نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵، ص. ۸۱-۷۵

Journal of Plant Protection
Vol. 30, No. 1, Spring 2016, P. 75-81

ارزیابی امواج آلتراسونیک در دفع شپشه‌ی قرمز آرد *Tribolium castaneum* Herbs

پرویز احمدی مقدم[1*]- آرش روابخش[2]- سید محمد حسن کماریزاده[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۲/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۲۴

چکیده

کنترل آفات انباری به عنوان یک عامل مخرب در مرحله انبارداری، با استفاده از روشهای بی ضرر بسیار ضروری می‌باشد. امواج آلتراسونیک به عنوان یک استراتژی جدید کنترل آفات، می‌تواند زمینه‌های ناامن و آزار دهنده‌ای در محیط زندگی حشرات و آفات کشاورزی ایجاد نماید. این تحقیق به منظور بررسی آزمایشگاهی اثر دور کنندگی امواج آلتراسونیک روی شپشه‌ی قرمز آرد در دانشگاه ارومیه صورت گرفت. آزمایش‌ها بصورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کاملا تصادفی انجام گرفت. متغیرهای آزمایش شامل فرکانس امواج آلتراسونیک در پنج سطح مختلف (۳۰، ۳۵، ۴۰، ۴۵ و ۵۰ کیلوهرتز) و زمان تابش امواج در چهار سطح (۳، ۶، ۱۲ و ۲۴ ساعت) اجرا گردید. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که فرکانس امواج به صورت مستقل اثر معنی داری بر فرار آفت از محیط زندگی داشته است. در بررسی نتایج مشخص گردید که فرکانس ۳۵ کیلوهرتز و بازه زمانی تابش ۶ ساعت، بیشترین تأثیر را روی دفع شپشه‌ی قرمز آرد داشته است و در عین حال انرژی کمتری نیز مصرف شده است. نتایج تحقیق حاضر نشان داد، استفاده از امواج آلتراسونیک در کنترل آفات انباری می‌تواند موجب کاهش مصرف سموم تدخینی گردد که عامل آلودگی محیط زیست، مواد انباری و مصرف کنندگان می‌باشد.

واژه های کلیدی: آفات انباری، دورکنندگی، فرکانس

مقدمه

با توجه به جمعیت روبه‌رشد جهان و کمبود منابع غذایی و نیاز به تأمین غذا برای ساکنان زمین، حفاظت از تولیدات کشاورزی در برابر نابودی در اثر خسارات، خشکسالی و همین‌طور آفات و بیماری‌ها بیش از پیش ضروری به‌نظر می‌رسد. در طی سال های متمادی، غذای اصلی بشر را غلات و به خصوص گندم، جو، برنج و ذرت تشکیل داده اند. لذا تولید، انبار و ذخیره سازی این محصولات برای جوامع بشری از دیرباز اهمیت بسیاری داشته است (۷ و ۱۰). یکی از معضلات اصلی در این زمینه، حفاظت از غلات در انبار تا زمان مصرف یا کاشت می‌باشد. سالانه بیش از صدها میلیون تن غله در اثر آفات انباری و عدم رعایت اصول علمی انبارداری از بین می‌روند (۱۳). خسارت ایجاد شده توسط حشرات و کنه‌ها، خسارات هنگفتی به محصولات انبار شده وارد می‌کند (۹). آفات موجب کاهش وزن، کیفیت و ارزش تجاری محصولات انباری می‌گردند (۱۴). با توجه به موارد فوق برای کاستن از میزان خسارت آفات انباری، کنترل جمعیت آنها اجتناب ناپذیر است. استفاده از آفت کش های شیمیایی تماسی رایج، هرچند که در ابتدا نتایج خوبی به همراه داشت اما این نتایج بسیار ناپایدار بود زیرا که در مدت زمان کوتاهی پس از استفاده از این آفت کشها مشکلات عدیده ای بروز نمود که از جمله آنها می‌توان به مقاومت آفات، تجمع سموم در بدن انسانها، بروز انواع بیماری های ناشی از باقیمانده سموم روی محصولات و افزایش هزینه های کاربرد سموم را نام برد (۱۵ و ۱۲). به کارگیری سموم تدخینی به منظور کنترل آفات، به دلیل انتشار و نفوذ آن‌ها به درون توده محصول، در میان روش‌های متعدد کنترل آفات انباری، پرکاربردترین روش بوده است. بنابر صلاحدید، در چند سال اخیر بکارگیری تعداد زیادی از سموم تدخینی از چرخه تولید محصولات کشاورزی کنار گذاشته شده است. متیل بروماید از جمله سموم تدخینی می‌باشد که سبب تخریب لایه استراتوسفری اُزون گردیده و توسط سازمان حفاظت محیط زیست ایالت متحده آمریکا به عنوان دسته اول تخریب کننده‌های لایه اُزون طبقه بندی شده است که مصرف آن طبق برنامه‌ریزی جهانی در کشورهای توسعه یافته تا سال ۲۰۰۵ و در کشورهای در حال توسعه تا سال ۲۰۱۵ می‌بایست متوقف گردد (۳ و ۴). از جمله سموم پرکاربرد دیگر در کنترل آفات انباری فسفین می‌باشد. استفاده بیش از حد از فسفین و همچنین عدم توجه به استانداردهای تدخین،

۱، ۲ و ۳- به ترتیب استادیار، فارغ التحصیل کارشناسی ارشد و استاد گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه ارومیه
(*- نویسنده مسئول: Email:P.ahmadi@urmia.ac.ir)

باعث بروز مقاومت‌های بیشتری در آفات انباری نسبت به این سم گردید. به طوری که در ۴۵ کشور جهان گزارشاتی از مقاومت آفات انباری در برابر سم فسفین وجود دارد. بنابراین جستجو جهت جایگزینی روشی مناسب برای سموم فوق اجتناب ناپذیر است (۱). با توجه به محدودیت‌هایی که در استفاده از روش‌های کنترل شیمیایی آفات انباری وجود دارد، روش‌های فیزیکی برای کنترل با آنها در دهه های اخیر توجهات زیادی را به خود جلب کرده است. هدف از کاربرد روش‌های کنترل فیزیکی، از بین بردن جمعیت آفات با کمترین تاثیر مخرب بر محیط زیست می‌باشد. این روش‌ها یا به طور مستقیم بر آفات اثر می‌گذارند و یا محیط زندگی آن را تغییر داده و محیط ناامنی را ایجاد می‌کند (۶ و ۷).

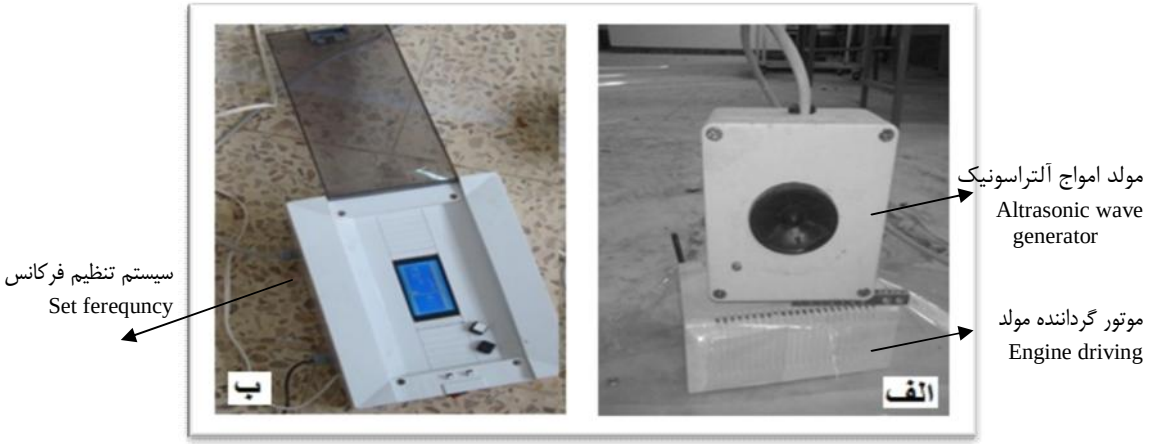
هالورسون و همکاران (۸) آزمایش‌هایی را با امواج میکروویو برای تعیین حساس‌ترین گونه و مرحله زندگی سه آفت *S. ،T. castanneum granarius* و *R. dominica* انجام دادند. فرکانس مورد استفاده ۲۸۰۰ مگا هرتز بود. نتایج نشان داد که تخم‌های *R. dominica* بیشترین حساسیت را به امواج میکروویو داشته و همچنین تخم و لاروهای سنین جوان این سه گونه آفت، حساس‌تر از شفیره می‌باشند.

با توجه به هزینه‌بر بودن و خطرات ناشی از استفاده از امواج مایکروویو، دستیابی به روش‌های مناسب، ارزان قیمت و با کمترین آسیب برای محیط زیست، بسیار ضروری می‌باشد (۱۴). از ابزارهایی که می تواند به طور غیر مستقیم بر آفات تاثیر گذار باشد، می توان به امواج آلتراسونیک اشاره کرد. امواج آلتراسونیک از دسته امواج مکانیکی بوده که در هوا و محیطهای متخلخل قابلیت نفوذ مناسبی داشته و برای محیط زیست انسان کاملا ایمن بوده و هیچ گونه خسارتی به آن وارد نمی کند (۲). استفاده از امواج آلتراسونیک برای دفع حشرات و برخی از موجودات مانند موش، بصورت تجاری در سال‌های اخیر صورت گرفته است، اما هیچ تحقیق علمی به منظور بررسی تاثیر این امواج روی آفات و حشرات گزارش نشده است. لذا پایه‌ریزی یک تحقیق علمی به منظور بررسی این مسئله بسیار اهمیت دارد. با توجه به توان کنترل فیزیکی آفات در سطح گسترده و عدم تخریب و آسیب رسانی به محیط زیست می‌توان از امواج مکانیکی به منظور کنترل جمعیت آفات کشاورزی استفاده کرد (۳). محدوده فرکانس صوتی قابل درک برای آفات (حشرات) مختلف بین ۱۵ تا ۸۰ کیلو هرتز متغیر می‌باشد (۱۱). با توجه به اهمیت کنترل آفات انباری و جایگزین نمودن روش‌های کم خطر و کم هزینه در کنترل آنها، هدف این تحقیق مطالعه و بررسی اثرات دور کنندگی سیستم امواج آلتراسونیک بر علیه آفات شپشه‌ی قرمز آرد بوده است.

مواد و روش‌ها

سیستم ساخته شده به منظور تولید امواج آلتراسونیک در شکل ۱ نشان داده شده است. این سیستم قادر به تولید امواج آلتراسونیک در فرکانس‌های مختلف و در محدوده ۱۵ تا ۲۸۵ کیلو هرتز می‌باشد. اجزا تشکیل دهنده سیستم مولد امواج آلتراسونیک شامل پخش کننده موج آلتراسونیک، منبع تغذیه، پردازشگر مرکزی، اسیلاتور، نمایشگر، پری آمپلی‌فایر، آمپلی‌فایر، صفحه کلید و موتور پله‌ای بوده که کلیه قسمت‌ها با یکدیگر در ارتباط می‌باشند (شکل ۱).

منبع تغذیه، توان لازم برای کار تمامی اجزای سیستم را تامین می‌نماید، پردازشگر مرکزی وظیفه نظارت و کنترل قسمت‌های مختلف سیستم را به عهده دارد. کنترل نمایشگر و نظارت بر فرکانس خروجی و تنظیم فرکانس خروجی در محدوده تعیین شده، از وظایف پردازشگر مرکزی می‌باشد.



شکل ۱- سیستم تولید و انتشار امواج آلتراسونیک الف) مولد و پخش کننده امواج به همراه موتور گرداننده ب) سیستم کنترل فرکانس و تنظیم
Figure 1- Wave ultrasonic production system a) Wave generator and driven motor b) Frequency control system

اسیلاتور یا تولید کننده فرکانس با استفاده از نوسان سازهای تنظیم شده در محدوده فرکانس‌های بالا و پایین کاری سیستم، فرکانس مورد نظر را با دقت بالایی و بدون اعوجاج تولید می‌نماید. پری آمپلی فایر، موج خروجی از اسیلاتور را که با دامنه بسیار پایینی تولید شده است، دریافت نموده و پس از یک مرحله تقویت به ورودی آمپلی فایر اصلی تحویل می‌دهد. آمپلی فایر پس از دریافت موج با دامنه پایین، توان موج خروجی را به مقدار مورد نظر رسانده و به پخش کننده موج آلتراسونیک تحویل می‌دهد. پس از این مرحله پخش کننده، موج آلتراسونیک تولیدی را در محیط اطراف منتشر می-نماید. به منظور انتشار امواج آلتراسونیک در همه جهات از یک موتور پله‌ای برای چرخاندن سیستم استفاده شده است. موتور پله‌ای با روشن شدن دستگاه و تولید امواج آلتراسونیک، شروع به چرخش کرده و در یک دایره کامل بصورت ساعتگرد و در دور بعدی بصورت پادساعتگرد شروع به چرخش می نماید و این کار تا زمانیکه دستگاه روشن باشد با سرعت ۵ دور بر دقیقه انجام می شود.

نحوه انجام آزمایش

پس از انجام آزمایش‌های اولیه در فرکانس‌ها و زمان‌های مختلف، فرکانس‌های ۳۰، ۳۵، ۴۰، ۴۵ و ۵۰ کیلوهرتز و زمان‌های تابش ۳، ۶، ۱۲ و ۲۴ ساعت به عنوان مناسب‌ترین سطوح متغیرها برای انجام آزمایش‌های اصلی روی نمونه‌های شپشه قرمز آرد انتخاب شدند. به منظور مشاهده و بررسی اثر امواج آلتراسونیک روی شپشه قرمز آرد، یک آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار، به عنوان طرح آماری انتخاب گردید.

به منظور بررسی اثرات دفع کنندگی و جذب کنندگی امواج آلتراسونیک، تعداد۲۰ عدد شپشه قرمز آرد در داخل لوله های پلاستیکی به قطر ۱۰ سانتیمتر و طول ۵۰ سانتیمتر و درون ۱۵۰ گرم آرد قرار داده شد (شکل ۲-۱ ب). ابتدا و انتهای لوله‌ها توسط روغن بی بو و بی طعم چرب گردید، تا بعد از حرکت آفات برای خروج از لوله، در داخل روغن گیر بیافتند و تعداد آنها قابل شمارش باشد. حشراتی که به سمت منبع تولید امواج حرکت کردند به عنوان اثر جذب کنندگی امواج و حشراتی که در خلاف منبع تولید موج و برای خروج از آرد تلاش می‌کنند به عنوان اثر دورکنندگی در نظر گرفته شد. سیستم تولید امواج آلتراسونیک در مرکز و لوله‌های آزمایش در اطراف آن چیده شد (شکل ۲-۱ الف). به منظور بررسی تیمار شاهد، در زمان‌های مختلف و در هنگامیکه دستگاه تولید امواج آلتراسونیک خاموش است حرکت حشره بررسی گردید و مشاهده گردید که حشرات هیچ تلاشی برای خروج از محیط نداشته و اثر معنی داری در حرکتهای آنها در جهات مختلف دیده نشده است.

با توجه به سطوح فرکانس و زمان به عنوان متغیرهای مستقل و سه تکراری که برای آزمایشات در نظر گرفته شد، در مجموع ۶۰ آزمایش مختلف صورت گرفت. تکرارهای هر آزمایش در روزهای مختلف انجام پذیرفت. برای انجام هر آزمایش، دستگاه در فرکانس مورد نظر تنظیم می گردید (مثلا ۳۵ کیلوهرتز) و با توجه به زمان آن آزمایش (مثلا ۶ ساعت) دستگاه امواج آلتراسونیک را در محیط منتشر می کرد. پس از پایان آزمایش، حشراتی که در ابتدای لوله (قسمت نزدیک به دستگاه مولد امواج (شکل ۲ الف)) در داخل روغن گیر افتاده بودند به عنوان اثر جذب کنندگی و حشراتی که در انتهای لوله بودند به عنوان اثر دور کنندگی در نظر گرفته شد و در تحلیل های آماری مورد استفاده قرار گرفت.

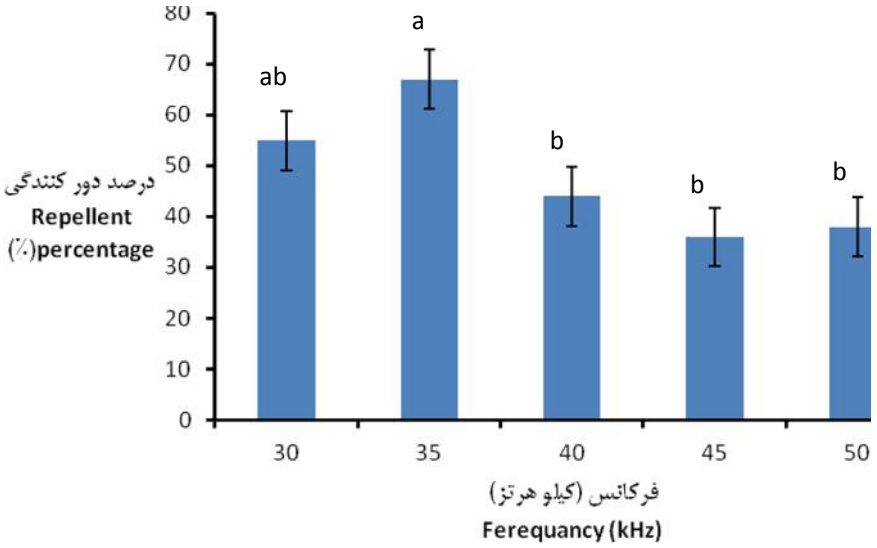
شکل ۲- الف) چیدمان لوله های آزمایش به همراه دستگاه تولید امواج آلتراسونیک ب) آرد و شپشه قرمز درون لوله آزمایش

Figure 2- a) Exposure of test tube and wave generator b) Fluor and *Tribolium castaneum* in experimental tube

جدول ۱- تجزیه واریانس داده‌های اثر دفع کنندگی امواج آلتراسونیک بر شپشه‌ی قرمز آرد

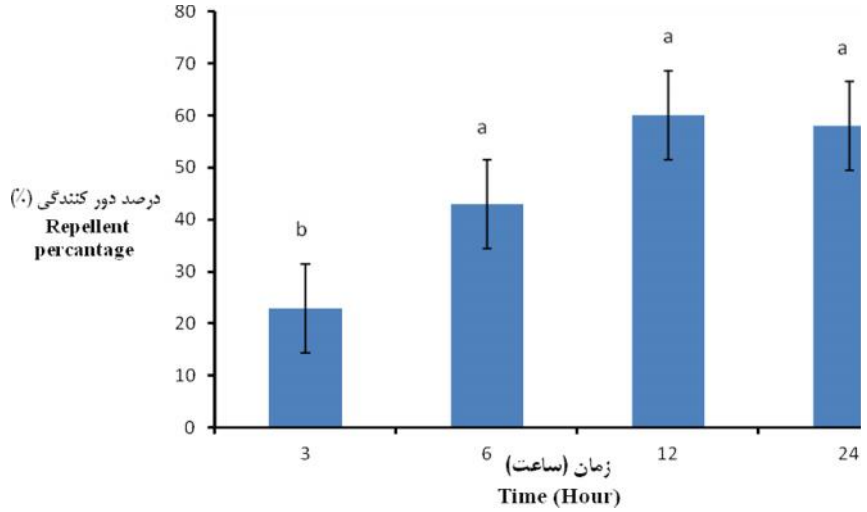
Table 1- Analysis of variance effect of ultrasonic wave on repellent *Tribolium castaneum*

منبع Source of change	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean squares	مقدار F F value	احتمال Probability
زمان Time	3	178.11	7.07	0.001
فرکانس Frequency	4	82.1	3.26	0.021
زمان *فرکانس Frequency * Time	12	16.41	0.65	0.785
خطا Error	40	25.18		
کل Total	59			



شکل ۳- مقایسه میانگین‌های متغیر فرکانس بر درصد دور کنندگی شپشه قرمز آرد

Figure 3- Comparison of averages in different frequency on repellent *Tribolium castaneum*



شکل ٤- مقایسه میانگین‌های متغیر زمان بر درصد دور کنندگی شپشه قرمز آرد

Figure 4- Comparison of averages in different time on repellent *Tribolium castaneum*

تحلیل های آماری

آنالیزهای آماری برای بررسی اثرات زمان و فرکانس و اثرات متقابل آنها روی دفع و جذب شپشه قرمز آرد با نرم افزارهای SPSS و MSTATC انجام گردید. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن[1] با سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از این تحقیق در دو بخش مورد بررسی قرار گرفت. اثر دور کنندگی امواج آلتراسونیک و اثر جذب کنندگی امواج آلتراسونیک روی شپشه قرمز آرد.

بررسی اثر دور کنندگی امواج آلتراسونیک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به اثر دور کنندگی امواج آلتراسونیک روی شپشه قرمز آرد در جدول ۱ و مقایسه میانگین داده‌ها به طریق آزمون دانکن در شکل (۳ و ۴) آورده شده است. چنانچه نتایج نشان می‌دهد اثر زمان و فرکانس روی دفع آفات در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار شده و اثر متقابل آنها معنی‌دار نمی‌باشد.

نتایج بدست آمده از مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که فرکانس‌های ۳۵ و ۳۰ کیلو هرتز باعث بیشترین تعداد فرار شپشه قرمز آرد در اثر امواج شده است. فرکانس‌های ۴۰، ۴۵ و۵۰ کیلوهرتز در یک گروه قرار گرفته‌اند. در نتیجه می‌توان گفت که تأثیرات این فرکانس‌ها بر دور کنندگی حشره یکسان بوده است و اثر کمتری نسبت به فرکانس‌های ۳۰ و ۳۵ کیلو هرتز داشته‌اند. ساختار فیزیولوژیکی و آناتومیک بدن شپشه قرمز آرد می تواند از دلایل اصلی حساسیت این حشره به فرکانس های ذکر شده باشد. اساسا تمامی حشرات و موجودات زنده دارای فرکانس طبیعی معینی هستند که بستگی به شرایط جسمی و جرم موجود زنده دارد. بنابراین فرکانس های نزدیک به فرکانس طبیعی هر موجود زنده ای و یا مضربی از آن می تواند شرایط عادی زیستی آن موجود را به هم زده و ایجاد ناامنی بی قراری نماید.

شکل (۴) نشان می‌دهد که زمان‌های ۶، ۱۲ و ۲۴ ساعت بیشترین درصد فرار دیده شده است. از شکل (۴) می‌توان نتیجه گرفت که افزایش زمان از ۳ به ۶ ساعت، باعث افزایش درصد فرار حشره از محیط شده است. در زمان‌های۶، ۱۲ و ۲۴ ساعت کار کردن دستگاه، اثر معنی داری در دور کردن حشره از محیط مشاهده نشده است و این زمانها همه در یک گروه قرار دارند. از دلایل این مسئله که در زمان‌های بالای ۶ ساعت فرار حشره افزایش معنی داری نداشته، این است که آفات قابلیت تطبیق با شرایط محیط را دارند و پس از زمان مشخصی (در این آزمایش ۶ ساعت برای این آفت)، با محیط سازگار می‌گردند. بنابراین نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که لزومی به استفاده بیشتر از ۶ ساعت در محیط برای دفع این نوع آفت نیست. که این مسئله باعث کاهش هزینه‌ها و مصرف انرژی نیز می‌گردد. از طرفی با خاموش شدن دستگاه و قطع امواج آلتراسونیک ممکن است که حشره و آفات به محیط باز گردند، برای جلوگیری از بازگشت حشرات بایستی در دوره‌های زمانی مشخص، دستگاه روشن شده و امواج آلتراسونیک را در محیط منتشر کند تا مسئله بازگشت آفت به محیط ایجاد نگردد.

بررسی اثرجذب کنندگی امواج آلتراسونیک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر جذب کنندگی امواج آلتراسونیک روی شپشه قرمز آرد در جدول (۲) نشان داده شده است. چنانچه نتایج نشان می‌دهد، اثر فرکانس روی جذب کنندگی آفات در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی دار شده ولی متغیر زمان دارای اثر معنی‌داری نمی‌باشد. در بررسی تأثیرات زمان روی اثر جذب کنندگی به این نتیجه می‌توان رسید که حشره از ابتدای زمان شروع انتشار موج در تمامی فرکانس‌ها تا پایان انتشار، هیچ‌گونه تمایلی برای حرکت به سوی منبع تولید موج ندارد و به این دلیل تأثیرات زمان معنادار نمی‌باشند. ولی فرکانس موج تولیدی با تأثیراتی که روی عکس‌العمل حرکتی و تصمیم گیری در جهت حرکت حشره دارد اثر معناداری به جا گذاشته است.

احتمالا از دلایل مهم حرکت آفت به سمت منبع تولید موج، می‌توان به سردرگمی حشره اشاره نمود که به دلیل ناامنی محیط و آزار دهنده بودن آن، در انتخاب مسیر دچار اشتباه شده و به طرف منبع تولید موج حرکت می‌کند.

مقایسه اثر دفع کنندگی و جذب کنندگی امواج آلتراسونیک

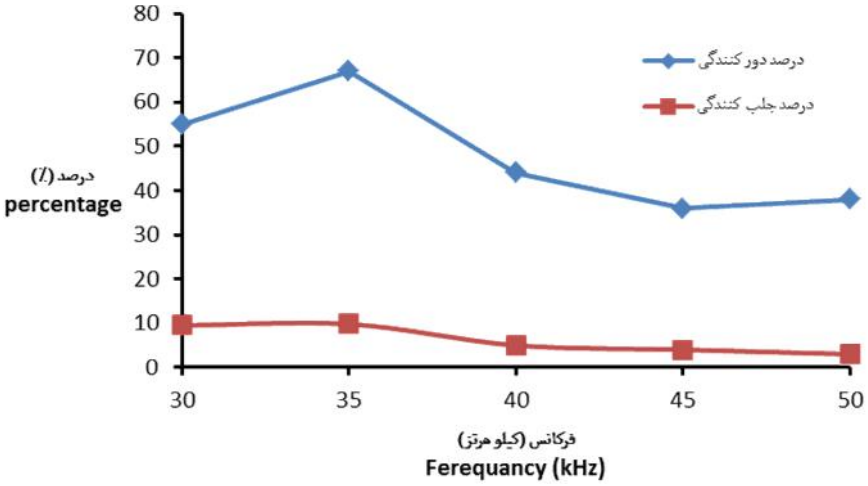
همان‌طوری که از تجزیه واریانس داده‌ها در جداول (۱) و (۲) ملاحظه می‌گردد، فاکتور فرکانس در هر دو شرایط اثر معنی داری بر رفتار حشره داشته، بنابراین می‌توان میانگین اثر جذب کنندگی و دور کنندگی را در فرکانس‌های مورد آزمایش با یکدیگر مقایسه نمود. با توجه به شکل (۵) و مقایسه نمودار میانگین اثر دور کنندگی و جذب کنندگی در فرکانس‌های مختلف فاصله بین این دو اختلاف نشان داده شده است. در نتیجه به هر میزان که این فاصله افزایش یابد، تأثیر فرکانس روی حشره بیشتر بوده است. نمودار نشان می‌دهد که مناسب‌ترین فرکانس به منظور دفع حشره، فرکانس ۳۵ کیلوهرتز می‌باشد.

1- Duncan,s

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر جذب کنندگی امواج آلتراسونیک بر شپشه قرمز آرد

Table 2- Analysis of variance effect of ultrasonic wave on ability to attract *Tribolium castaneum*

منبع Source of change	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean squares	مقدار F F value	احتمال Probability
زمان Time	3	0.55	0.855	0.47
فرکانس Frequency	4	5.94	9.14	0.0005
زمان *فرکانس Frequency * Time	12	0.09	0.15	0.99
خطا Error	40	0.65		
کل Total	59			



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر دفع کنندگی و جذب کنندگی فرکانس‌های مختلف بر شپشه قرمز آرد

Figure 5- Comparison of averages the effect of ability to attract and repellent *Tribolium castaneum*

باید توجه نمود که فرکانس‌های دیگر نیز تأثیر محسوسی روی دفع این نوع آفت داشته‌اند و با مقایسه میانگین اثر دور کنندگی و اثر جذب کنندگی در تیمار شاهد و نمونه اصلی می‌توان نتایج این تأثیرات را مشاهده نمود.

می توان دلایل اصلی اثر دور کنندگی امواج آلتراسونیک روی شپشه قرمز آرد را در موارد زیر خلاصه نمود : ۱- ارتعاشات به وجود آمده از این امواج روی بدن حشرات باعث شده است که محیطی همیشه مرتعش و نوسان‌دار برای این حشره فراهم شود که به صورت یقین برای زندگی و ادامه حیات این حشرات خوشایند نمی‌باشد. ۲- ارتعاشات پی‌درپی و بی وقفه باعث تحریکات عصبی و فیزیکی این حشرات نیز می‌شود. ۳- شاخک‌های ارتباطی جزو اعضای حسی و ارتباطی این حشرات بوده که به احتمال زیاد از قسمتهای اصلی دریافت کننده امواج آلتراسونیک در بدن حشره نیز می باشد. برخورد امواج آلتراسونیک به این شاخک ها، ارتعاشات نویز مانند را ایجاد و کلیه ارتباطات این حشره را دچار اختلال نموده و نوعی حس ناامنی و خطر را در این حشره ایجاد می نماید. بنابراین، حشرات ترجیح می‌دهند تا حد ممکن خود را از محدوده فرکانسی این امواج دور کرده و وارد محیطی عاری از این امواج گردند. ۴- از دیگر مزایای این روش در کنترل آفات انباری می توان به کنترل رشد و تکثیر حشره اشاره نمود. به این صورت که با ایجاد محیطی ناامن برای زندگی این حشرات، تأثیر بسیار مثبتی روی عدم تولید مثل و تکثیر این حشرات داشته و این امر باعث می‌شود که در محیط انبار که امواج آلتراسونیک در آن‌ها وجود دارد اقدام به تخم ریزی نکنند.

نتیجه گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از امواج آلتراسونیک می‌تواند باعث فرار شپشه قرمز آرد از محیط انبار شود. این نتایج نشان می‌دهند که حشره تمایل بسیار زیادی برای فرار از محیط دارد. بنابراین از تمامی جهات برای خروج از محیط استفاده می‌کند. اثر

جذب کنندگی به دلیل استفاده از سایه امواج آلتراسونیک یا سردرگمی شدید حشره در امر مسیریابی بوده است. با توجه به بررسی تجزیه واریانس داده های مربوط به اثر دور کنندگی و اثر جذب کنندگی امواج آلتراسونیک روی شپشه قرمز آرد در فرکانس های مختلف، مشخص شد که دو متغیر فرکانس و زمان در اثر دفع کنندگی و متغیر فرکانس در اثر جذب کنندگی معنادار می‌باشند. با بررسی گروه بندی میانگین های فرکانس و زمان در اثر دور کنندگی، فرکانس ۳۵ کیلو هرتز به عنوان دور کننده ترین فرکانس امواج آلتراسونیک روی شپشه قرمز آرد می‌باشد. لازم به ذکر است که این آزمایش بایستی روی آفات انباری دیگر نیز آزمایش گردد تا فرکانس‌های مناسب دفع هر آفت مشخص گردد. ضمن اینکه سیستم ساخته شده را می‌توان طوری برنامه ریزی کرد که در بازه‌های زمانی معین فرکانس‌های مختلف را در محیط منتشر نماید تا از این طریق بتوان آفات مختلف را از محیط دور کرد. بررسی حاضر نشان داد که استفاده از روش کنترل فیزیکی با استفاده از امواج صوتی به عنوان یک روش ایمن، بی ضرر و سازگار با محیط زیست قابلیت استفاده در انبارها و سیلوهای محصولات انباری و غلات را داشته و در برنامه مدیریت تلفیقی آفات انباری می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. هر چند که برای اطمینان از عملکرد مناسب و دقیق این سیستم نیاز به مطالعات بیشتر در این زمینه ضروری می‌باشد.

منابع

1- Angir T. 2010. Health effects of exposure to ultrasound and infrasound. Health Protection Agency, 5: 167-171.
2- Bagheri Z.A. 1986. Different method of pests control. p 234-278. Adib publication, Tehran, Iran. (in Persian)
3- Bollen A.F., and Dela R.B. 1999. Hydrodynamic heats transfer a technique for disinfestation. Postharvest Biology and Technology, 17: 41-133.
4- Dal Bello G., Padin S., Lopez C., and Fabrizio D. 2001. Laboratory evaluation of chemical-biological control of rice weevil (Sitophilus oryzae L.) in stored grain. Journal of Stored Product Research, 37: 77-84.
5- Fields P.G., and White D.G. 2002. Alternatives to methyl bromide treatments for stored-product and quarantine insects. Annual Review of Entomology, 47: 331-359.
6- Fiells P.G., and Muir W.E. 1996. Physical control. Integrate management of insect in stored product. Marcel Dekker, Inc., New York, 195-221.
7- Goncalves J.R., Farani L.R., Guedes R.N., and Deoliviea G.R. 2004. Insecticide selectivity to the parasitic mite Acarophenax lacounatus (prostigmata: Acaropheacidae) on Rhyzopertha dominica (Coleoptera Bostrychidae). Neotropical Entomology, 33(2): 243-248.
8- Halverson W.R., Bigelow T.S., and Halverson S.L. 2003. Design of high power microwave applicator for the control of insect in stored products. ASAE paper No.036156. St. Joseph, MI: ASABE.
9- Harein, P. K., and Meronack R. 1995. Stored grain losses to insects and molds and importance of proper grain management in V. krischik., C. Cuperus., and D. galliart., Stored Product Management, pp 29-31. E912. CES. Div Agric. Sci. Res.
10- Jayas D., White N. G., and Muir E.W. 1994. Stored grain ecosystem. Marcel Decker. Inc. New York. Basel. Hong kong. 1-30.
11- Mankin R., Hagstrum D.W., Smith M.T., Roda A.L., and Kario T. 2011. Perspective and promise a century of insect acoustic detection and monitoring. American Entomologist, 57: 30-44.
12- Mason L.J., and Strait C.A. 1998. Stored product integrated pest management with extreme temperatures. Available in: http://cipm.ncsu.edu/ipm text/chap6.pdf. (Visited 10 April 2012).
13- Rajendran S. 2002. Postharvest pest losses. In: Pimentel, D. (Ed.), Encyclopedia of Pest Management. Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 656.
14- Vadivambal R.D.S., Jayas D., and White N.D.G. 2007. Wheat disinfestations using microwave energy. Journal of Stored Products Research, 43: 508-510.
15- Vincent C., Hallman G., Panneton B., and Lassard F. 2003. Management of agriculture insects with physical control method. Horticultural Research and Development Centre, 48:81-96.