقاومت این آفات به گروه‌های مختلف حشره‌کش‌ها از جمله حشره‌کش‌های فسفره آلی ثبت شود (Shamshad, 2010). افزایش قابل توجهی از مقاومت به دیازینون در جمعیت‌های این حشرات در انگلستان گزارش شده است (Smith and White, 1996; Smith, 2004).

این آفات نخستین بار توسط طالبی و همکاران (Talebi et al., 2003) در سال ۱۳۸۲ از ایران گزارش شد. متأسفانه در ایران اغلب سالن‌های پرورش قارچ خوراکی آلوده به هر دو آفت مذکور بوده (Talebi et al., 2003) و پژوهش‌های جامع در زمینه کارایی حشره‌کش‌های شیمیایی مجاز کشور علیه این آفات انجام نشده است (Shirvani-Farsani et al., 2013).

تحقیق حاضر با هدف بررسی خاصیت لاروکشی حشره‌کش‌های مجاز کشور در بستر کشت قارچ خوراکی انجام شد تا حشره‌کش‌هایی موثر در کنترل شیمیایی لارو مشخص شود و آنهایی که مشکلات زیست محیطی کمتری داشته و سازگار با مدیریت تلفیقی آفات (IPM) هستند در سالن پرورش توصیه شود. در مطالعه حاضر زیست‌سنجی لارو پشه سیارید و مگس فورید به چهار گروه از حشره‌کش‌های مختلف شامل: پیری پروکسی فن (شبه هورمون جوانی) و سیرومازین (ممانعت‌کننده سنتز کتین) هر دو از تنظیم‌کننده‌های رشد حشرات (IGR)، و دو حشره‌کش عصبی، تری-کلرفن و سایپرترین به ترتیب از گروه فسفره آلی و پایرتروئیدها ارزیابی شد.

¹ Feeder Obligate Mycelial

مواد و روش‌ها

حشره‌کش‌ها

در این آزمایش از چهار نوع حشره‌کش تجاری شامل تری‌کلرفن (SP 800 ساخت شرکت جینگبو، چین) از گروه بازدارنده‌های استیل‌کولین استراز (فسفره‌آلی) (IRAC-1B)، سایپرمترین (EC 400 ساخت شرکت گل سم گرگان، ایران) از گروه پایرتروئیدها (IRAC-3A)، سیرومازین (WP 750 ساخت شرکت سینجتا) از گروه مختل‌کننده‌های پوست‌اندازی در دوبالان (IRAC-17) و پیری‌پروکسی فن (EC100 ساخت شرکت سومیتومو، ژاپن) از گروه تنظیم‌کننده رشد حشرات (IRAC-7C) علیه لارو پشه سیارید و مگس فورید استفاده شد.

پرورش حشره و قارچ دکمه‌ای

برای پرورش قارچ دکمه‌ای از ظروف یک بار مصرف استوانه‌ای به ارتفاع ۸ و قطر ۱۵ سانتی‌متر استفاده شد و کمپوست پاستوریزه و بذرکاری شده شرکت قارچ بیتا به داخل آنها ریخته شد تا جایی که دو سوم از آن ظرف پر شود (۳۰۰ گرم). برای تهیه هوا در داخل بستر کشت درب ظروف به قطر ۷ سانتی‌متر سوراخ گردید و روی آن با توری ریز پوشانده شد. در ادامه برای آلوده سازی بستر کشت قارچ، تعداد ۲۰ عدد حشره نر و ماده از سالن‌های پرورش قارچ بیتا جمع‌آوری و به داخل هر یک از ظروف رهاسازی شدند. زمان رهاسازی پشه سیارید و مگس فورید روی بستر کشت ۷ روز قبل از خاک‌دهی انجام شد. سپس ظروف به داخل سالن اسپان دوانی با شرایط دمایی 25 ± 2 درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی 80 ± 5 درصد و تاریکی مطلق منتقل گردید. حشرات بعد از ۲۴ ساعت تخم‌ریزی با اسپیراتور حذف شدند.

زیست سنجی لارو

آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. سمیت حشره‌کش‌ها علیه لارو سن دوم پشه سیارید و مگس فورید درون همان ظرف‌های پرورش لارو (۸×۱۵ سانتی‌متر) تحت شرایط دمایی 25 ± 2 درجه‌ی

سلسیوس، رطوبت نسبی 80 ± 5 درصد و در تاریکی انجام شد.

برای زیست سنجی، از فرمولاسیون تجارتي حشره‌کش‌ها استفاده شد، ابتدا غلظت‌های مقدماتی بین ۱۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر از هر یک حشره‌کش‌ها تهیه و آزمایش شد. سپس برای هر یک از حشره‌کش‌های مورد آزمایش حداقل ۶ غلظت در دامنه غلظت ۲۰-۸۰ درصد تلفات برای زیست سنجی نهایی انتخاب شدند

ظرف‌های پرورش لاروها یک روز قبل از خاک‌دهی (در مرحله سن دوم لاروی) محلول پاشی شدند. برای این منظور با استفاده از سمپاش هیدرولیک دستی، ۱۵ میلی‌لیتر از غلظت‌های مختلف حشره‌کش‌ها، روی ظرف پرورش لارو سمپاشی شد. حجم محلول سمپاشی به نحوی تنظیم گردید که محلول سم در کف ظرف پرورش جمع نشود و تیمار شاهد نیز فقط با آب مقطر سمپاشی گردید. سپس تله چسبان زرد رنگ در ابعاد 5×10 سانتی‌متر در هر یک از ظرف‌ها قرار داده شد تا حشرات بالغ ظاهر شده جذب کارت‌های زرد شوند. تعداد حشرات بالغ فورید و سیارید در هر ظرف به ترتیب بعد از ۱۰ و ۱۸ روز پس از تیمار کردن به وسیله کارت زرد شمارش شد (Shirvani et al., 2013). برای محاسبه درصد تلفات لاروها برای هر تیمار با استفاده از فرمول شرح داده شده توسط ارلر و همکاران (Erler et al., 2009 a, b) محاسبه شد:

$$E(\%) = \left[\frac{Y - X}{Y} \right] \times 100$$

در این رابطه E: درصد تلفات لاروها، X: تعداد کل حشرات کامل ظاهر شده در هر یک از غلظت‌های حشره‌کش‌ها، Y: تعداد کل حشرات بالغ ظاهر شده در شاهد به منظور تعیین غلظت‌های کشنده‌ی ۵۰ درصد حشره‌کش‌های مختلف (LC₅₀) و آنالیز داده‌ها از نرم افزار and Excel SAS-probit و PoloPlus برای رسم نمودار از نرم افزار Excel استفاده شد.

لارو کشی کمتری نسبت به سه حشره‌کش اخیر روی لارو فورید داشت (جدول ۲).

این تحقیق نشان داد که لاروهای سیارید به حشره‌کش‌های سایپرمتزین (۴۷/۹۶ میلی‌گرم بر لیتر)، پیری پروکسی فن (۱/۴۶ میلی‌گرم بر لیتر) و سیرمازین (۳۱/۱۵ میلی‌گرم بر لیتر) حساسیت بیشتری نسبت به لاروهای فورید (مقدار LC_{50} سایپرمتزین، پیری پروکسی فن و سیرومازین به ترتیب ۶۹/۹۶، ۷/۲۵ و ۱۸۹/۶۵ میلی‌گرم بر لیتر) دارند و در مورد تری کلروفن این وضعیت برعکس است به طوری که مقدار LC_{50} تری کلروفن روی لارو فورید ۸۶/۸ میلی‌گرم بر لیتر و روی لارو سیارید ۱۰۳/۸ میلی‌گرم بر لیتر است. بررسی معنی دار بودن خطوط زیست‌سنجی به روش نسبت دز کشندگی ۵۰ و ۹۰ درصد تلفات (R_{LDs}) (Lethal Dose Ratios) نشان داد که این اختلاف‌ها تنها در حشره‌کش‌های سایپرمتزین و پیری پروکسی فن و سیرمازین معنی دار است. به عبارت دیگر سمیت سه حشره‌کش اخیر روی لارو سیارید به صورت آماری بیشتر از فورید است و حشره‌کش تری کلروفن خاصیت سمی یکسانی ($R_{LD50}=0.88-1.67$) و برای هر دو گونه دارد زیرا بین حد بالا

ارزیابی حساسیت و درصد تلفات لارو سن دوم، با گذاشتن کارت‌های چسبان زرد رنگ به منظور ظهور حشرات بالغ و مقایسه آن با تیمار شاهد انجام گرفت. مقدار LC_{50} حشره‌کش‌های پیری پروکسی فن، سیرومازین، سایپرمتزین و تری کلروفن روی لارو سیارید به ترتیب ۱/۴۶، ۳۱/۱۵، ۴۷/۹۶ و ۱۰۳/۸ و روی لارو فورید به ترتیب ۷/۲۵، ۱۸۹/۶۵، ۶۹/۹۶ و ۸۶/۸ میلی‌گرم بر لیتر بر اساس ماده موثره تعیین شد. بر اساس نتایج به دست آمده، حشره‌کش پیری پروکسی فن (۱/۴۶ میلی‌گرم بر لیتر) بیشترین سمیت را روی لارو سن دوم سیارید دارد و پس از آن حشره‌کش‌های سیرومازین (۳۱/۱۵ میلی‌گرم بر لیتر) و سایپرمتزین (۴۷/۹۶ میلی‌گرم بر لیتر) بیشترین سمیت را دارند. همچنین حشره‌کش تری کلروفن در مقایسه با حشره‌کش‌های فوق خاصیت لارو کشی کمتری داشت (جدول ۱). زیست‌سنجی لاروهای سن دوم حشرات فورید نشان داد که حشره‌کش پیری پروکسی فن (۷/۲۵ میلی‌گرم بر لیتر) بیشترین سمیت را دارد و پس از آن سایپرمتزین (۶۹ میلی‌گرم بر لیتر) و تری کلروفن (۸۶/۸ میلی‌گرم بر لیتر) بیشترین سمیت را دارند و حشره‌کش سیرومازین خاصیت

جدول ۱- نتایج آزمون زیست‌سنجی حساسیت لارو سیارید به حشره‌کش‌های مورد آزمایش.

Table 1. Susceptibility of sciarid larvae to tested insecticides.

Insecticides	df	Slope \pm SE	LC_{50} (CL95%) mg/L	LC_{90} (CL95%) mg/L	X^2	Pr
Cypermethrin	8	0.86 \pm 0.08	47.96(37.41-61.75)	1475.2(789.6-3703.2)	3.66	0.88
Cyromazine	4	0.64 \pm 0.07	31.15(21.09-45.6)	3000(1301.2-10656)	4.49	0.6
Pyriproxyfen	4	0.73 \pm 0.07	1.46(0.82-2.29)	81.62(47.4-170.1)	2.75	0.6
Trichlorfon	12	0.91 \pm 0.06	103.8(83.04-127.02)	2611.2(1753.6-4393.6)	6.63	0.88

df = degrees of freedom; X^2 = chi-square goodness of fit test; Pr: Probability goodness of fit tests

جدول ۲- نتایج آزمون زیست‌سنجی حساسیت لارو فورید به حشره‌کش‌های مورد آزمایش.

Table 2: Susceptibility of phorid larvae to tested insecticides.

Insecticides	df	Slope \pm SE	LC_{50} (CL95%) mg/L	LC_{90} (CL95%) mg/L	X^2	Pr
Cypermethrin	13	1.4 \pm 0.15	69.96(58.8-81.5)	717.6(512-1103.6)	3.57	0.96
Cyromazine	13	1.35 \pm 0.1	189.65(161.91-217.05)	1674(1288.5-2372.25)	12.96	0.46
Pyriproxyfen	8	0.74 \pm 0.07	7.25(5.46-10.1)	309.1(148.5-904.9)	2.82	0.8
Trichlorfon	16	0.91 \pm 0.06	86.8(69.31-105.48)	2180.8(1583.2-3263.2)	14.5	0.56

df = degrees of freedom; X^2 = chi-square goodness of fit test; Pr: Probability goodness of fit tests

و پایین نسبت دزهای کشندگی (RLDs) عدد یک وجود دارد (جدول ۳ و شکل ۱). مقایسه خطوط زیست‌سنجی چهار حشره‌کش روی لاروهای فوریده و سیاریده نشان داد که حشره‌کش پیری پروکسی فن تنها حشره‌کشی است که با خطوط زیست‌سنجی سه حشره‌کش دیگر سایپرمترین (۱/۱-۲/۴)، تری‌کلروفن (۱/۲۵-۲/۵۶) و سیرمازین (۰/۲-۰/۷) اختلاف معنی‌داری دارد و این اختلاف در سطح R_{LD50} برای هر دو گونه معنی‌دار است. حشره‌کش تری‌کلروفن برای هر دو گونه و دارای سمیت یکسانی می‌باشد اختلاف معنی‌داری نداشته وجود عدد یک در سطح $R_{LD90}=0/67-2/25$

و مشاهده نمودارها موید برابر بودن خطوط زیست‌سنجی تری‌کلروفن برای دو گونه آفت فوق می‌باشد (شکل ۱). حشره‌کش سایپرمترین در سطح R_{LD50} بین دو گونه معنی‌دار است ($R_{LD50}=0/5-0/96$) یعنی حشره‌کش سایپرمترین برای لارو سیارید (۴۷/۹۶) دو برابر سمی‌تر از لارو فورید (۸۶/۹۶) است (جدول ۳). وجود اختلاف معنی‌دار ($R_{LD50}=0/07-0/1$) در مقادیر LC_{50} های سیرومازین در دو گونه و عدم وجود اختلاف معنی‌دار آنها ($R_{LD90}=0/8-7/19$) در مقادیر LC_{90} نشان از حساسیت مشابه لاروهای سیارید (۳۱/۱۵) و فورید (۱۸۹/۶۵) به این حشره‌کش IGR است.

جدول ۳- مقایسه خطوط زیست‌سنجی لاروهای فوریده و سیاریده با حشره‌کشها به روش نسبت دز کشندگی ۵۰ و ۹۰ درصد تلفات (LDR).

Table 3. Bioassay lines of sciarid and phorid larvae with the insecticides by Lethal Dose Ratio at the concentration of 50% and 90% mortality

larvae	Lethal Dose Ratio (LDR)	Pyriproxyfen (Sciaridae)	Cypermethrin (Sciaridae)	Trichlorfon (Sciaridae)	Cyromazine (Sciaridae)
Pyriproxyfen (Phoridae)	R_{LD50}	(0.28-0.87)	(1.1-2.4)	(1.25-2.56)	(0.2-0.7)
	R_{LD90}	(0.091-0.82)	(0.3-4) ¹	(0.37-2.88) ¹	(0.39-6.3) ¹
Cypermethrin (Phoridae)	R_{LD50}	(0.12-0.35)	(0.5-0.96)	(0.55-1) ¹	(0.1-0.3)
	R_{LD90}	(0.17-0.77)	(0.68-4.1) ¹	(0.7-2.6) ¹	(0.6-6) ¹
Trichlorfon (Phoridae)	R_{LD50}	(0.2-0.5)	(0.8-1.6) ¹	(0.88-1.67) ¹	(0.2-0.5)
	R_{LD90}	(0.15-0.6)	(0.6-3.5) ¹	(0.67-2.25) ¹	(0.6-5.7) ¹
Cyromazine (Phoridae)	R_{LD50}	(0.07-0.19)	(0.29-0.53)	(0.3-0.55)	(0.07-0.17)
	R_{LD90}	(0.2-0.8)	(0.8-4.3) ¹	(0.8-2.77) ¹	(0.8-7.19) ¹

If the 95% confidence interval of Lethal Dose Ratios includes 1, then the LDs are not significantly different.

در حال حاضر مستنداتی در مورد استفاده از این حشره‌کش روی هر دو آفت موجود نیست. نتایج آزمایش ارلر و همکاران (Erlar *et al.*, 2011) نشان داد پیری پروکسی فن هنگامی که به صورت تیمار خیس کننده در خاک پوششی استفاده شد یکی از موثرترین تنظیم کننده‌های رشد در کنترل لارو پشه سیارید *Lycoriella ingenua* بود و ظهور حشرات بالغ را تا ۸۲ درصد کاهش داد. نتایج پژوهش حاضر نیز ثابت کرد که این حشره‌کش به خوبی لارو سیارید را کنترل می‌کند. در ارتباط با اثر پیری پروکسی فن روی لارو فورید گزارشی ثبت نشده است، اما نتایج زیست‌سنجی حاضر بیان می‌کند که حشره‌کش مذکور می‌تواند از جمله حشره‌کش‌های موثر علیه لارو فورید باشد (جدول ۱ و ۲).

بحث

در حال حاضر در ایران هیچ نوع حشره‌کشی به صورت رسمی برای کنترل مگس‌های قارچ خوراکی به ثبت نرسیده است. در مطالعات انجام شده توسط بابر و همکاران (Babar *et al.*, 2012, 2014)، اثر حشره‌کش تری‌کلروفن با دز ۶/۸ میلی لیتر در لیتر روی خاک پوششی جهت کنترل لارو پشه سیارید *L. auripila* و مگس فورید *M. halterata* نشان داد که می‌تواند در حدود ۸۰ درصد جمعیت لارو پشه سیارید و مگس فورید را کاهش دهد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج سایر محققین، متفاوت است زیرا سطح سمپاشی تفاوت داشت، ایشان محلول سم را در خاک پوششی استفاده کرده‌اند در حالی که سمپاشی در این تحقیق روی کمپوست انجام شده است (Babar *et al.*, 2012, 2014).

در یک مطالعه، مقدار LC_{50} حشره‌کش سایپرمتترین روی لارو پشه سیارید (*Bradysia odoviphaga* (Dip: Sciaridae) را $44/42$ میلی گرم بر لیتر گزارش شده و به‌عنوان یک حشره‌کش مؤثر برای کنترل *B. odoviphaga* معرفی شده است (Tiancong et al., 2006). نتایج زیست‌سنجی سایپرمتترین روی لارو دوبالان قارچ خوراکی با پژوهش اخیر مطابقت دارد. در مجموع سایپرمتترین روی لارو هر دو آفت در مقایسه با سایر تیمارها اثر سمی متوسطی دارد.

در حال حاضر مالاتیون، دلتامترین، سیرومازین، دیفلوبنزورون، تریفلومرون و آزادیراختین و نماتد بیمارگر حشرات *Steinernema feltiae* از حشره‌کش‌های مجاز برای کنترل پشه‌های سیارید در اروپا می‌باشد (Shamshad, 2010; Navarro et al., 2014; Fletcher and Gaze, 2008). نتایج حشره‌کش‌های دیفلوبنزورون، اسپینوساد، Bt علیه دوبالان قارچ خوراکی توصیه شده است دو حشره‌کش اخیر از حشره‌کش‌های بیورشنال هستند (Marzban et al., 2018). نتایج زیست‌سنجی حاضر نشان داد که می‌توان از چهار حشره‌کش به ترتیب اولویت پیری پروکسی فن، سیرومازین، سایپرمتترین و تری کلرفن در بستر کشت روی لارو سیارید استفاده کرد، اما برای لاروهای فورید حشره‌کش‌های پایروپروکسی فن، سایپرمتترین و تری کلرفن توصیه می‌شود.

در حال حاضر مالاتیون، دلتامترین، سیرومازین، دیفلوبنزورون، تریفلومرون و آزادیراختین و نماتد بیمارگر حشرات *Steinernema feltiae* از حشره‌کش‌های مجاز برای کنترل پشه‌های سیارید در اروپا می‌باشد (Shamshad, 2010; Navarro et al., 2014; Fletcher and Gaze, 2008). نتایج حشره‌کش‌های دیفلوبنزورون، اسپینوساد، Bt علیه دوبالان قارچ خوراکی توصیه شده است دو حشره‌کش اخیر از حشره‌کش‌های بیورشنال هستند (Marzban et al., 2018). نتایج زیست‌سنجی حاضر نشان داد که می‌توان از چهار حشره‌کش به ترتیب اولویت پیری پروکسی فن، سیرومازین، سایپرمتترین و تری کلرفن در بستر کشت روی لارو سیارید استفاده کرد، اما برای لاروهای فورید حشره‌کش‌های پایروپروکسی فن، سایپرمتترین و تری کلرفن توصیه می‌شود.

در پایان می‌توان نتیجه‌گیری کرد که لزوم کنترل باقیمانده سموم در مواد غذایی از طریق اجرای برنامه‌های پایش منظم دوره-ای مواد غذایی، آموزش به تولیدکنندگان و توسعه عملی برنامه-های مدیریت تلفیقی آفات و بیماری‌ها می‌تواند گامی مؤثر در دستیابی به امنیت غذایی محسوب شود (Cheraghi et al., 2013; Emamjomeh et al., 2013; Sobhanardakani et al., 2014). با توجه به اینکه قارچ خوراکی در فضای بسته تولید شده و در تمام فصول سال به بازار عرضه می‌شود و طول دوره پرورش آن کوتاه است و بافت قارچ دکمه‌ای حالت اسفنجی دارد، بهتر است در اولویت اول از عوامل بیولوژیک مانند Bt.

در یک مطالعه، مقدار LC_{50} حشره‌کش سایپرمتترین روی لارو پشه سیارید (*Bradysia odoviphaga* (Dip: Sciaridae) را $44/42$ میلی گرم بر لیتر گزارش شده و به‌عنوان یک حشره‌کش مؤثر برای کنترل *B. odoviphaga* معرفی شده است (Tiancong et al., 2006). نتایج زیست‌سنجی سایپرمتترین روی لارو دوبالان قارچ خوراکی با پژوهش اخیر مطابقت دارد. در مجموع سایپرمتترین روی لارو هر دو آفت در مقایسه با سایر تیمارها اثر سمی متوسطی دارد.

خیس کردن خاک پوششی با حشره‌کش سیرومازین بیشتر از دیفلوبنزورون روی پشه سیارید *L. auripila* مؤثر بوده است و تعداد لاروهای سیارید را در خاک پوششی کاهش می‌دهد (White, 1988). همچنین، کاربرد این حشره‌کش به‌طور جداگانه در کمپوست قبل از اسپان دوانی نشان داد که استفاده از این حشره‌کش در کمپوست در مقایسه با خاک پوششی کارایی بیشتری دارد و می‌تواند ظهور حشرات کامل *L. auripila* را در نسل اول تا ۷۹ درصد کاهش داد (White, 1997). مقدار دز کننده حشره‌کش سیرومازین علیه لارو سن سوم پشه سیارید *Lycoriella ingenua* در خاک پوششی $148/43$ میلی‌گرم ماده مؤثره در متر مربع گزارش شده است، همچنین او نشان داد که سیرومازین بعد از حشره‌کش تریفلومرون بیشترین تأثیر را علیه لارو *L. ingenua* دارد (Shamshad et al., 2008). نتایج اخیر با نتایج این تحقیق به دلیل تفاوت در روش کار و گونه حشره قابل مقایسه نیست. با این حال اختلاط سیرومازین در خاک پوششی در مقایسه با کمپوست چندان رضایت بخش نیست و اثر کنترلی کمتری دارد. جذب سیرومازین به‌وسیله ذرات خاک و تثبیت آن می‌تواند از عوامل کاهش کارایی کاربرد سیرومازین در خاک پوششی باشد (Lewis et al., 2020). در مجموع، مقایسه نتیجه این آزمایش با سایر پژوهش‌ها نشان می‌دهد که سیرومازین علیه پشه سیارید به ویژه هنگامی که در کمپوست استفاده شود مؤثر است و از آنجایی که سیرومازین بر علیه لارو دوبالان مقاوم به حشره‌کش‌های معمولی بسیار مؤثر هستند

ضروری است کارایی حشره‌کش‌های معدنی و سایر عوامل بیولوژیک مانند نماتدهای بیمارگر حشرات روی دوبالان قارچ خوراکی بررسی شود.

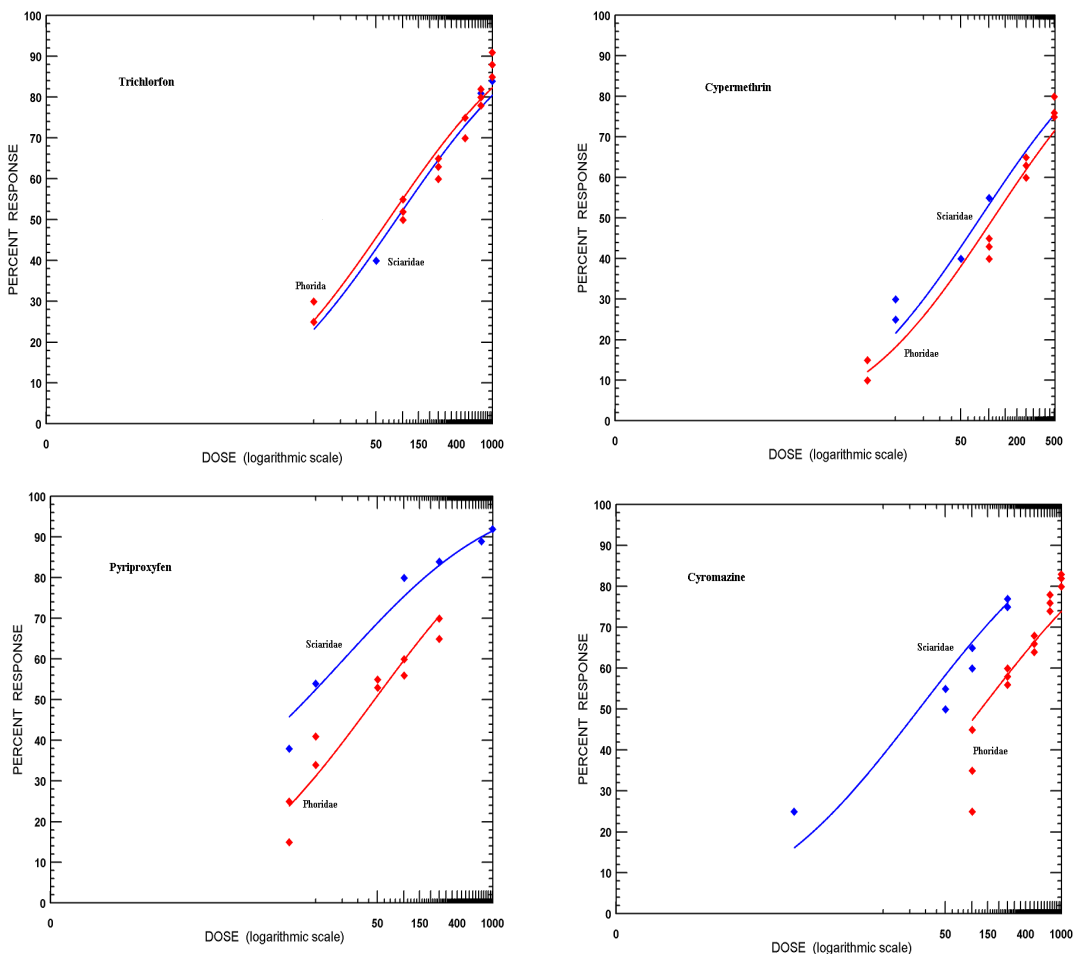
سپاسگزاری

بدین وسیله نگارندگان از جناب آقای دکتر محمدحسن افشار رییس وقت انجمن پرورش دهندگان قارچ خوراکی به جهت در اختیار گذاشتن اطلاعات و تجربیات شان و فراهم نمودن امکانات لازم برای آزمایش صمیمانه تقدیر و تشکر می‌نمایند.

اسپینوساد (Marzban *et al.*, 2018) و حشره‌کش‌های شیمیایی کم خطر مانند پیری پروکسی فن، سیرومازین، دیفلوبنزورون استفاده نمود و در شرایطی که تراکم جمعیت حشرات بالغ زیاد است، از حشره‌کش‌های شیمیایی مانند سایپرمترین و تری کلرفن استفاده شود. زیرا کاربرد مداوم حشره‌کش‌ها با نحوه تأثیر مشابه و یا از یک گروه، حساسیت دوبالان را نسبت به آفت‌کش‌ها کاهش داده و موجب می‌شود که تولیدکنندگان قارچ خوراکی برای کنترل جمعیت آفات از غلظت‌های بالاتر در چندین نوبت سم‌پاشی استفاده کنند، که این امر منجر به افزایش باقیمانده سموم در قارچ خوراکی می‌شود. در آینده

شکل ۱- خطوط زیست‌سنجی لاروهای سیاریده و فوریده به تفکیک هر یک از حشره‌کش‌ها مورد آزمایش.

Fig 1: Bioassay lines of sciarid and phorid larvae with each tested insecticides.



References

- BABAR, M. H., M. ASHFAQ, M. AFZAL, M. H. BASHIR and M. A. ALI. 2012. Efficacy of different insecticides against mushroom phorid Fly, *Megaselia halterata* (Wood) in Punjab, Pakistan. *Journal of Biodiversity and Conservation*, 4: 183-188.
- BABAR, M. H., M. ASHFAQ, M. AFZAL, M. H. BASHIR and M. A. ALI. 2014. Efficacy of different insecticides against mushroom sciarid Fly, *Lycoriella auripila* in Punjab, Pakistan. *Pakistan Journal of Nutrition*, 13: 50-55.
- BARTLETT, G. R. and C. B. KEIL. 1997. Identification and characterization of a permethrin resistance mechanism in the fungus gnat *Lycoriella mali* (Fitch) (Diptera: Sciaridae). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 58: 173-181.
- CHERAGHI, M., N. MARDOKH ROHANI and B. LORESTANI. 2013. Evaluation of heavy metal concentration in compost, soil cover and button mushroom in Kurdistan greenhouses. *Journal of Food Hygiene*, 2: 81-104.
- CLANCY, G. 1981. Observations of mites associated with the low yielding crops of cultivated *Agaricus bisporus* in Australia. *Mushroom Science*, 11: 233-244.
- CLIFT, A. D. 1979. The identity, economic importance and control of insect pests of mushrooms in New South Wales, Australia. *Mushroom Science*, 2: 367-383.
- EMAMJOMEH, L., S. IMANI and F. VARASTEHEH. 2013. Determination of diazinon and endosulfan residue mushroom (*Agaricus bisporus*). *Journal of Applied Microbiology in Food Industry*, 2: 1-6.
- ERLER, F., E. POLAT, H. DEMIR, M. CATAL and T. ERDEMIR. 2009a. Control of the mushroom phorid fly, *Megaselia halterata* (Wood), with plant extracts. *Pest Management Science*, 65: 144-149.
- ERLER, F., E. POLAT, H. DEMIR, M. CATAL and T. ERDEMIR. 2009b. Evaluation of microbial products for the control of the mushroom phorid fly, *Megaselia halterata* (Wood). *Journal of Entomological Science*, 44: 89-97.
- ERLER, F., E. POLAT, H. DEMIR, M. CATAL, and G. TUNA. 2011. Control of mushroom sciarid fly *Lycoriella ingenua* populations with insect growth regulators applied by soil drench. *Journal of Economic Entomology*, 104: 839-844.
- FLETCHER, J. T. and R. H. GAZE. 2008. *Mushroom Pest and Disease Control*. Manson Publishing, London, 192p.
- GREENSLADE, P. and CLIFT, A. 2004. Review of pest arthropods recorded from commercial mushroom farms in Australia. *Australasian Mycologist*, 23:77-93.
- HUSSEY, N. W. and B. GURNEY. 1968. Biology and control of the sciarid *Lycoriella auripila* Winn. (Diptera: Lycoriidae) in mushroom culture. *Annals of Applied Biology*, 62:395-403.
- JACEWICZ, D. J. and E. BYKOWSKA. 1989. Effect of some IGR insecticides on mushroom mycelial growth. *Mushroom Science*, 12: 877- 882.
- KIELBASA, R. D. and R. J. SNETSINGER. 1980. Life history of a sciarid fly, *Lycoriella mali*, and its injury threshold on the commercial mushroom. *Agricultural Experiment Station Bulletin*, 833:14 p.
- LEWIS, K.A., A. GREEN, J. TZILIVAKIS, and D., WARNER. 2020. The Pesticide Properties DataBase (PPDB) Developed by the Agriculture & Environment Research Unit. University of Hertfordshire. Retrieved January 6, 2020, from https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/atoz_insect.htm
- MARZBAN, R., A. SHAIKHI GARJAN, M. MIRZAY, A. MOHAMMADIPOOR, E. GILASIAN, R. ESLAMIZADEH, and H. KHABAZ. 2018. Evaluation of the efficacy of *Bacillus thuringiensis* in the biological control of Dipteran pests of mushroom in the laboratory and the farm. *Bio Control in Plant Protection*, 5: 55-63.
- NAVARRO, M. J., J.CARRASCO and F. J. ANDGEA. 2014. Chemical and biological control of diptera in

- Spanish mushroom crops. Proceedings of the 8th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products, 549-556.
- RICHARDSON, P. N. and P. S. GREWAL. 1991. Comparative assessment of biological (Nematoda: *Steinernema feltiae*) and chemical methods of control for the mushroom fly, *Lycoriella auripila* (Diptera: Sciaridae). *Biocontrol Science and Technology*, 1: 217-228.
- SCHALPFER, T., T. COTTI and J. L. MOORE. 1986. Cyromazine, a new insect growth regulator for leafminer control. Proceedings of the British Crop Protection Conference-Pests and Diseases, 1: 123-128.
- SCHEEPMAKER, J. W. A., F. P. GEELS, P. H. SMITS and L. J. L. D. VANGRIENSVEN. 1997. Location of immature stage of the mushroom insect pest *Megaselia halterata* in mushroom growing medium. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 83: 323-327.
- SHAMSHAD, A. 2010. The development of integrated pest management for the control of mushroom sciarid flies, *Lycoriella ingenua* (Dufour) and *Bradysia ocellaris* (Comstock), in cultivated mushrooms. *Pest Management Science*, 66: 1063-1074.
- SHAMSHAD, A., A. D. CLIFT and S. MANSFIELD. 2008. Toxicity of six commercially formulated insecticides and biopesticides to third instar larvae of mushroom sciarid, *Lycoriella ingenua* Dufour (Diptera: Sciaridae), in New South Wales, Australia. *Australian Journal of Entomology*, 47: 256-260.
- SHIRVANI-FARSANI, N., A. A. ZAMANI, S. ABBASI, and K. KHERADMAND. 2013. Toxicity of three insecticides and tobacco extract against the fungus gnat, *Lycoriella auripila* and the economic injury level of the gnat on button mushroom. *Journal of Pest Science*, 1-7.
- SMITH, J. E. 2002. Dimilin resistance in mushroom sciarids. *Mushroom Journal*, 656: 15.
- SMITH, J. E. 2004. An Integrated Pest and Disease Management System against Mushroom Sciarid. Retrieved January 22, 2019, from <http://www2.warwick.ac.uk/fac/sci/whri/research/mushroompests/ipmsciarids.pdf>
- SMITH, J. E. and P. F. WHITE. 1996. Diazinon resistance in mushroom pests. *HDC Project News*, 36: 12-15.
- SOBHANARDAKANI, S., S. SADRI and S. JAMEHBOZORGI. 2014. Evaluation of organophosphorus pesticide diazinon residue in greenhouse crops using spectrophotometry (Case Study: Mushroom). *Journal of Food Hygiene*, 3: 73-88.
- TALEBI, A. A., A. A. ZAMANY and E. MOHAMMADI GOLTAPEH. 2003. Identification and description of some injurious dipterous pest of button mushroom (*Agaricus bisporus*) in karaj. *Applied Entomology and Phytopathology*, 71: 91-102.
- TIANCONG, Y., Y. LEI, X. TING, N. HONG TAO and L. WANCHUN. 2006. Efficacy of Chlorpyrifos-Cypermethrin 50% EC to *Bradysia odoriphaga*. *Journal Pesticide Science and Administration*. Abstract:http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDOTAL-NYKG200605009.htm>
- WETZEL, H. A. 1981. Integrated pest management. *Mushroom News*, 29: 29-33.
- WHITE, P. F. 1986. The effect of sciarid larvae (*Lycoriella auripila*) on cropping of the cultivated mushroom (*Agaricus bisporus*). *Annals of Applied Biology*, 109: 11-17.
- WHITE, P. F. 1987. The mushroom pest complex – its affect on yield and quality. Proceedings of the International Symposium on the Scientific and Technical Aspects of Cultivating Edible Fungi, University Park, Pennsylvania, 301-310.
- WHITE, P. F. 1988. The potential of cyromazine for mushroom pest control. Brighton Crop Protection Conference, Pests and Diseases, 1: 193-198.
- WHITE, P. F. 1997. The use of chemicals, antagonists, repellents and physical barriers for the control of *Lycoriella auripila* (Diptera: Sciaridae), a pest of the cultivated mushroom *Agaricus bisporus*. *Annals of Applied Biology*, 131: 29-42.