تعیین فرکانس آزاردهنده برای زنجرک ذرت توسط امواج فراصوت

مهدی کسرایی[1*]، محمدرضا زارع زاده[2]
۱- عضو هیئت علمی گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شیراز، kasraei@shirazu.ac.ir
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شیراز

چکیده

آفت‌ها سالانه خسارات قابل توجهی به محصولات کشاورزی و انباری وارد می‌کنند. این خسارت‌ها شامل از بین رفتن مواد غذایی، هزینه-های سمپاشی، ضررهای ناشی از ورود سمپاش‌ها به مزرعه و ایجاد مسمومیت می‌باشند. با توجه به فرکانس های قابل درک برای هر آفت و تغییر آن فرکانس‌ها می‌توان برای کنترل آن آفت اقدام نمود. هدف از این پژوهش تعیین فرکانس آزاردهنده برای آفت زنجرک *Laodelpha striatellus* Fallen بود. در آزمایش‌ها از سیستم الکترونیکی ارسال‌کننده امواج فراصوت که شامل ۵ عدد فرستنده بود، استفاده شد. این سیستم قادر به ارسال امواج فراصوت از ۱۵ تا حدود ۱۰۰ کیلوهرتز بود. آزمایش‌ها به صورت آزمایشگاهی و بر روی آفت زنجرک ذرت صورت گرفت و درصد آفت های دور شده از منبع ارسال امواج محاسبه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. پارامتر مورد آزمایش، فرکانس بود. آزمایش-ها در ۵ فرکانس و یک آزمایش شاهد و در ۳ تکرار انجام شدند. نتایج نشان داد تأثیر فرکانس های ۳۰ و ۳۵ کیلوهرتز در دور نمودن آفت‌ها، تفاوت معنی‌داری (در سطح ۵٪) با سایر فرکانس‌ها داشت و با افزایش فرکانس از ۳۵ کیلوهرتز مقدار تأثیر کمتر شد.

کلمات کلیدی: دورشوندگی، فراصوت، فرکانس، *Laodelpha striatellus* Fallen

مقدمه:

کلمه Pest از ریشه لاتین "Pestic" به معنی آفت یا بلا است و اغلب برای توصیف علف‌های هرز، مهره داران، حشرات، کنه‌ها، عوامل بیماری‌زا و دیگر موجوداتی که در جای ناخواسته وجود داشته باشند، استفاده می‌شود (احمدی ۱۳۷۳). اعضای حس شنوایی در حشرات مختلف متفاوت است. در بعضی حشرات مانند پروانه‌ها، موهای ظریف سطح بدن از نظر حس شنوایی اهمیت دارند. در سوسری‌ها و سیرسیرک‌ها موهای حسی پیوست‌های انتهای شکم نسبت به ارتعاشات خیلی ضعیف و یا قوی حساس هستند. کامل ترین دستگاه شنوایی، عضو تیمپانال[1] است که به منزله گوش حشرات به حساب می‌آید و در زنجره‌های خانواده سیکادیده[2] در حلقه دوم سینه مشاهده می‌گردد. عضو تیمپانال متشکل از یک پرده کوتیکولی نازک و شفاف به نام طبل قرار دارند. (اسماعیلی و همکاران ۱۳۷۲). زنجره (Cicadellidae) از راسته جوربالان (Homoptera) می‌باشد. واژه این راسته از دو کلمه Homo به معنی یکنواخت و Ptera به معنی بال‌ها تشکیل شده است. حشره دارای خرطومی است که با فرو بردن آن در نسج گیاهی از شیره تغذیه نموده و محل تغذیه به رنگ قرمز در می‌آید (بهداد، ۱۳۶۱). تولید صدا در

[1] Tympanal
[2] Cicadidae

زنجره‌ها از نظر حیاتی حائز اهمیت می‌باشد. نر و ماده توسط اندام‌های شنوایی تیمپانال موجود در دو طرف دومین استرنوم شکم امواج صوتی را دریافت می‌کنند (مدرس اول، ۱۳۸۸). همان طور که اشاره شد، در این پژوهش، از امواج فراصوتی برای کنترل و دور نمودن آفت زنجرک ذرت استفاده نمودیم. اصولاً به امواج صوتی با فرکانس بالای ۲۰ کیلوهرتز فراصوت گفته می شود. اخیراً استفاده از صوت و فراصوت کاربردهای گسترده ای در زمینه های مختلف مثل کشاورزی (آزوبل[1] و همکاران، ۲۰۱۰)، صنایع غذایی (برمودز[2] و همکاران، ۲۰۰۹)، حشره شناسی (میللر[3] ۱۹۷۵)، دامپزشکی (ساندرسن[4] و همکاران ۲۰۰۳) و پزشکی (توی رس[5] و همکاران ۲۰۰۲) داشته اند. عملی که در فرستنده های فراصوتی برای ارسال امواج استفاده می شود، اثر پیزوالکتریک است. پیزوالکتریک در اثر ضربه تولید ولتاژ می‌نماید و برعکس، یعنی در اثر تحریک الکتریکی تغییر شکل می‌دهد.

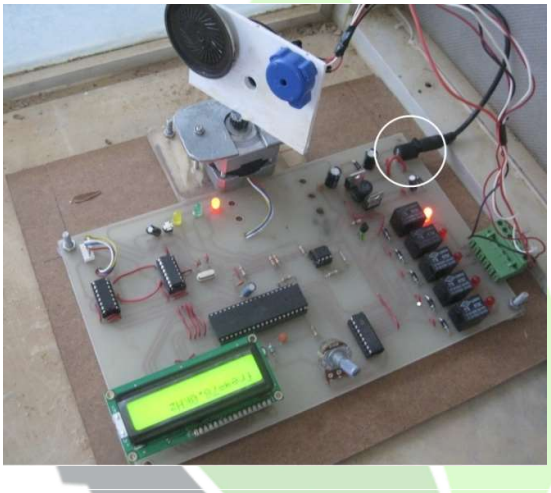
میللر (۱۹۷۵)، رفتار دو پروانه *green lacewing* و *chrysopa carnea* را در حضور امواج فراصوت بررسی کرد و نتایج قابل توجهی گرفت: پروانه *green lacewing* در حضور امواج فراصوت پرواز را متوقف می‌کند. این رفتار با خم شدن بال ها حدود ۴۰ میلی ثانیه پس از تحریک شروع می‌شود. بعد از ۶۶ میلی ثانیه از پرواز غیر مستقیم، ماهیچه ها گرفته خواهند شد و متوقف می‌شوند. البتّه پس از مدت زمان معینی دوباره به پرواز درمی‌آیند که این مدت زمان معین به طول دوره ی تحریک شدن با امواج بستگی دارد. امواج فراصوتی اعمال شده در پژوهش ایشان در محدوده ۱۵ تا ۱۴۰ کیلوهرتز و دارای شدت صدای بالای ۵۵ دسیبل بوده است. همچنین ایشان در مقالهٔ سال ۱۹۷۱ خود، به بررسی پاسخ فیزیولوژیکیgreen lacewing در مقابل امواج فراصوت پرداخت. ایشان متوجه شد که: قسمت حس کننده امواج صوتی این موجود، با نام تیمپانال یک قسمت برآمدهٔ کوچک شعاعی در نزدیکی محل اتصال هر یک از بال‌های جلو به بدن می‌باشد و در نقش یک گیرنده امواج صوتی است، فرکانس صوت حس شونده در این پروانه بین ۱۳ تا ۱۲۰ کیلوهرتز متغیر است و شدت احساس امواج صوتی حدود ۲۰ دسی‌بل کمتر از احساس این اندام در پروانه های نوکتوئید[6] می‌باشد. پژوهش‌های مشابهی توسط روئدر[7] (۱۹۶۷) انجام شد که در آن تمایل به چرخش پروانه های درحال پرواز هنگام مواجه شدن با امواج فراصوت مشاهده شد. کم‌ترین زمان برای این واکنش، ۴۵ تا۵۰ میلی ثانیه ثبت شد. سیگنال‌های لرزشی یکی از راه های ارتباطی در حشرات هستند. این سیگنال‌ها در رفتارهای جنسی، دفاعی و هشدار حشرات مورد استفاده قرار می گیرند و در اعضای خاصی در حشرات تولید می شوند و توسط اعضای حساسی دریافت می شوند. سیگنال‌های لرزشی که به منظور جفت‌گیری ارسال می شوند، این امکان را برای جفت فراهم می‌کند که علاوه بر این که حشره هم گونه خود را شناسایی کند، موقعیت مکانی جفت را هم روی گیاه تشخیص می‌دهد (اریکسون[8] و همکاران ۲۰۱۲). در روش اختلال صوتی برای کنترل آفات، می‌توان با پخش فرکانس های صوتی ویژه ای از جفت‌یابی و در نهایت تولید مثل آنان جلوگیری کرد. در این گونه حشرات، نرها برای جفت‌گیری با یکدیگر رقابت می-کنند و به منظور کاهش پاسخ ماده‌ها به نرهای دیگر صداهای تداخلی ایجاد می‌کنند که می‌توان با پخش این صدا در جفت‌یابی ماده‌ها تداخل ایجاد کرد (کولی[9] و مارشال[10] ۲۰۰۱). اوجی اردبیلی و نوذری (۱۳۸۸)، با استفاده از امواج صوتی، پرنده خسارت‌زای گنجشک معمولی را که به

[1] Azoubel
[2] Bermudez
[3] Miller
[4] Sandersen
[5] Toyras
[6] Noctuid
[7] Kenneth D. Roeder
[8] Eriksson
[9] Cooley

راحتی نمی‌توان علیه آن‌ها از سموم شیمیایی استفاده کرد، از مزرعه جمع آوری نمودند. روش کار بدین صورت بود که قبلاً صدای دوگونه زنجره (*Cicada orni* و *Okanagana rimosa*) را ضبط کرده و در مزرعه پخش کردند. آن ها مشاهده کردند که امواج صوتی زنجرهٔ *Cicada orni* در فاصله ۳ متری منبع تولید صوت، دارای اثر جلب کنندگی مناسبی روی گنجشک ها می‌باشد. هدف از این پژوهش به دست آوردن فرکانس آزاردهنده برای زنجرک ذرت در راستای نیل به هدف کنترل الکترونیکی آفات بود.

مواد و روش ها:

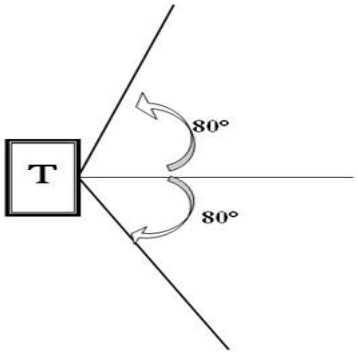
به منظور کنترل و دور کردن آفت ها با امواج فراصوت دستگاهی طراحی و ساخته شد (شکل ۱).



شکل ۱– دستگاه فرستنده امواج فراصوتی

دستگاه شامل سه فرستنده امواج فراصوت، یک مدار الکترونیکی و یک موتور پله ای[2] بود که با توسه دستگاه، تعداد فرستنده ها به ۵ عدد رسانده شدند (شکل ۳). این سیستم با منبع تغذیه ۱۲ ولت DC و جریان ۲ آمپر تغذیه می‌شد. این دستگاه قادر به ارسال امواج فراصوت از ۲۰ کیلوهرتز تا بیش از صد کیلوهرتز بود که طبق برنامه نوشته شده برای میکروکنترلر امواج با رزولوشن یک کیلوهرتز ارسال می‌نمود و فرکانس در هر لحظه از روی نمایشگر قابل مشاهده بود.

[1] Marshall
[2] Step motor



شکل ۲– زاویه انتشار امواج فراصوتی

شکل ۳– توسعه یافتن فرستنده ها از سه عدد به ۵ عدد

قسمت مکانیکی دستگاه

اصولاً امواج خروجی انتشار یافته از یک فرستنده (صوتی یا فراصوتی) با زاویه خاصی انتشار می‌یابند که مطابق شکل ۲ معمولاً ۸۰ درجه می‌باشند. به این ترتیب، وقتی هدف، انتشار امواج در یک محفظه یا محیط در همه جهات باشد، لازم است یا در همه جهت ها فرستنده داشته باشیم (که در این صورت از کیفیت کار فرستنده ها و امواج کاسته می‌شود) و یا باید فرستنده ها همواره در حال چرخش باشند.

چرخاندن مداوم فرستنده ها ایدهٔ جالبی به نظر می‌رسد که هم هزینه حسگرهای بیشتر در همه جهت ها را ندارد و هم کیفیت امواج ارسال شده بهتر خواهد بود. البته این مورد نیز یک مشکل اصلی دارد و آن ارتباط حسگرها توسط سیم به سیستم می‌باشد؛ یعنی در صورت چرخش، سیم‌ها به دور موتورِ چرخاننده، چرخیده و موجب گیر کردن و عدم چرخش آنها می‌شود و یا منجر به پارگی و جدا شدن سیم ها از فرستنده‌ها خواهد شد. برای رفع مشکلات اشاره شده؛ سه نوع چاره به ذهن رسید: الف) ارتباط فرستنده ها را از حالت سیمی در آورده و از ارتباط بی‌سیم بهره گرفت که در این صورت به خاطر این که نمونه ساخته شده آزمایشگاهی بوده، هزینه های ساخت بالا می‌رفت که در حد امکان ما نبود. ب) برای این کار از تعدادی ذغال که به حالت حلقه های تو در تو در نظر گرفته شد، استفاده می‌نمودیم. این حالت نیز به خاطر وجود تعداد زیاد سیم (پنج جفت برای پنج فرستنده) که باعث بزرگی سیستم چرخنده و نیز عمر کم‌تر سیستم چرخش می‌شد، مناسب تشخیص داده نشد. ج) استفاده از روش چرخش رفت و برگشتی، یعنی ۱۸۰ درجه گردش به سمت چپ و سپس برگشت و ۱۸۰ درجه چرخش به سمت راست که ما این روش را به دلیل آن‌که امکان ساخت آن فراهم بود، انتخاب کردیم.

ما از یک موتور پله ای که با برنامه نوشته شده برای میکروکنترلر و دستورات آن، چرخش به سمت چپ و راست را با سرعت ثابتی انجام می‌داد، استفاده نمودیم. به همین منظور فرستنده ها به یک صفحه جمع آوری و متصل شدند و این صفحه به نقطه چرخنده ی موتور پله ای متصل شد (قابل مشاهده درشکل ۱). موتور پله ای به خاطر چرخش های زاویه ای کوچک و دقیق خود، ارتعاش زیادی داشت. به همین دلیل احتمال کاهش عمر و نیز بروز خطا در نتایج حاصل از آزمایش ها وجود داشت. خطا در نتایج به این صورت پیش‌بینی شد که پس از آزمایش نمودن آفت ها با فرکانس های مختلف، در صورت فرار نمودن آفت ها، نمی‌توانستیم به یقین فرار نمودن آفت ها را به خاطر موج فراصوتی ارسال شده تلقی کنیم و در این نتیجه ممکن بود اثر ارتعاش و صداهای ناشی از آن نیز مؤثر می‌بودند.

به خاطر مشکلات فوق یک ورق فلزی را در بالای موتور پله ای قرار دادیم و با دو عدد پیچ به پایه متصل نموده و سفت کردیم. این کار تا حد زیادی باعث کاهش ارتعاش شد.

به منظور انجام آزمایش ها و امتحان کردن فرکانس های مختلف برای تعیین واکنش و نتیجه بر روی آفت مورد نظر، لازم بود تا برای هر آزمایش و داده برداری، تعدادی آفت از مزرعه (حداقل ۱۰–۱۵ عدد) جمع آوری شده و به محل انجام آزمایش انتقال داده شود. انجام ندادن آزمایش ها در مزرعه چند علت اصلی داشت. از مهمترین آن ها می‌توان به دقیق بودن و شمارش کامل آفت های فرار کرده و نیز کیفیت بهتر امواج در یک محفظه نسبت به محیط باز و مزرعه و برد کمتر فرستنده های مورد استفاده، اشاره نمود. آفت های مورد نظر، با دستگاه مکش مستقیم[۱] حشرات (دیوک) از نوع کوله پشتی (SHRED 'N' VAC) مدل ES-210 (شکل۴) از مزرعه جو دانشکده کشاورزی جمع آوری شدند.

شکل۴– دستگاه مکش حشرات (دیوک)

[۱] Direct Vacuum

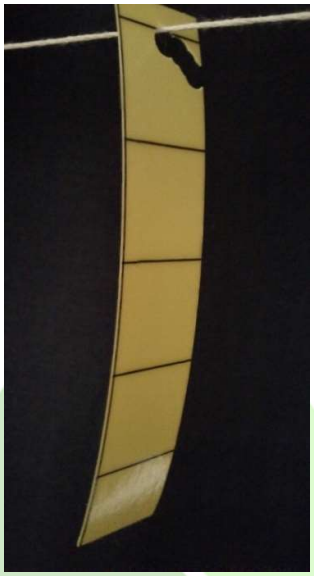
شکل ۵– محفظه آزمایش دستگاه

در تحقیق حاضر، آفت زنجرک ذرت برای انجام تحقیقات دقیق و تعیین فرکانس آزاردهنده توسط امواج فراصوت انتخاب شد. به این منظور با تحقیقات انجام شده، مزرعه جو واقع در پشت بخش صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز برای جمع آوری آفات زنجرک انتخاب شد. جمع آوری زنجرک ها در اردیبهشت و خرداد ماه سال ۱۳۹۲ و اغلب قبل از ظهر ساعت حدود ۱۰ الی ۱۲ صورت گرفت. آفت‌های جمع شده از مزرعه توسط دستگاه دیوک داخل یک بطری تخلیه می‌شد و در هنگام شروع آزمایش داخل محفظه رها شدند. محل آزمایش یک محفظهٔ مستطیل شکل (شکل۵) واقع در یکی از اتاق‌های گلخانه مرکز تحقیقات ویروس‌شناسی دانشگاه شیراز قرار داشت. ابعاد محفظه ۱۳۰*۹۰*۸۰ سانتی متر می باشد. کف این محفظه، فلزی و سقف آن شیشه‌ای بود. دو وجه کناری که بزرگترین وجه های محفظه بودند، شیشه ای بود. یکی از این دو وجه به طور کشویی باز و بسته می‌شد و آفت ها از این قسمت وارد می‌گردیدند. دو وجه دیگر که وجه‌های کوچک محفظه بودند، توری زده شده بود. دستگاه فرستنده، در بیرون و نزدیک وجه کوچک محفظه که توری می‌باشد، مستقر بود. این کار دو دلیل اصلی داشت: ۱– در این وجه توری قرار داشت و شیشه ای نبود. شیشه سبب کاهش انرژی امواج ارسال شده توسط دستگاه می‌شود و مقداری از امواج را بدون آن که عبور دهد، به طور کامل منعکس می‌نماید. ۲– بایستی امواج در جهت طول دستگاه ارسال می‌شدند تا آفت ها محلی برای آسایش و دوری از امواج را می‌یافتند؛ ارسال امواج در جهت عرض، باعث می‌شد که تقریباً همه نقاط محفظه برای زنجرک آزار دهنده باشد.

روش انجام آزمایش:

همان طور که اشاره شد، چند ماه برای تعیین آفت مورد بررسی، تحقیق و تست های اولیه صورت گرفت. پس از مشخص شدن آفت زنجرک برای این کار، اقدامات برای جمع آوری و بررسی و مطالعه های دقیق آغاز شد. مراحل کار به این صورت بود که ابتدا پس از آماده سازی محفظه و محل انجام آزمایش ها و استقرار دستگاه فرستنده امواج فراصوت در محل مناسب، شروع به جمع آوری آفات می‌کردیم.

آماده سازی محفظه به این صورت بود که با استفاده از کارت های رنگی زرد چسبناک مدل NHP ساخت کشور انگلستان و بریدن کارت‌های بزرگ و تقسیم آن ها به قطعات کوچک و هم اندازه در هشت گوشه دستگاه مقدار تأثیر امواج را مطالعه می‌کردیم. ابعاد کارت های رنگی نصب شده در گوشه های محفظه، ۲۰*۱۰۰ میلی متر بودند.



شکل۶- کارت رنگی چسبناک مستقر در گوشه های محفظه مورد آزمایش

شرح آزمایش ها:

برای محاسبه و تعیین تعداد آفت های فرار کرده از منبع ارسال امواج فراصوت، همان‌طور که اشاره شد، در هشت گوشه محفظه، کارت های رنگی چسبناک نصب شد. آزمایش در فرکانس های ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۵۰ کیلوهرتز انجام شد.

آزمایش با هدف کشف محدودهٔ فرکانسی آزار دهنده آفت صورت گرفت. برای این کار محفظه ای که آفت در حین آزمایش در داخل آن قرار گرفته می‌شد، به گونه ای آماده می‌شد که همه نقاط محفظه از لحاظ دما، رطوبت، نور و حتی ارتفاع از زمین در شرایط یکسانی قرار می-گرفت. داخل محفظه هیچ ماده ای غیر از حشره مورد نظر قرار نمی‌گرفت، چرا که وجود هرگونه شیئ در مسیر ارسال امواج از فرستنده تا عضو شنوایی آفت، موجب افت کیفیت موج شده و از قدرت و شدت صوت (dB) می‌کاست و به بیان دیگر موجب بروز خطا در آزمایش می‌شد. به هر حال؛ پس از تهیه کردن آفت‌ها، دستگاه را روشن نموده و در فرکانس ۲۵ کیلوهرتز تنظیم می‌کردیم و آفت را در داخل محفظه انداخته (بایستی دقیقاً در وسط محفظه انداخته می‌شد تا فاصله آفت ها از گوشه ها که محل نصب کارت ها بود، برابر می‌شد) و بلافاصله برای جلوگیری از خروج آن ها در را می‌بندیم. قبلاً داخل محفظه در هشت گوشه آن کارت های رنگی چسبناک نصب شده بود. دستگاه به مدت ۵ ساعت امواج را ارسال می‌نمود. پس از پایان ۵ ساعت، دستگاه را خاموش کرده و تعداد آفت های چسبیده به کارت ها شمارش می‌شد. کار مقایسه به این صورت بود که درصد "مجموع تعداد آفت های چسبیده به چهار کارت نزدیک به فرستنده" با "مجموع تعداد آفت های روی کارت های واقع

در وجه دورتر نسبت به دستگاه" محاسبه می‌شدند. این آزمایش در ۳ تکرار و در فرکانس های ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۵۰ کیلوهرتز نیز صورت گرفت و نتایج با آزمایش شاهد یعنی انجام آزمایش‌ها با دستگاه خاموش مقایسه گردیدند. همه آزمایش‌ها در مدت زمان ۵ ساعت انجام گرفتند.

نتایج آزمایش ها با نرم افزار MSTATC و بر اساس $\text{Arcsin}\sqrt{x}$ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند (Westhof, 1999). مقایسه میانگین ها با آزمون دانکن و در سطح احتمال آماری ۵ درصد انجام شدند. پس از هر آزمایش، داده‌ها در فایل های جداگانه دسته بندی شدند. همچنین نمودارها با نرم افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث:

میانگین نسبتِ مجموع آفت های چسبیده شده به دورترین کارت‌های رنگی از منبع صوت، به کل آفت‌های چسبیده شده به کارت ها در آزمایش شاهد[۱]، ۴۸.۶۱٪ بود. یعنی همان‌طور که انتظار می‌رفت تقریباً نصف آفت ها در سمت چپ و نصف دیگر در سمت راست محفظه جمع شدند. این در حالی بود که در فرکانس ۳۰ کیلوهرتز که بیشترین تأثیر را داشت، ۷۶.۷٪ آفت‌ها دور شده اند، یعنی ۲۸.۰۹٪ بیشتر از آزمایش شاهد. همچنین فرکانس ۳۵ کیلوهرتز نیز طبق شکل ۱۳ اختلاف زیادی با این مقدار نشان نداد (۷۲.۴۶٪ آفت ها دور شده اند) و در یک دسته قرار گرفتند

.

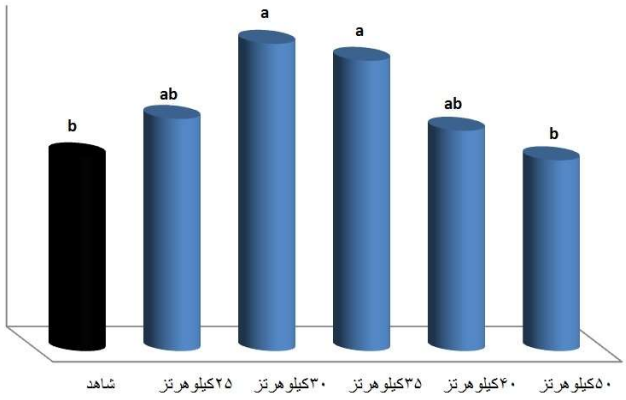
جدول۱– تجزیه واریانس داده های آزمایش تأثیر امواج فراصوت روی زنجرک

منبع تغییرات	درجه آزادی DF	مجموع مربعات SS	میانگین مربعات MS	مقدار F	احتمال P
فرکانس	5	837.718	167.544	3.4404*	0.0456
خطا	10	486.994	48.699		
کل	17	1419.634			CV= %13.53

* در سطح احتمال ۵٪ معنی دار است.

شکل ۷ تاثیر فرکانس‌های مختلف را روی زنجرک در مدت زمان ۵ ساعت نشان می‌دهد که در آن حروف غیر مشابه نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال آماری ۵ درصد در آزمون دانکن می‌باشد.

[۱] انجام آزمایش با دستگاه خاموش



شکل۷- مقایسه تأثیر فرکانس های مختلف امواج فراصوت روی زنجرک در مدت زمان ۵ ساعت

طبق شکل ۷، فرکانس‌های ۳۰ و ۳۵ کیلوهرتز بیشترین اثر دورکنندگی را داشته است. با افزایش فرکانس از ۳۵ کیلوهرتز به تدریج دورکنندگی کم شده است به طوری که در فرکانس ۵۰ کیلوهرتز این اثر بسیار کم شده و در حدود آزمایش شاهد پایین آمده است.

آزمایش فوق نشان می‌دهد فرکانس‌های صوتی بالای ۴۰ کیلوهرتز احتمالاً توانایی و قابلیت تحریک تیمپانال‌های زنجرک که در حکم گوش برایش هستند را ندارند یعنی در محدوده شنوایی آن نمی باشند و یا حداقل می‌توان نتیجه گرفت فرکانس‌های بالای ۴۰ کیلوهرتز نمی-توانند موجب آزار و دور شدن زنجرک شوند. به علت این‌که قبلاً موضوع مشابه در این موضوع یعنی کنترل هر نوع آفت با امواج فراصوت یا هر موج دیگر کار نشده است، امکان مقایسهٔ نتایج این پژوهش با سایر پژوهش‌ها وجود نداشت و صرفاً نتایج همین مقاله بررسی و تحلیل و بحث شده است.

از نتایج نهایی این پژوهش می توان استنتاج کرد که آفت زنجرک ذرت قابل کنترل با امواج فراصوت می باشد. البته به دلیل این‌که آزمایش‌ها در حد آزمایشگاهی و در سطح کوچک انجام گرفت است، برای حصول اطمینان بیشتر بایستی پژوهش‌های بیشتری انجام بگیرد.

نتیجه گیری نهایی

نتایج این پژوهش را می توان به ترتیب زیر بیان نمود:

- فراصوت روش موثر و مناسب برای کنترل آفاتِ دارای حس شنوایی می باشد و می توان با پیدا نمودن فرکانس شنوایی موثر آن حشره جهت کنترل آن اقدام نمود.
- آفت زنجرک ذرت با روش الکترونیکی قابل کنترل می باشد و امواج فراصوت توانایی دورکردن این آفت را دارا می باشند.
- فرکانس های ۳۰-۳۵ کیلوهرتز فرکانس موثر برای کنترل آفت زنجرک ذرت می باشد.
- با افزایش فرکانس، بالاتر از ۳۵ کیلوهرتز، اثر دورکنندگی امواج فراصوت کمتر می‌شود؛ به طوری که در آزمایش ها، دورکنندگی برای فرکانس ۵۰ کیلوهرتز با آزمایش شاهد یعنی عدم ارسال موج، تفاوت معنی دار ندارد.

فهرست منابع:

[۱] احمدی، م. ۱۳۷۳. شناسایی حشرات آفت و کنترل آن‌ها. انتشارات فرهنگ جامع، چاپ اول.

[۲] اسماعیلی، م. میر کریمی، ا. و آزمایش فرد، پ. ۱۳۷۲. حشره شناسی کشاورزی. انتشارات دانشگاه تهران. چاپ دوم.

[۳] اوجی اردبیلی، م. و نوذری، ج. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر آواز فراخوانی مصنوعی دو گونه زنجرهٔ *Cicada orni* و *Okanagana rimosa* (Hemiptera: Cicadidae) در جلب پرندهٔ خسارت‌زای گنجشک معمولی *Passer domesticus* (Passeriformes:Passeridae). نامه ی انجمن حشره شناسی ایران، ۲۹(۱). ۲۱-۱۳.

[۴] ایوزیان، م.، واقفی، ا. و اسماعیلی، ح. ۱۳۸۶. مبانی احتمالات و آمار مهندسی. جلد دوم. انتشارات ترمه.

[۵] بهداد، ا. ۱۳۶۱. آفات گیاهان زراعی ایران. چاپخانه نشاط اصفهان.

[۶] علیزاده، ب. و تاری نژاد، آ. ۱۳۸۰. کاربرد نرم افزار MSTATC در تجزیه های آماری. جلد اول. انتشارات ستوده.

[۷] مدرس اول، م. ۱۳۸۸. رده بندی حشرات (جلد اول). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

[۸] ولی زاده، م. و مقدم، م. ۱۳۸۱. طرح های آزمایشی در کشاورزی. چاپ هفتم. ویراست سوم. انتشارات پریور.

[۹] هیل، د. ا. مترجم سرایلو، م. ح. ۱۳۸۷. اهمیت اقتصادی حشرات. انتشارات دانشگاه علوم کشاورزی ومنابع طبیعی گرگان.

[10] Azoubel, P M. Melo Baima, M. A. Rocha Amorim, M. and Belem Oliveria, S S. 2010. Effect of ultrasound on banana cv Pacovan drying kinetics. Journal of Food Engineering. 97 pp 194–198.

[11] Bermudez-Aguirre D, Mawson R, Barbosa GV. 2008. Microstructure of fat globules in whole milk after thermosonication treatment. Journal of Food Science; 73: 325–32.

[12] Cooley, J. R. and D.C. Marshal, 2001. Sexual signaling in periodical cicadas, Magicicada spp.,(Hemiptera: Cicadidae). Beh.,138: 827-855.

[13] Eriksson, A., Anfora, G., Lucchi, A., Lanzo, F. and Virant-Doberlet, M. 2012. Exploitation of Insect Vibrational Signals Reveals a New Method of Pest Management. Pone. 1-5.

[14] Kenneth D, Roeder. 1967. Turning tendency of moths exposed to ultrasound while in stationary flight. Journal of Insect Physiology, Volume 13, Issue 6, pp 873-880.

[15] Miller, L A,. 1971. Physiological responses of green lacewings (Chrysopa, Neuroptera) to ultrasound. Journal of Insect Physiology, Volume 17, Issue 3, pp 491-499,pp 501-506.

[16] Miller, L A. 1975. The behavior of flying green lacewings, Chrysopa carnea, in the presence of ultrasound. Journal of Insect Physiology, Volume 21, Issue 1, pp 205-219.

[17] Sandersen, C., Guyot, H., Vandeputte, S., Carstanjen, B., Amory, H. and Rollin, F., 2003. Speed of sound measurements in the evaluation of bone properties in Holstein Friesian cows: a preliminary study. Acta Veterinaria Scandinavica Supplementum 2, 149.

[18] Toyras, J., Nieminen, M.T., Kroger, H. and Jurvelin, J.S., 2002. Bone mineral density, ultrasound velocity, and broadband attenuation predict mechanical properties of trabecular bone differently. Bone 31, pp 503–507.

[19] Westho , E. 1999. Practical Statistics for Experimental Biologists. 2nd edition by Wardlaw A.C. John Wiley & Sons, Chichester, P. 255.

Determine the Annoying Frequency for *Laodelpha striatellus* Fallen Pests by Ultrasonic Waves

Abstract:

Pests cause considerable damages in crops and store-products yearly. These damages can arise as loss of food, spraying costs, losses from agricultural machines entering to the farm for spraying and toxicities from pesticides. According to audible frequencies for each pest and changing of them, it can be attempted to control pest. The aim of this study was determine the annoying frequency for cicadellidae pests. This system is capable of transmitting ultrasound waves from 15 to about 100 kHz and includes 5 transmitters. Experiments were done on cicadellidae pest in laboratory conditions and percentage of repelled pests from wave source, were calculated and analyzed. The experiment factor was frequency. Experiments were concluded in five different frequencies, in three replicates. Results showed that repellency effects of 30 and 35 kHz frequencies have significant differences (at the level of 5%) with other frequencies and with increasing frequency from 35 kHz; the percentage of repelling was decreased.

Keywords: Repelling, Ultrasound, Frequency, Pest, *Laodelpha striatellus* Fallen