تحقیقات آفات گیاهی
۱۴۰۰ -۱۱(۳):۷۱ -۸۱

علمی پژوهشی

تاثیر امواج فراصوت روی زنبور پارازیتوئید *Telenomus busseolae* (Hym.: Plathygasteridae) به منظور امکان به کارگیری تلفیقی آنها علیه کرم‌ساقه‌خوار نیشکر در شرایط آزمایشگاهی

حمزه آگاه‌منش[۱]، علی رجب‌پور[۱*]، فاطمه یاراحمدی[۱] و افروز فارسی[۲]

۱- دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، اهواز، ایران، ۲- مرکز تحقیق و آموزش توسعه نیشکر خوزستان، اهواز ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۷/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۹/۲۲)

چکیده

زنبور پارازیتوئید *Telenomus busseolae* Gahan (Hymenoptera: Plathygasteridae) به صورت وسیع برای کنترل زیستی کرم ساقه‌خوار نیشکر *Sesamia cretica* Led. (Lepidoptera: Noctuidae) که آفت کلیدی نیشکر در استان خوزستان است، به کار می‌رود. با توجه به رشد سریع جمعیت کرم ساقه خوار نیشکر، کارایی این زنبور پارازیتوئید در برخی فصل‌ها کافی نیست. بررسی‌های قبلی بیانگر پتانسیل بالای کنترل فیزیکی کرم ساقه خوار نیشکر با استفاده از امواج فراصوت بوده است. در این پژوهش، تاثیر امواج موثر روی کرم ساقه‌خوار نیشکر و قدرت پارازیتیسم، نسبت جنسی و الگوی پراکنش زنبور پارازیتوئید *T. busseolae* در آزمایش‌های غیرانتخابی و تحت شرایط آزمایشگاهی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که امواج فراصوت با بسامد ۳۷/۵ کیلوهرتز و با شکل موج سینوسی تاثیر معنی‌داری روی میزان پارازیتیسم این زنبور پارازیتوئید در طول روزهای مختلف که در معرض امواج بودند، نداشتند. تیمار زنبورها توسط امواج فراصوت مذبور در طول چهار نسل، نسبت جنسی زنبورها را به‌صورت معنی‌داری تحت تاثیر قرار نداد. بررسی الگوی پراکنش زنبورها زمانی که در معرض امواج فراصوت بودند نشان داد که الگوی پراکنش آنها مانند شاهد (بدون در معرض قرار گرفتن امواج فراصوت) و به‌صورت تصادفی است. در مجموع، نتایج مطالعه حاضر بیانگر عدم درک امواج فراصوت اشاره شده توسط زنبورهای *T. busseolae* بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که کنترل فیزیکی کرم ساقه‌خوار نیشکر با امواج فراصوت با بسامد ۳۷/۵ کیلوهرتز و شکل موج سینوسی هیچ اثر منفی روی کنترل زیستی زنبور پارازیتوئید *T. busseolae* نداشته و به‌احتمال می‌توان از این دو روش سازگار در کنترل تلفیقی کرم ساقه خوار نیشکر استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: پارازیتسیم، کنترل فیزیکی، کنترل زیستی، مدیریت تلفیقی آفات

* نویسنده مسئول: a_rajabpour2000@yahoo.com; rajabpour@asnrukh.ac.ir

مقدمه

قند یک محصول با ارزش نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) به‌شمار می‌رود. تقریباً بیش از ۷۰ درصد قند تولیدی دنیا از نیشکر و بقیه از چغندرقند حاصل می‌شود. (Karimi *et al.*, 2008). این گیاه به غیر از تولید شکر، فرآورده‌هایی از قبیل باگاس داردکه می‌توان از آن به‌عنوان سوخت، ماده اولیه کاغذ و نئوپان و اصلاح‌کننده خاک استفاده کرد. مهم‌ترین تولیدات نیشکر شامل ملاس ، الکل و اسیدهای مختلف است. درضمن، کاربرد آن به‌عنوان اصلاح کننده اراضی و خوراک دام در دنیا معمول است. از برگ‌ها و سرشاخه‌های نیشکرعلوفه مناسبی به‌صورت تازه و به شکل سیلو در اختیار دام قرار می‌گیرد (Paturau, 1989). استان خوزستان مهم‌ترین منطقه کشت این گیاه در ایران است (Hamdi, 2016).

در بین آفات نیشکر، کرم ساقه‌خوار نیشکر *Sesamia cretica* Led. (Lepidoptera: Noctuidae) بیشتر از سایر آفات در کاهش محصول از نظر کمی و کیفی نقش دارد. لاروهای این آفت از جوانه‌ی انتهایی و میان‌گره ساقه-های جوان در اوایل کشت و همچنین، از میان‌گره نی‌های قابل آسیاب از زمان داشت تا هنگام برداشت، تغذیه می‌نمایند. نسل‌های سوم و چهارم آفت که مصادف با پایان رشد رویشی و شروع رسیدن نیشکر است، به نقطه رشد گیاه خسارت وارد می‌کند و باعث پوسیدگی آن شده و رشد طولی ساقه را مختل و منجر به رشد جوانه‌های جانبی می‌شوند (Askarianzadeh *et al*., 2008).

یکی از راه‌های اصلی مبارزه با کرم ساقه‌خوار نیشکر، مبارزه زیستی تلقیحی با استفاده از رهاسازی زنبور پارازیتوئید *Telenomus busseolae* Gahan (Hymenoptera: Platygastridae) است (Jamshidnia *et al.*, 2010). به-دلیل مشکلات روش‌های کنترل کرم ساقه‌خوار و با وجود فعالیت قابل توجه زنبور پارازیتوئید *T. busseolae* در مزارع نیشکر خوزستان هنوز خسارت آفت قابل توجه است (Jamshidnia *et al.*, 2010). به‌دلیل قدرت تولیدمثلی بالای ساقه خوار، جمعیت این آفت به‌طور تصادفی افزایش می‌یابد؛ بنابراین، می‌بایست به‌منظور کنترل تلفیقی آن از روش‌های مختلفی استفاده نمود. یکی از روش‌های بالقوه در کنترل فیزیکی، استفاده از امواج فراصوت (التراسونیک[1]) و بررسی اثر طول موج‌های مختلف این امواج بر چرخه زندگی آفت و امکان دورکنندگی آن است. با توجه به اندام‌های تخصصی شنوایی در بالپولکداران به ویژه خانواده Noctuidae به نظر می‌رسد یکی از روش‌های مناسب برای کنترل تلفیقی کرم ساقه‌خوار نیشکر، استفاده از امواج فراصوت باشد (Salehi *et al.*, 2016). بررسی‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که شب‌پره‌های نوکتوئید قادر به شنیدن امواج فراصوت با بسامدهای بین ۲۰ تا ۵۰ کیلوهرتز هستند (Lapshin and Federova, 1996). بررسی‌های قبلی نشان داد که امواج فراصوت در بسامد ۳۷/۵ کیلوهرتز ماهیت دورکنندگی معنی‌داری برای شب‌پره‌ها داشته و تاثیر منفی چشم‌گیری روی دوره‌ی رشدی و زادآوری مراحل نابالغ و بالغ ساقه خوار دارند (Agah-Manesh *et al.*, 2021). با توجه به استفاده وسیع از کنترل زیستی این آفت توسط زنبور *T. busseolae* در کنترل کرم ساقه‌خوار نیشکر، لازم است سایر روش‌های کنترلی با به کارگیری این زنبور سازگار باشند. به همین منظور، در این مطالعه تاثیر امواج فراصوت موثر روی کرم ساقه‌خوار نیشکر در بسامد موج موثر (بسامد ۳۷/۵ کیلوهرتز) روی رفتار و زندگی زنبور پارازیتوئید *T. busseolae* مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

پرورش حشرات

برای پرورش زنبور پارازیتویید *T. busseolae* از میزبان طبیعی آن یعنی تخم‌های ساقه‌خوار نیشکر استفاده شد. پرورش ساقه خوار نیشکر با استفاده از روش رنجبر اقدم (Ranjhbar-Aghdam 1999) انجام شد. برای این منظور، لاروهای این آفت از سطح مزارع نیشکر ایستگاه شماره یک موسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان، جمع‌آوری شدند. ساقه‌هایی که جوانه انتهایی آنها

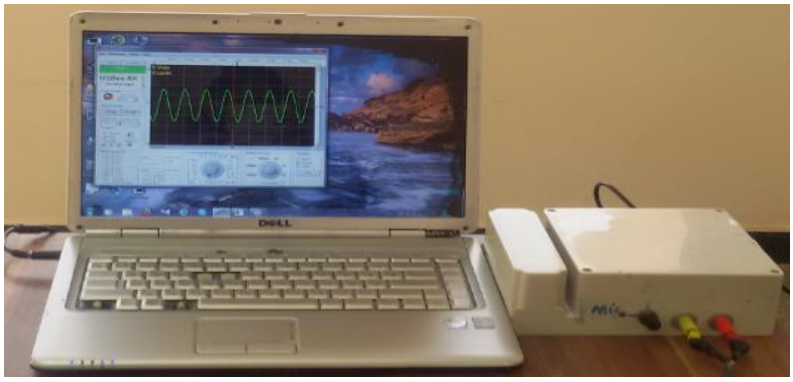
[1]. Ulterasonic

خشک شده و یا سوراخی در ساقه آنها وجود داشت، برای جمع‌آوری لاروهای آفت مورد بررسی قرار گرفتند. ساقه‌ها در مرحله بعد شکافته و لاروها از درون آن‌ها خارج شدند. برای پرورش، لاروهای سنین ۴ و ۵ جمع‌آوری شدند تا مدت زمان کمتری را برای تبدیل شدن به شفیره طی نمایند. لاروها پس از انتقال به آزمایشگاه موسسه تحقیقات و آموزش نیشکر و صنایع جانبی خوزستان، با استفاده از رژیم غذایی طبیعی (ساقه نیشکر داخل ظروف پلاستیکی استوانه‌ای با ارتفاع ۲۵ و قطر ۱۶ سانتی‌متر) تغذیه و نگهداری شدند. پس از طی مرحله لاروی، شفیره‌ها بر مبنای درزهای تناسلی، تفکیک جنسی شده و در ظروف پلاستیکی استوانه‌ای مجزا، با قطر ۱۰ و ارتفاع ۵ سانتی‌متر نگهداری شدند. پس از خروج شب‌پره‌های بالغ، آن‌ها را در ظروف پلاستیکی با ارتفاع ۲۵ و قطر ۱۶ سانتی‌متر قرار داده تا جفت‌گیری و تخم‌ریزی نمایند. روزانه تعدادی سرنی نیشکر (قسمت انتهایی ساقه نیشکر) به منظور تخم‌ریزی در اختیار شب‌پره‌های موجود در ظروف پلاستیکی مذکور قرار داده شد. ظروف پلاستیکی حاوی آفت داخل ژرمیناتور و در دمای ۱±۲۷ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۰ درصد و دوره روشنایی: تاریکی ۱۶ : ۸ ساعت نگهداری شدند.

کلنی اولیه زنبور از دسته‌های تخم پارازیته شده ساقه‌خوار نیشکر از مزارع نیشکر جمع‌آوری شدند. در آزمایشگاه تخم‌های ساقه‌خوار با عمر کمتر از ۲۴ ساعت در اختیار زنبورهایی که به تازگی از تخم‌های پارازیته شده خارج شده‌اند، قرار گرفتند. برای تخم‌ریزی زنبورها، تخم‌های آفت با استفاده از محلول آب عسل ۱۴ درصد روی نوارهایی از هیدروفلوم (از جنس پلی‌استر) با ابعاد ۲×۱۵ سانتی‌متر چسبانده و در اختیار زنبورها قرار داده شدند. نوارهای حامل تخم‌های آفت همراه با زنبورها درون لوله‌های شیشه‌ای استوانه‌ای به طول ۱۷ و قطر ۳ سانتی‌متر نگهداری شدند. درب لوله‌های استوانه‌ای به‌وسیله گلوله‌های پنبه‌ای مسدود شد. به‌منظور تغذیه زنبورهای بالغ، از تکه‌های کاغذ صافی آغشته به محلول آب عسل ۲۰ درصد استفاده شد. لوله‌های شیشه‌ای حاوی زنبور و تخم ساقه‌خوار در دمای ۱ ± ۲۸ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ±۶۰ درصد و دوره روشنایی: تاریکی ۱۶: ۸ ساعت در ژرمیناتور نگهداری شدند.

دستگاه تولید کننده امواج صوتی و فراصوتی نشان‌دهنده سیگنال‌های صوتی محیطی

از دستگاه طراحی‌شده توسط سهیلی پور و رجب‌پور و با مشارکت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان و شرکت رباتیک اهواز برای تولید امواج صوتی با بسامد و شکل موج معین و همچنین، نشان دادن سیگنال‌های صوتی محیطی استفاده شد (Salehi *et al.*, 2016) (شکل ۱).

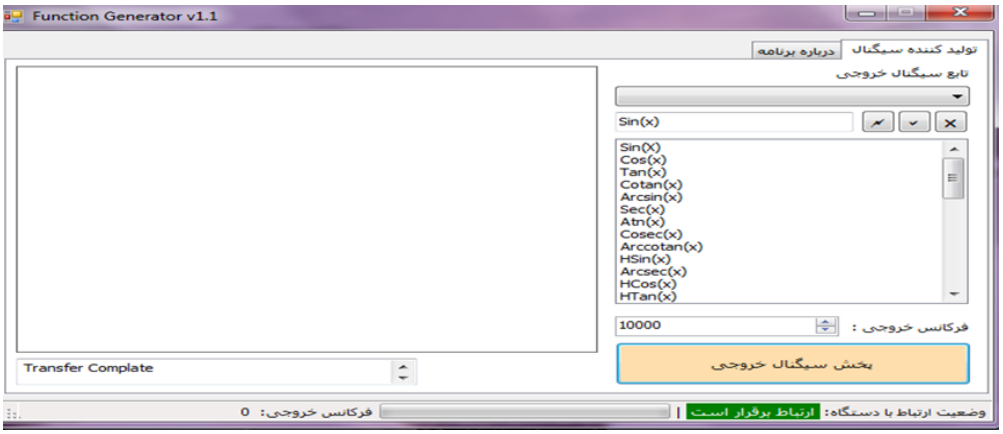


شکل ۱- دستگاه فراصوت و رایانه ارتباط دهنده.

Figure 1. The ultrasound generator device and intermediate computer.

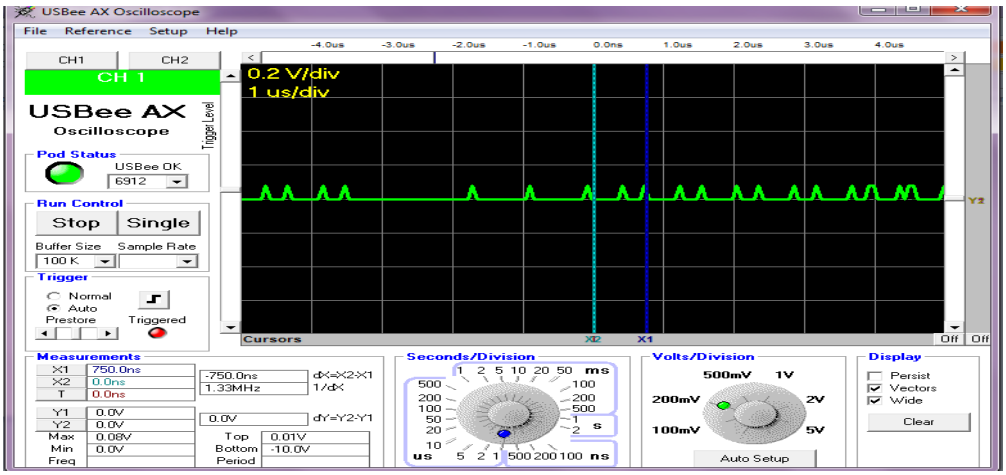
مجموعه مولد سیگنال و نمایش‌دهنده امواج صوتی خود شامل دو بخش سخت‌افزاری و نرم افزاری است. دستگاه مولد صوتی بعد از دریافت داده‌های سیگنال از نرم افزار واسط، شروع به پردازش داده‌ها می‌نماید و با توجه به بسامد مورد

نظر، سطح سیگنال و همچنین بسامد آن را تنظیم و توسط یک مبدل دیجیتال به آنالوگ، خروجی خود را تبدیل به سیگنال پیوسته آنالوگ با قابلیت گسیل امواج فراصوت می‌نماید. برای راه‌اندازی طبقه خروجی و ترانس‌دوسر خروجی، مدار تقویت‌کننده نهایی در نظر گرفته شده است که توانایی تحویل توان ۵۰ وات به بار ۴ اهمی (که در نمونه اولیه یک بلندگو با پهنای باند ۵۰ کیلوهرتز می‌باشد) را دارد. بخش نمایش‌دهنده سیگنال محیطی به واسطه برد اسیلوسکوپ و مدار راه‌اندازی میکروفن خازنی خود، توانایی نمایش سیگنال محیطی را روی کامپیوتر به وسیله نرم‌افزار واسط خود دارد. نرم افزار واسط کاربری دستگاه توسط زبان *C#* نوشته شده است و بدون نیاز به تنظیمات اولیه با دستگاه ارتباط برقرار می‌کند. دستگاه از طریق واسط USB به کامپیوتر و نرم افزار مربوطه وصل شده و تبادل داده می‌نماید. دو نرم‌افزار به کار برده شده با نام‌های Function Generator نسخه 1.1 و USBee AX Osciloscope به ترتیب برای ارتباط رایانه واسط با بخش مولد امواج صوتی و بخش نمایش‌دهنده سیگنال محیطی دستگاه طراحی شد (شکل‌های ۲ و ۳).



شکل ۲- نرم افزار Function Generator نسخه۱-۱

Figure 2. Function Generator software version 1.1



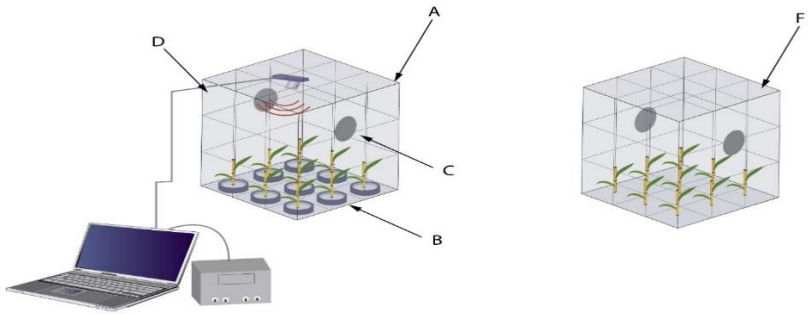
شکل ۳- نرم افزارUSBee AX Osciloscope

Figure 3. Software of USBee AX Osciloscope

با استفاده از این دستگاه می‌توان هر بسامد فروصوتی تا فراصوتی در گستره ۲ الی ۱۰۰۰۰۰ هرتز و هر تابع که بیانگر شکل‌موج معینی است را انتخاب نمود. نرم افزار طراحی شده، به پژوهشگر این امکان را می‌دهد که بسامد و شکل موج خروجی را به راحتی تنظیم نماید (Salehi *et al.*, 2016).

بررسی اثرات امواج فراصوت بر میزان پارازیتیسم زنبورهای *T. busseolae*

برای انجام این آزمایش‌ها تعداد ۳۰ زنبور ماده به طور تصادفی از نسل‌های جمع‌آوری شده از مزرعه (F0) انتخاب شد و تخم‌های میزبان برای پارازیتیسم در اختیار آنها قرار داده شد. به محض ظهور زنبورهای پارازیتویید این نسل‌ها، به آنها به مدت ۲۴ ساعت اجازه جفت‌گیری داده شد و پس از آن ماده‌ها به صورت تصادفی انتخاب شده و به طور جداگانه در لوله‌های شیشه‌ای آزمایش با قطر۳ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر قرار داده و درون لوله کاغذ صافی حاوی محلول آب عسل ۲۰٪ به ابعاد ۱/۵×۱/۵ سانتی‌متر برای تغذیه زنبورها قرار داده شدند. تعداد ۳۰ عدد تخم میزبان برای پارازیتیسم به صورت روزانه در اختیار زنبورها قرار داده شد و تخم‌ها روی نوارهای باریک هیدروفلوم مشکی رنگ با استفاده از شربت آب شکر ۱۴٪ به هیدروفلوم چسبانده شدند. تعداد ۱۵ عدد از لوله‌ها درون محفظه حاوی امواج فراصوت و ۱۵ عدد از لوله‌ها درون محفظه بدون امواج فراصوت به صورت نشان داده شده در شکل ۴ قرار گرفتند. بسامد و شکل موج امواج گسیل شده در محفظه A به‌ترتیب ۳۷/۵ کیلوهرتز و سینوسی بوده و انتخاب آن بر اساس نتایج پژوهش قبلی که بیانگر موثرترین بسامد و شکل موج روی کرم ساقه‌خوار بود، انجام شد (Agah-Manesh *et al.*, 2021). شرایط دمایی ۲۷ سلسیوس و طول دوره روشنایی–خاموشی ۱۶–۸ ساعت و رطوبت ۵۰٪ برای محیط آزمایش در نظر گرفته شد.



شکل ۴- محفظه‌ی شیشه‌ای طراحی شده برای انجام آزمایش‌های غیرانتخابی (تصویر شماتیک)

Figure 4. The glass designed system to non-choice experiments (Schematic figure)
A: Ultrasonic chamber; B: Experimental quadrate C: Ventilation opening; D: Emitter of signal generator device; F: Control chamber (without the ultrasonic exposure)

در طول سه نسل این آزمایش تکرار شده و در هر آزمایش نسل قبل به عنوان والد نسل جدید در نظر گرفته می‌شد. در نهایت، باروری زنبورهای ماده[1](شامل شمارش تعداد تخم‌های پارازیته‌شده توسط هر ماده و نسبت جنسی نتاج (نسبت ماده/کل) در نسل‌های F_0، F_1، F_2 و F_3 ثبت شد. هر آزمایش ۱۰ بار تکرار شد.

بررسی اثرات امواج فراصوت بر الگوی پراکنش زنبورهای *T. busseolae*

محفظه‌های آزمایشی مکعب شکل و از جنس شیشه به قطر ۴ میلی‌متری و در ابعاد ۵۰×۵۰×۵۰ سانتی‌متری تهیه شد (شکل ۴). به‌منظور تهویه مناسب، در محفظه‌های آزمایش در دیواره‌های کناری دو قسمت دایره شکل با شعاع ۵ سانتی‌متر برش داده و با توری پلاستیکی پوشانده شد. کف، سقف و تمام دیواره‌های محفظه به قسمت‌های مساوی مربع شکل با ابعاد ۱۶ سانتی‌متری تقسیم و شماره‌گذاری شد. در واقع، هر بعد از محفظه به ۹ مربع با اضلاع ۱۶ سانتی‌متری تقسیم شد (شکل ۴). در مرکز هر قسمت مربع شکل کف محفظه یک ظرف پتری حاوی آب عسل ۲۰٪ قرار داده شد. به طور کلی، هر محفظه شامل ۹ عدد ظرف پتری(ظرف غذا)

[1]. Fecundity

بود. اسپیکر تولیدکننده صدای فراصوت در گوشه سمت راست هر محفظه نصب شد (شکل ۴).

مراحل پرورش و جداسازی حشرات نر و ماده کاملاً مشابه آزمایش‌های غیرانتخابی (شکل ۴) بود. در هر محفظه ۵۰۰ جفت حشره نر و ماده رهاسازی شد. پس از ۱۲ ساعت تعداد حشرات و نقاط پراکنش آن‌ها در هر قسمت از محفظه شمارش و ثبت شد. شمارش و ثبت پراکندگی افراد بالغ هر ۱۲ ساعت یک بار و تا زمانی که تمام حشرات مردند ادامه داشت. این زمان بین ۳–۵ روز متغیر بود. تعداد تکرار هر آزمایش ۱۰ بار بود.

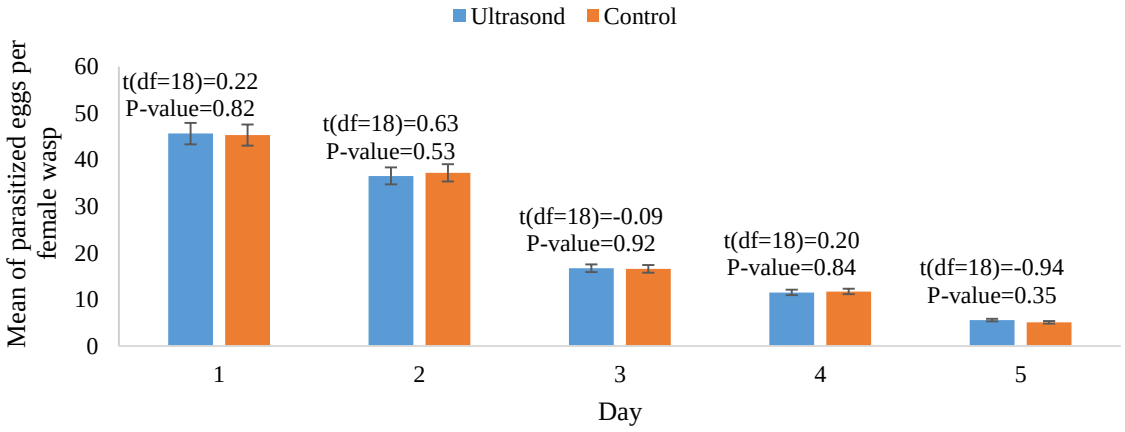
تجزیه و تحلیل آماری

مقایسه میانگین‌های قدرت پارازیتیسم و نسبت جنسی زنبورهای پارازیتوئید براساس آزمون t و با استفاده از نرم افزار SAS نسخه 9.2 صورت پذیرفت. از آزمون $\mathbf{G}^{+}$ برای تعیین الگوی پراکنش زنبورهای پارازیتوئید در محفظه‌های فراصوت و شاهد استفاده شد.

نتایج

بررسی اثرات امواج فراصوت بر پراسنجه‌های زیستی زنبور *T. busseolae*

امواج فراصوت تاثیر معنی‌داری روی میزان قدرت پارازیتیسم زنبور *T. busseolae* نداشتند و موجب کاهش قدرت پارازیتیسم زنبور نشدند (شکل ۵). تعداد تخم‌های گذاشته شده توسط زنبور از ۴۵/۵ عدد در روز اول تا ۵/۶ عدد در روز پنجم متغیر بود، ولی روند تخم‌گذاری در تیمار امواج فراصوت و شاهد، کاملاً مشابه بوده و اختلاف معنی-داری مشاهده نشد.



شکل ۵- میانگین تخم‌های پارازیته‌شده به ازای هر زنبور *Telenomus busseolae* در تیمار امواج و تیمار شاهد در هر روز

Figure 5. Mean of parasitized eggs per *Telenomus busseolae* female in the ultrasonic treatment and control

مقایسه نسبت جنسی زنبورهای پارازیتوئید *T. busseolae* در تیمار فراصوت و شاهد در طول نسل‌های مختلف در جدول ۱ نشان داده شده است. نسبت جنسی تیمار شاهد از ۴۹/۵۵ تا ۶۴/۸۸ و در تیمار فراصوت از ۵۲/۶۵ تا ۶۰/۸۲ متغیر بود، ولی هیچ تفاوت معنی‌داری بین نسبت جنسی زنبورهای در معرض امواج فراصوت و شاهد در نسل-های مختلف مشاهده نشد.

بررسی اثر امواج فراصوت بر الگوی پراکندگی زنبور *T. busseolea*

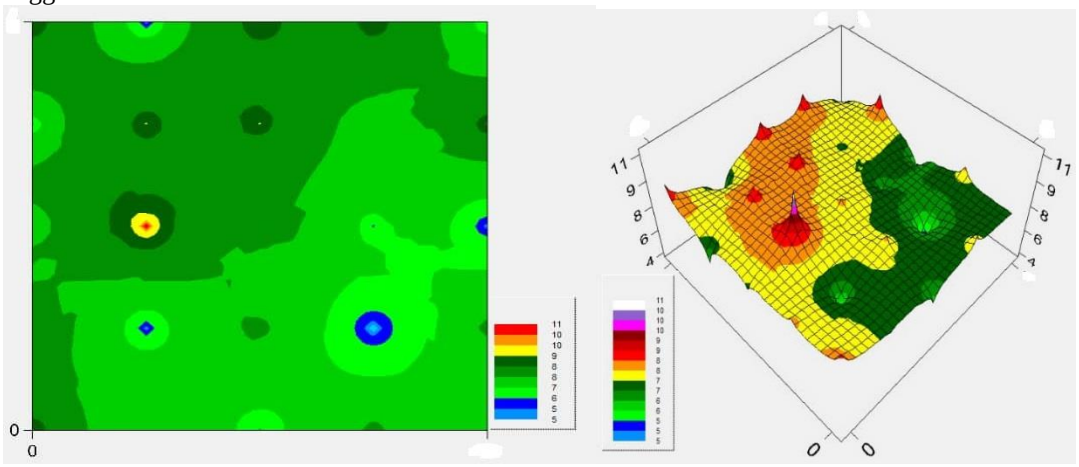
نتایج الگوی پراکندگی زنبور *T. busseolea* در محفظه امواج فراصوت و شاهد به ترتیب در شکل‌های ۶ و ۷ نشان داده شد. هیچگونه الگوی خاصی در پراکنش زنبور نسبت به محل خروجی امواج فراصوت (نقطه *0,0*) مشاهده نشد و همانند تیمار شاهد الگوی پراکنش زنبورها در محفظه‌ی فراصوت کاملاً به‌صورت تصادفی بود.

جدول ۱- میانگین ± خطای معیار نسبت‌های جنسی ماده از نسل‌های مختلف *Telenomus busseolea* در فراصوت ۳۹/۵ کیلو هرتز و شاهد

Table 1. Female sex ratios (mean± SE) of various generations of *Telenomus busseolae* in ultrasound (39.5kHz) and control

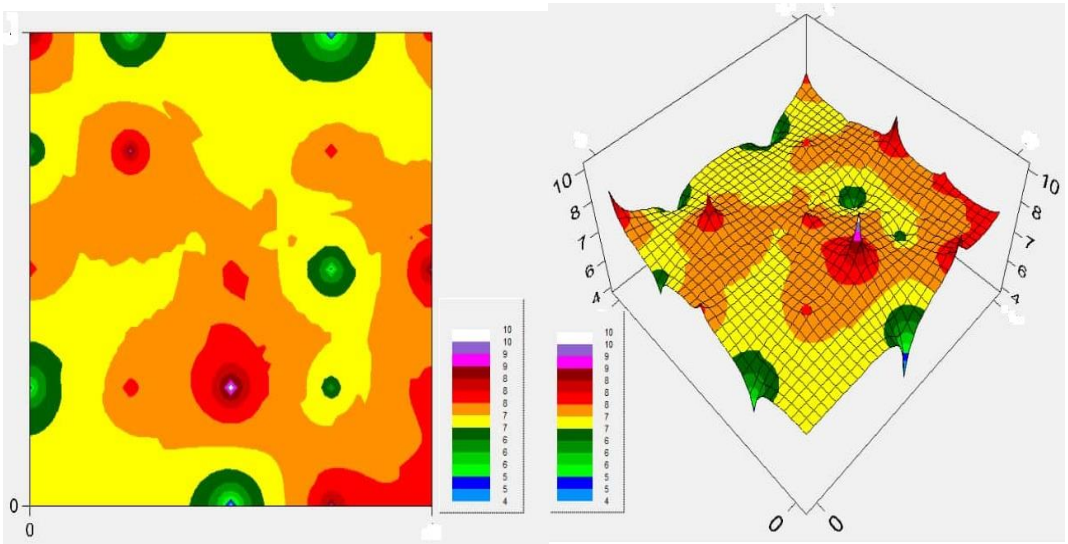
Generation	Ultrasound	Control	$t_{(df=18)}$	P-value
F0	52.65±2.32	53.66±3.17	-0.25	0.801
F1	52.93±2.54	49.55	0.92	0.365
F2	57.59±1.97	58.13±1.53	-0.21	0.833
F3	60.82±1.17	62.81±1.51	-1.03	0.313
F4	67.15±1.11	64.88±1.85	1.04	0.309
FW	53.79±2.84	5.44±2.86	0.08	0.933

F0: Wild wasps collecting from the field; F1-F4: Generations 1-4 which are progenies F0; FW: The wasps which reared on eggs of treated moths



شکل ۶- الگوی پراکندگی زنبور *Telenomus busseolea* در محفظه امواج فراصوت. مختصات 0,0 محل گسیل امواج فراصوت توسط بلندگوی دستگاه مولد فراصوت را نشان می‌دهد.

Figure 6. Spatial distribution pattern of *Telenomus busseolae* in the ultrasonic chamber. Coordination 0,0 indicate ultrasonic emitter location.



شکل ۷- الگوی پراکندگی زنبور *Telenomus busseolea* در محفظه شاهد. مختصات 0,0 محل گسیل امواج فراصوت توسط بلندگوی دستگاه مولد فراصوت را نشان می‌دهد.

Figure 7. Spatial distribution pattern of *Telenomus busseolae* in the ultrasonic chamber. Coordination 0, 0 indicate ultrasonic emitter location.

بحث

مطالعه انجام‌شده نشان داد که امواج فراصوت در بسامد ۳۷/۵ کیلوهرتز و شکل موج سینوسی (فعال‌ترین بسامد و شکل موج برای مقابله با کرم ساقه خوار نیشکر) تاثیر معنی-داری روی فعالیت پارازیتیسم زنبور *T. busseolae* در طول روزهای مختلف فعالیت نداشت (شکل ۵). دانشمندان متوجه شدند خفاش‌ها از بسامدهای فراصوتی که برای انسان غیرقابل شنیدن است، استفاده می‌نمایند. ایده اصلی استفاده از امواج فراصوت مربوط به خفاش است که با استفاده از امواج فراصوت مسیر خود را می‌یابد. به این صورت که این جانور امواجی که بسامد آن بالای ۴۰ کیلوهرتز می‌باشد را از طریق دهان خود خارج می‌کند امواج پس از برخورد به موانع و برگشت توسط گوش‌های این جانور دریافت می‌شود. خفاش پس از دریافت این امواج به نحو خارق‌العاده‌ای قادر به تشخیص موانع می‌شود (Lynn *et al.*, 2000). حساسیت در شنوایی به امواج فراصوت در حشرات به ویژه راسته‌ی بالپولکداران ممکن است به علت نیاز برای شناسایی و جلوگیری از شکارگری توسط خفاش‌ها به‌وجود آمده است (Hoy and Robert, 1996). دانشمندان به پژوهش‌های زیادی در زمینه‌ی حساسیت به امواج فراصوت در چندین خانواده از پروانه‌ها پرداخته و کشف شده که چنین ادراکی در تشخیص و فرار از شکارگرها از جمله خفاش‌های حشره‌خوار تکامل یافته است. همچنین، برخی از گونه‌های شب‌پره در واکنش به خفاش‌ها و برای انحراف آن‌ها، تولید امواج فراصوت می‌کنند (Conner, 2014). زنبورهای پارازیتوئید نیز می‌توانند امواج فراصوت را با استفاده از اندام-های شنوایی مختلف از جمله موهای حساس در شاخک‌های خود درک نموده و از شنیدن این سیگنال‌ها برای جفت‌یابی، مکان‌یابی میزبان‌ها، فرار از شکارگران مانند خفاش‌های حشره‌خوار و یا حتی اجتناب از رقابت با سایر گونه‌های پارازیتوئید یا شکارگران استفاده نمایند (Zuk and Kolluru, 1996). در برخی از مگس‌های پارازیتوئید نظیر *Emblemasoma erro* Aldrich (Diptera: Sarcophagidae) مشخص شد جنس نر و جنس ماده با کمک اندام‌های شنوایی تخصصی خود به سمت میزبان‌هایی از جمله زنجرک‌ها جلب می‌شوند. بنابراین با این تطابق سازگاری با بسامد خاص صوتی ارسال شده توسط زنجره‌های میزبان، هم عمل یافتن جفت‌های نر و ماده به خوبی صورت می‌گیرد و هم اینکه بعد از باروری تخم‌ها، میزبان‌های مکان-یابی شده به آسانی توسط ماده‌های پارازیتوئید انگلی می‌شوند (Stucky, 2016). در زنبور پارازیتوئید *Psyttalia concolor* Szépligeti (Hymenoptera: Braconidae) مشخص شد که افراد نر و ماده با بال‌زدن تولید نوعی پیام صوتی می‌نمایند. این پیام در بسامد ۱۸۰ کیلوهرتز مبادله می‌شود. طول مدت زمانی که این پیام صوتی ارسال می‌شود، واکنش‌های مختلفی را در دریافت‌کنندگان ایجاد می‌کند. برای مثال، مدت زمان طولانی‌تر باعث جلب نرها به ماده‌ها شده و پیام صوتی با دوره‌های زمانی کوتاه‌تر، برای جلب نرها به یکدیگر به‌کار می‌رود (Canale *et al.*, 2013). در زنبور پارازیتوئید *Glyptapanteles flavicoxis* Marsh نشان داده شد که نرها و ماده‌ها از تلفیق فرمون‌های جنسی ماده‌ها و تولید صدای بسامد بالا توسط دوره‌های مختلف بال زدن، برای ارتباطات جنسی استفاده نموده و تلفیق این دو روش ارتباطی، موجب افزایش بسیار بالا در جفت‌یابی و موفقیت تولید مثلی این بال‌غشاییان می‌شود (Danci *et al.*, 2010). زنبور پارازیتوئید *Aphidius ervi* Haliday (Hymenoptera: Braconidae) از همین تولید صدا (با بسامد بالا)، برای برقراری پیام‌های جفت‌گیری استفاده می‌نماید. به‌طور معمول نرهای موفق در مقایسه با نرهای ناموفق در جفت‌گیری، نرخ بالاتری از امواج فراصوت را با استفاده از بال زدن تولید می‌نمایند. این امواج فراصوت باعث تحریک رفتارهای جفت‌گیری در ماده‌ها می‌شوند. برای مثال ماده‌های که این امواج فراصوت را دریافت نمایند، پرواز را متوقف نموده و در مکان‌های مناسب می‌نشینند، به گونه‌ای که موجب آمادگی آنها برای جفت‌گیری با زنبورهای نر می‌شود (Villagra *et al.*, 2011). بال غشاییان از پیام‌های صوتی تنها برای مکان‌یابی جفت مخالف استفاده نمی‌نمایند و شواهدی وجود دارد که پارازیتوئیدها از آن برای یافتن مکان میزبان‌هایی که انگل داخلی گیاهان هستند نیز استفاده می‌نمایند. برای مثال زنبورهای ماده *Sympiesis*

sericeicornis Nees قادرند صدای لرزش ناشی از تغذیه لاروهای *Phyllonorycter malella* Ger. (Lepidoptera: Gracillaridae) در برگ‌های گیاه میزبان را شنیده و از آن برای مکان‌یابی این لاروها و انگلی نمودن‌شان استفاده نمایند (Meyhöfer *et al*., 1994).

پژوهش‌های قبلی ما بیانگر درک بالای شب‌پره‌ی از امواج فراصوت بود؛ به گونه‌ای که شب‌پره‌های بیشتری در مواجهه با موج سینوسی فراصوت با بسامد ۳۷/۵ کیلوهرتز، از چشمه موج فراصوت دوری می‌جستند. این امواج فراصوت در آزمایش‌های غیرانتخابی موجب تاثیر منفی چشمگیری روی پراسنجه‌های زیستی مراحل بالغ و نابالغ این آفت شد. امواج فراصوت موجب شد میزان زنده‌مانی لاروها (تا ۴۶ درصد) و افراد بالغ (۱۴ تا ۲۳ درصد) این آفت کاهش معنی‌داری داشته باشد. میزان تخم‌گذاری کل در شب‌پره‌های تیمار شده کاهش حدود ۴۰ درصدی از خود نشان دادند (Agah-Manesh et al., 2021)، ولی رواج کنترل زیستی این آفت با زنبور *T. busseolae* موجب می‌شود که عدم اثر منفی این امواج با فعالیت این عامل مفید اهمیت ویژه‌ای در توصیه کاربردی این امواج به‌ویژه در شرکت‌های کشت و صنعت نیشکر داشته باشد. به نظر می‌رسد زنبورهای بالغ قادر به درک امواج فراصوت با مشخصات به کارگرفته شده نبوده‌اند و بنابراین، این امواج استرس و عوارض ناشی از آن را در زنبور ایجاد ننموده است. بررسی‌های صورت گرفته در سایر بال‌غشائیان (مورچه‌ها) نشان داد که به‌طور معمول این راسته از بسامد بین ۵۰ تا ۱۵۰ کیلوهرتز برای ارتباط‌های صوتی استفاده می‌کنند و اندام‌های کوردوتونال یا اندام‌های شنوایی تخصصی برای این منظور در آنها تکامل یافته است (Esperson, 1993). شاید یکی از دلایل اصلی عدم تاثیر امواج فراصوت مورد استفاده در این آزمایش، پایین‌تر بودن بسامد آن از دامنه‌ی بسامد قابل درک در این حشرات باشد.

استفاده عملی از امواج فراصوت برای مبارزه با آفات در شرایط مزرعه‌ای به صورت نادر صورت گرفته است. برای اولین بار از نوعی دستگاه مولد امواج فراصوت (تولید کننده بسامدهای بین ۵۰ تا ۳۰۰ کیلوهرتز) برای مبارزه با زنجره‌ی *Scaphoideus titanus* Ball (Hemiptera: Cicadellidae) در شرایط شبه مزرعه‌ای (روی گیاه انگور) و تاکستان‌ها استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که با استفاده از این امواج صوتی، عمل به هم‌زدن جفت‌گیری به صورت موثری صورت گرفت؛ به‌صورتی‌که میزان جفت‌گیری موفق در شرایط شبه‌مزرعه‌ای و مزرعه‌ای به ترتیب به ۹ و ۴ درصد رسید و به دنبال آن، جمعیت این آفت در نسل‌بعدی به شدت کاهش یافت. البته مطالعه‌های صورت گرفته در خصوص استفاده بالقوه از اموج فراصوت برای کنترل کرم ساقه‌خوار نیشکر در مقیاس آزمایشگاهی بوده و نیاز به کارایی‌سنجی مزرعه‌ای دارد (Agah-Manesh *et al*., 2021)؛ ولی با این حال می‌توان با نتایج مطالعه حاضر نشان داد که این امواج در صورت کارا بودن مزرعه‌ای، اثرات منفی بالقوه روی فعالیت زنبور پارازیتوئید *T. busseolae* ندارند. لازم به تاکید است که قبل از هرگونه توصیه عملی در به‌کارگیری این امواج، بررسی‌های مزرعه‌ای روی تاثیر امواج فراصوت روی شب‌پره‌ی *S. cretica* و زنبور پارازیتوئید *T. busseolae* و سایر دشمنان طبیعی بالقوه باید صورت گیرد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان برای تامین مالی این تحقیق و جناب آقای مهندس پریان برای مساعدت‌های فنی‌شان کمال سپاسگزاری به عمل می‌آید.

References

Agah-Manesh, H., Rajabpour, A., Yarahmadi, F. and Farsi, A. 2021. Potential of ultrasound to control *Sesamia cretica* Led. (Lepidoptera: Noctuidae). **Environmental Entomology** 50 (5): 1-7.

Askarianzadeh, A., Moharramipour, S., Kamali, K. and Fathipour, Y. 2008. Evaluation of damage caused by stalk borers, *Sesamia* spp. (Lepidoptera: Noctuidae), on sugarcane quality in Iran. **Entomological Research** 38(4): 263-267.

Canale, A., Benelli, G., Lanzo, F., Giannotti, P., Mazzoni, V. and Lucchi, A. 2013. The courtship song of fanning males in the fruit fly parasitoid *Psyttalia concolor* (Szépligeti) (Hymenoptera: Braconidae). **Bulletin of Entomological Research** 103(3): 303-309.

Conner, W. E. 2014. Adaptive sounds and silences acoustic anti predator strategies in insects. **Insect Hearing and Acoustic Communication** 65-79.

Danci, A., Takács, S., Schaefer, P. W. and Gries, G. 2010. Evidence for acoustic communication in the parasitoid wasp *Glyptapanteles flavicoxis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 136(2): 142-150.

Eriksson, A., Anfora, G., Lucchi, A., Lanzo, F., Virant-Doberlet, M. and Mazzoni, V. 2012. Exploitation of insect vibrational signals reveals a new method of pest management. **PLoS One** 7(3): e32954.

Esperson, J. R. 1994. Do Ants Use Ultrasound for Personal Communication (Hymenoptera: Formicidae)? **Australian Journal of Entomology** 33(3): 213-215.

Hamdi, H. 2016. Sustainability in Sugarcane Production: Opportunities and Limitations in SouthWest of Iran. **Sugar Technology** 18(6): 642-646.

Hoy, R. R. and Robert, D. 1996. Tympanal hearing in insects. **Annual Review of Entomology** 41(1): 433-450.

Jamshidnia, A., Kharazi-Pakdel, A., Allahyari, H. and Soleymannejadian, E. 2010. Functional response of *Telenomus busseolae* (Hym.: Scelionidae) an egg parasitoid of the sugarcane stem borer, *Sesamia nonagrioides* (Lep.: Noctuidae) at different temperatures. **Biocontrol Science and Technology** 20(6): 631-640.

Karimi, M., RajabiPour, A., Tabatabaeefar, A. and Borghei, A. 2008. Energy analysis of sugarcane production in plant farms a case study in Debel Khazai Agro-industry in Iran. **American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science** 4(2): 165-171.

Lapshin, D. N. and Federova, **M. V.**1996. Responses of the tympanic organs of cutworm moth (*Amphipyra perfina*: Noctuidae) to ultrasound impulses. **Sensory System** 10: 1–11.

Lynn, J. G., Zwemer, R. L., Chick, A. J. and Miller, A. E. 2000. A new method for the generation and use of focused ultrasound in experimental biology. **The Journal of General Physiology** 26(2): 179- 193.

Meyhöfer, R., Casas, J. and Dorn, S. 1994. Host location by a parasitoid using leafminer vibrations: characterizing the vibrational signals produced by the leafmining host. **Physiological Entomology** 19(4): 349-359.

Paturau, J. M. 1989. By-products of the cane sugar industry. An introduction to their industrial utilization. Elsevier Science Publishers BV.

Ranjbar-Aghdam, H. 1999. Possibility of in vivo rearing of *Platytelenomus hylas* Nixon in pink stem borers, *Sesamia* spp. biocontol. M.Sc. Thesis. Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran. 116 pp. (In Farsi).

Salehi, S.S., Rajabpour, A., Rasekh, A. and Farkhari, M. 2016. Repellency and some biological 306 effects of different ultrasonic waves on Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* (Zeller)(Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Stored Product Research** 69: 14-21.

Stucky, B. J. 2016. Eavesdropping to find mates: the function of male hearing for a cicada-hunting parasitoid fly, *Emblemasoma erro* (Diptera: Sarcophagidae). **Journal of Insect Science** 16(1): 1-7.

Villagra, C. A., Pinto, C. F., Penna, M. and Niemeyer, H. M. 2011. Male wing fanning by the aphid parasitoid *Aphidius ervi* (Hymenoptera: Braconidae) produces a courtship song. **Bulletin of Entomological Research** 101(5): 573-579.

Zuk, M. and Kolluru, G. R. 1998. Exploitation of sexual signals by predators and parasitoids. **The Quarterly Review of Biology** 73(4): 415-438.

Plant Pest Research
2021- 11 (3): 71-81

Research paper

Effect of ultrasound on the parasitoid wasp, *Telenomus busseolae* (Hym.: Plathygasteridae) for potential integrated applying against *Sesamia cretica* under laboratory conditions

H. Agah-Manesh[1], A. Rajabpour[1*], F. Yarahmadi[1] and A. Farsi[2]

1. Department of Plant Protection; Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Ahvaz, Iran, 2. Sugarcane Research and Training Institute for the Development of Industries in Khuzestan, Ahvaz, Iran.

(Received: October 20, 2021- Accepted: December 13, 2021)

Abstract

The parasitoid wasp, *Telenomus busseolae* Gahan (Hymenoptera: Plathygasteridae), has been extensively used to biological control of *Sesamia cretica* Led. (Hymenoptera: Plathygasteridae) in Khuzestan province, Iran. Due to dramatically population growth of *S. cretica*, the parasitoid wasp has not effectively controlled the pest during some seasons. Previous studies implicated physical control of *S. cretica* can be achieved using ultrasound. In this investigation, the effectivness of ultrasound on *S. cretica* to parasitism ability, sex ratio and distribution pattern of *T. busseolae* were evaluated under laboratory conditions. Results indicated that the ultrasound at frequency 37.5 KHz and Sin (X) wave shape has not significant effect on the wasp parasitism during various activity days. The parasitoid wasp treatment by the ultrasound did not significantly influenced the wasp sex ratio during 4 generations. Investigation on distribution pattern of exposed wasp showed that the wasp has random pattern, similar to control. The study indicated that *T. busseolae* cannot distinguish the ultrasound. Therefore, physical control of *S. cretica* using the ultrasound (at frequency 37.5 KHz and Sin (x) wave shape) has not any antagonistic effect to biological control by *T. busseolae* and the compatible strategies can be applied in integrated control of *S. cretica*.

Key words: Biological control; Integrated pest management; Physical control; Parasitism.

* Corresponding author: a_rajabpour2000@yahoo.com; rajabpour@asnrukh.ac.ir