بررسی اثر نور و فراصوت به طور توام بر روی آفت زنجرک ذرت

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

برای مبارزه با آفات و کنترل آن‌ها روش‌های مختلفی وجود دارد. روش غالب سمپاشی است که امروزه به علت مشخص شدن ضرر و زیان هایش، جز در معدود موارد، استفاده از آن ها توصیه نمی شود. در روش های جدید کنترل آفات، با توجه به فرکانس های قابل درک برای هر آفت و تغییر آن فرکانس‌ها اقدام به کنترل آن ها می نمایند. هدف از این پژوهش بررسی اثر نور و فراصوت بر روی آفت *Laodelpha striatellus* Fallen می باشد تا با شناخت اثرگذاری آن ها بتوان اقدام به کنترل آن آفت نمود. امواج فراصوت از یک سیستم الکترونیکی ارسال‌کننده امواج فراصوتی که قادر به ارسال امواج از ۱۵ تا حدود ۱۰۰ کیلوهرتز بود ارسال می شد و از نور طبیعی برای بررسی تأثیر نور استفاده شد. آفت ها از مزرعه جمع آوری شده و به صورت آزمایشگاهی داخل یک محفظه مورد مطالعه قرار گرفتند. درصد آفت های دور شده از منبع ارسال امواج محاسبه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. پارامترهای مورد آزمایش فرکانس و نور بودند. آزمایش‌ها در ۵ فرکانس (۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۵۰ کیلوهرتز) و یک آزمایش شاهد و در دو نوع شرایط نوری، 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 دارد و با افزایش فرکانس از ۳۵ کیلوهرتز مقدار تأثیر کمتر می شود. همچنین نتایج نشان داد تأثیر نور در جذب نمودن این آفت بیشتر از دورکنندگی امواج فراصوت می باشد.

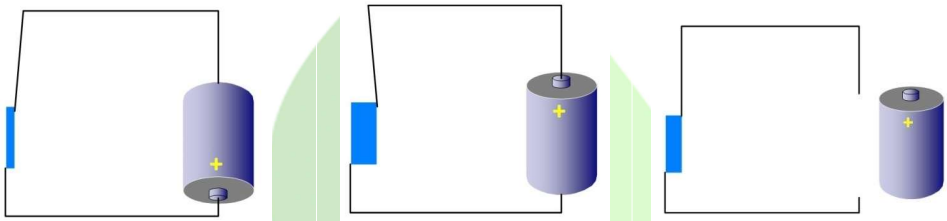
کلمات کلیدی: دورشوندگی، زنجرک ذرت، فراصوت، فرکانس، نور

مقدمه:

در اکوسیستم‌های زراعی، عوامل زنده و غیر زنده ای در تولید محصول اثرگذار هستند که انسان برای بدست آوردن محصول بیشتر مدام آن‌ها را تغییر می دهد. شناخت این عوامل و روابط متقابل بین آن‌ها در حفظ تعادل کمی و کیفی گونه‌های تشکیل دهندهٔ یک اکوسیستم اهمیت بسیار زیادی دارد. اعضای حس شنوایی در حشرات مختلف متفاوت است. 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

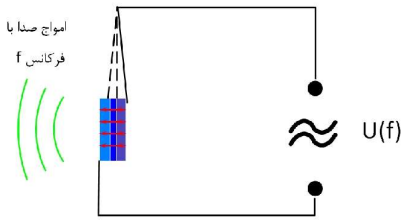
[1] Tympanal
[2] Cicadidae

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. این راسته شامل زنجره‌ها (Cicadas)، زنجرک‌ها، پسیل‌ها، سفیدبالک‌ها، شته‌ها و شپشک‌های نباتی می‌باشد. 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 زنجره‌ها از نظر حیاتی حائز اهمیت می‌باشد. 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. این فرکانس ها با تحریک الکتریکی قطعاتی به نام پیزوالکتریک ایجاد می شوند. پیزوالکتریک در اثر ضربه تولید ولتاژ می‌نماید و برعکس، یعنی در اثر تحریک الکتریکی تغییر شکل می‌دهد.



شکل ۱- چگونگی کار کردن پیزوالکتریک الف- عدم اتصال باتری به پیزوالکتریک و حالت طبیعی آن ب- اتصال پیزوالکتریک به باتری و انبساط آن ج- اتصال پیزوالکتریک به باتری در جهت برعکس حالت قبل و انقباض آن

اگر به کریستال پیزوالکتریک ولتاژ متناوب با فرکانس f وصل کنیم در اثر انبساط و انقباض از خود امواجی با فرکانس f تولید می‌کند:



شکل ۲- اتصال پیزوالکتریک به ولتاژ متناوب با فرکانس f و تولید موج فراصوتی با فرکانسf

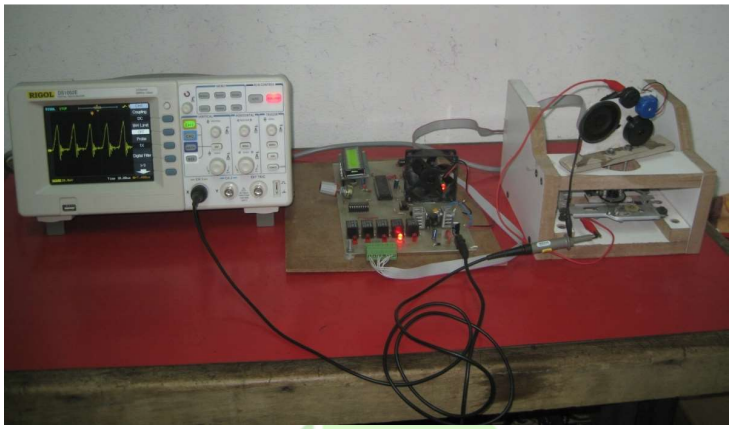
میللر (۱۹۷۵)، رفتار دو پروانه green lacewing و chrysopa carnea را در حضور امواج فراصوت بررسی کرد و نتایج قابل توجهی گرفت: پروانه green lacewing در حضور امواج فراصوت پرواز را متوقف می‌کند. این رفتار با خم شدن بال ها حدود ۴۰ میلی ثانیه پس از تحریک شروع می‌شود. بعد از ۶۶ میلی ثانیه از پرواز غیر مستقیم، 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[1] می‌باشد. 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[2] و همکاران ۲۰۱۲). با روش ایجاد اختلال درجفت‌گیری می توان جمعیت آفت ها را کنترل کرد. این کار از طریق روش هایی مثل اختلال فرمونی و اختلال صوتی صورت می‌گیرد. در روش اختلال صوتی (درمورد آفاتی که به وسیله صدا جلب جنس مخالف می شوند، مانند زنجره مو)، 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 می‌کنند 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[3] و مارشال[4]، ۲۰۰۱). در راستای نیل به هدف کنترل الکترونیکی آفات، اهداف زیر از این پژوهش انتظار می‌رود:

- امکان سنجی کنترل بهینه آفات با استفاده از امواج فراصوت
- مطالعه چگونگی تأثیر موج فراصوتی بر روی آفت زنجرک ذرت: *Laodelpha striatellus* Fallen
- بررسی تأثیر نور و فراصوت در کنترل الکترونیکی آفات
- به دست آوردن فرکانس مؤثرتر برای اذیت کردن و دور نمودن *Laodelpha striatellus* Fallen

[1] Noctuid
[2] Eriksson
[3] Cooley
[4] Marshall

مواد و روش ها:

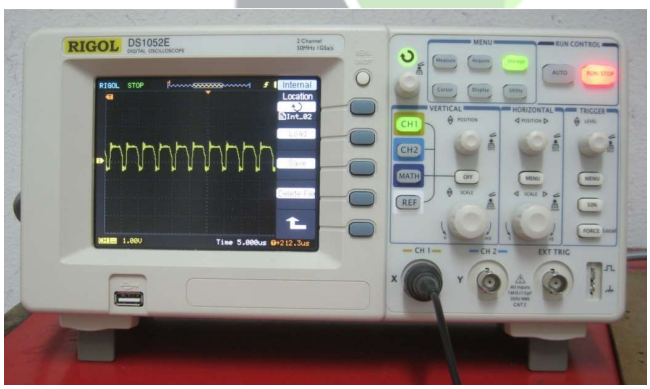
به منظور کنترل و دور کردن آفت ها با امواج فراصوت دستگاهی طراحی و ساخته شد (شکل ۳).



شکل۳- دستگاه فرستنده امواج فراصوتی

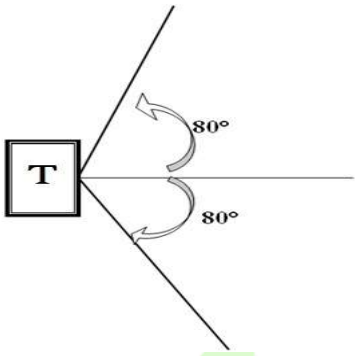
طرح اولیه دستگاه شامل سه فرستنده امواج فراصوت، یک مدار الکترونیکی و یک موتور پله ای[1] بود این سیستم با منبع تغذیه ۱۲ ولت DC و جریان ۲ آمپر تغذیه می‌شود.

با برنامهٔ نوشته شده برای میکروکنترلر موجود در مدار، امواج با رزولوشن یک کیلوهرتز به فرستنده ها ارسال می‌شوند. شکل امواج مطابق (شکل ۴) می‌باشد که با اسیلوسکوپ[2] دیجیتالی RIGOL مدل DS1052E ساخت کشور چین نشان داده شده است. از اسیلوسکوپ برای تعیین صحت انجام کار فرستنده ها استفاده شد که مشخص شود آیا امواجی که به فرستنده ها می‌رسد، به همان صورت وکیفیت که در نمایشگر موجود در مدار هست یا خیر.



شکل۴- اسیلوسکوپ مورد استفاده و شکل امواج دستگاه

[1] Step motor
[2] Osciloscope

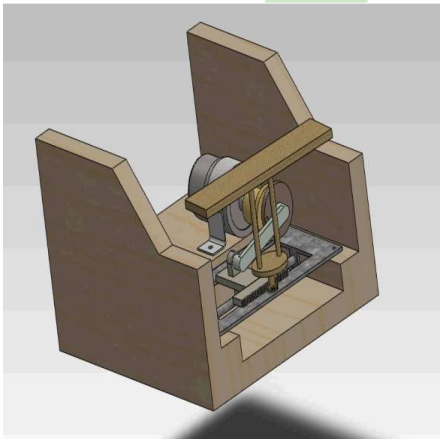


شکل ۵- زاویه انتشار امواج فراصوتی

امواج خروجی انتشار یافته از یک فرستنده (صوتی یا فراصوتی) با زاویه خاصی انتشار می‌یابند که مطابق شکل ۷ 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 هم هزینه حسگرهای بیشتر در همه جهت ها را ندارد و هم به بهبود کیفیت امواج ارسال شده منجر خواهد شد. در این پژوهش، از روش چرخش رفت و برگشتی، یعنی ۱۸۰ درجه گردش به سمت چپ و سپس برگشت و ۱۸۰ درجه چرخش به سمت راست استفاده شد.

سیستم چرخش رفت و برگشت کننده، با استفاده از نرم افزار SOLIDWORKS بر اساس موتور لنگی دار طراحی شد (شکل ۶)



شکل ۶- سیستم مکانیکی چرخاننده فرستنده ها طراحی شده با نرم افزار SOLIDWORKS

این سیستم چرخش کننده، دارای سرعت و زاویه چرخش قابل تنظیم بود. با تغییر ولتاژ ورودی موتور، سرعت دوران و به دنبال آن سرعت چرخش رفت و برگشتی فرستنده ها تغییر می‌کرد. همچنین تغییر در طول لنگی و فاصله شعاعی محل اتصال لنگی از مرکز دوران باعث می‌شد تا زاویه چرخش متغیر باشد.

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. علل انجام ندادن آزمایش ها در مزرعه اولاً به خاطر دقیق بودن و شمارش کامل آفت های فرار کرده ثانیاً به خاطر کیفیت بهتر امواج در یک محفظه نسبت به محیط باز و مزرعه و برد کمتر فرستنده های مورد استفاده بود. آفت های مورد نظر، با دستگاه مکش حشرات (دیوک) از نوع کوله پشتی (SHRED 'N' VAC) مدل ES-210 از مزرعه جو دانشکده کشاورزی جمع آوری شدند.

شکل ۷– محفظه آزمایش دستگاه

آفات این پژوهش از مزرعه جو واقع در پشت بخش صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز جمع آوری شدند. 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 (شکل۷) بود که در یکی از اتاق‌های گلخانه مرکز تحقیقات ویروس‌شناسی دانشگاه شیراز قرار داشت. ابعاد محفظه ۱۳۰*۹۰*۸۰ سانتی متر بود. 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 می-گردیدند. 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:

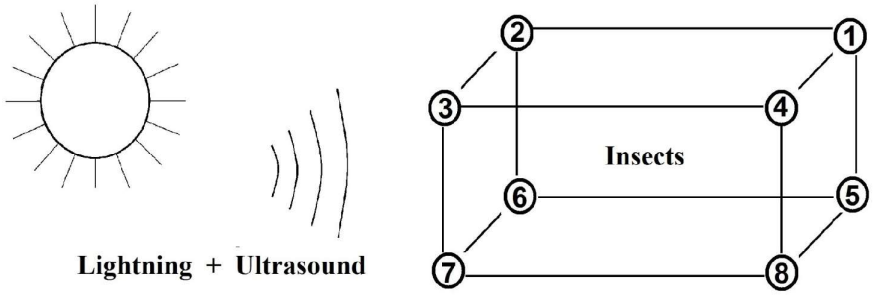
قبل از شروع هر آزمایش، با استفاده از کارت های رنگی زرد چسبناک مدل NHP ساخت کشور انگلستان و بریدن کارت‌های بزرگ و تقسیم آن ها به قطعات کوچک و هم اندازه در هشت گوشه دستگاه مقدار تأثیر امواج را مطالعه می‌کردیم. ابعاد کارت های رنگی نصب شده در گوشه های محفظه، ۲۰*۱۰۰ میلی متر بودند.

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. دو آزمایش در دو شرایط نوری متفاوت (اولی ارسال نور و فراصوت از یک سمت محفظه و دومی ارسال نور و صوت از دو سمت مختلف محفظه)و در فرکانس های ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۵۰ کیلوهرتز انجام شد.

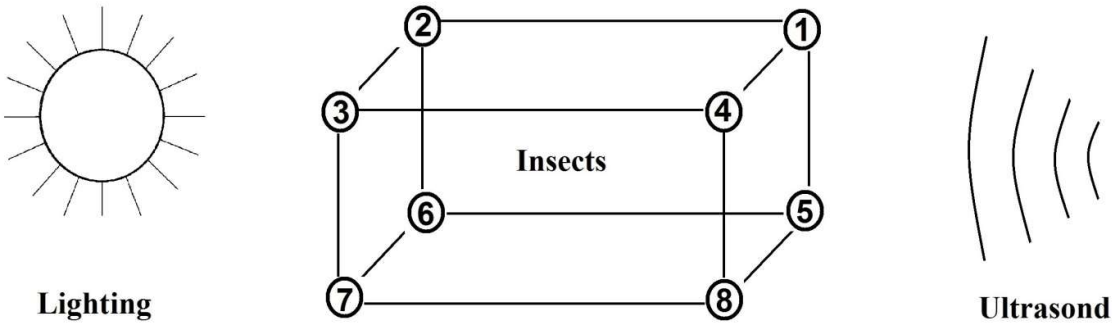
الف- این آزمایش برای مشخص کردن تأثیر توأم نور و صوت، صورت گرفت. این آزمایش با این فرض انجام گرفت که آفت ها جذب نور می‌شدند. همچنین نور باعث می‌شد فعالیت حشره بیشتر شود و پرواز کند.

این آزمایش به این صورت انجام گرفت که امواج نور و صوت هر دو از یک سمت محفظه (شکل ۸) ارسال می‌شدند. در کلیه آزمایش‌ها سعی شد که حشره ها در وسط محفظه رها شوند تا فاصله برای همه نقاط برابر باشد. این آزمایش نیز در ۵ ساعت، ۳ تکرار و در فرکانس های ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۵۰ کیلوهرتز انجام شد و با نمونه شاهد یعنی نور در یک سمت محفظه ولی با دستگاه خاموش مقایسه شدند.



شکل ۸- بررسی توأم اثر نور و صدا در حالت ارسال نور و فراصوت از یک سمت محفظه

ب- این آزمایش نیز برای مشخص کردن تأثیر توأم نور و صوت، صورت گرفت؛ با این تفاوت که در این آزمایش نور از یک سمت محفظه و منبع صوت در سمت دیگر قرار گرفت (شکل ۹). این آزمایش نیز در سه تکرار و در فرکانس های ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۵۰ کیلوهرتز انجام شد. هر آزمون ۵ ساعت به طول انجامید. نتایج هر آزمون با نتایج منتج از آزمایش شاهد (همان آزمایش ولی با دستگاه خاموش) مقایسه گردید.



شکل ۹- بررسی توأم اثر نور و فراصوت در حالت ارسال نور و فراصوت از دو سمت مختلف محفظه

روش آزمون

آزمایش‌ها به صورت طرح کاملاً تصادفی انجام گردیدند. تیمارهای مورد آزمون، فرکانس و نور بودند. این آزمایش ها در ۵ سطح فرکانسی و دو نوع شرایط نوری انجام گرفتند. آزمون‌ها ۳ تکرار داشتند. در پایان هر آزمایش داده‌های اندازه‌گیری شده به نرم‌افزار Excel منتقل شدند و در صفحه‌های مجزا دست بندی و ذخیره‌سازی گردیدند. سپس برای هر آزمون، درصد آفت‌های چسبیده شده به دورترین کارت‌های رنگی محاسبه گردید. این اطلاعات به صورت نسبت "مجموع آفت‌های چسبیده به چهار کارتِ واقع در دورترین نقطه نسبت به منبع صوت" تقسیم بر "مجموع آفات چسبیده به کل کارت‌ها" بودند. از آنجایی که در هر سمت محفظهٔ مورد آزمایش ۴ عدد کارت رنگی نصب شده است و به یک عدد اکتفا نشده؛ می‌توان به داده ها اعتماد بیشتری داشت، چرا که اگر در هر سمت محفظه یک کارت بود، این احتمال می‌رفت که زنجرک از منبع صوت دور شود ولی به کارت ها نچسبد. به بیان دیگر تعداد بیشتر کارت به منزله افزایش سطح مستعد برای گرفته شدن آفت می‌باشد. برای ترسیم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

داده های بدست آمده از بررسی با استفاده از نرم افزار MSTATC تجزیه آماری شدند. با توجه به این‌که داده ها بر اساس درصد بودند، برای اینکه این داده ها دارای توزیع نرمال باشند، از تبدیل داده زاویه ای $\text{Arcsin}\sqrt{X}$ استفاده شد (Westhof,

1999). تجزیه واریانس با استفاده از آزمون F و مقایسه میانگین از طریق آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث:

الف- اثر امواج فراصوت و نور به طور توام در شرایط ارسال نور و صوت از یک جهت

همان‌طور که از شکل ۸ مشخص است، امواج نور و صوت هر دو از یک سمت محفظه یعنی سمت چپ به داخل ارسال می‌شوند. در این حالت نور اثر جلب‌کنندگی و صوت اثر دورکنندگی برای این آفت دارد. نتایج این آزمایش مشخص کننده پارامتر غالب و مؤثر روی زنجرک می‌باشد.

نتایج حاکی از آن است که اثر جلب‌کنندگی نور اندکی بیشتر از دورکنندگی امواج فراصوت می‌باشد؛ چرا که در فرکانس ۳۰ کیلوهرتز که ماکزیمم دورکنندگی این آزمایش می‌باشد، تنها ۴۵.۳۷٪ از آفت‌ها از منبع فراصوت دور شده اند، یعنی کمتر از نصف زنجرک‌ها. البته درصدِ کم آفت های دور شده از منبع فراصوتی در آزمایش شاهد نیز مبین این واقیت می‌باشد (۳۲.۹۳٪). عملکرد مفید و خالص در این آزمایش یعنی تفاضل درصد دورکنندگی در حالت بیشنه مقدار و شاهد، ۱۲.۴۴٪ می‌باشد.

جدول ۱- تجزیه واریانس آزمایش اثر امواج فراصوت و نور به طور توام در شرایط ارسال نور و صوت ار یک سمت

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار	احتمال
	DF	SS	MS	F	P
فرکانس	5	277.606	55.521	1.1162^{ns}	0.4108
خطا	10	497.403	49.740		
کل	17	940.355			CV= %18.97

ns بیانگر عدم معنی داری می‌باشد.

ب- اثر امواج فراصوت و نور به طور توام در شرایط ارسال نور و صوت از دو جهت مختلف

در این آزمایش، نور و صوت از دو سمت مختلف محفظه به داخل ارسال شدند (نور از سمت چپ و امواج فراصوت از سمت راست). در این صورت اثر دو پارامتر برای آفت هم‌جهت می‌باشد، یعنی فراصوت حالت دورکنندگی داشته و نور حالت جذب کنندگی. یعنی پیش‌بینی می‌شود زنجرک‌ها از سمت راست محفظه به سمت چپ فرار کنند. آزمایش شاهد برای این آزمایش و آزمایش قبلی مشترک انجام شد، با این تفاوت که آفت‌های سمت راست برای آزمایش قبلی شمارش شد و آفت‌های سمت چپ برای این آزمایش. چرا که زنجرک‌ها در آزمایش قبلی به سمت راست و در این آزمایش به سمت چپ فرار می نمایند.

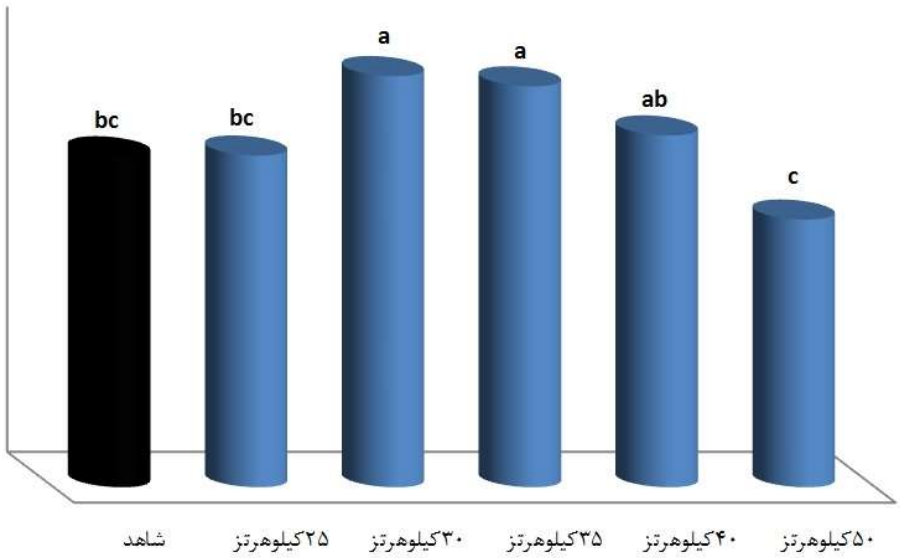
میانگین نسبتِ مجموع آفت‌های چسبیده شده به دورترین کارت‌های رنگی از منبع صوت، یعنی کارت‌های سمت چپ به کل آفت‌های چسبیده شده به کارت‌ها برای آزمایش شاهد، ۶۷.۰۷٪ بود. این در حالی است که در فرکانس ۳۰ کیلوهرتز که بیشترین تأثیر را داشته، ۸۳.۳۳٪ آفت‌ها دور شده اند. یعنی ۱۶.۲۶٪ بیشتر از شاهد.

جدول ۲- تجزیه واریانس آزمایش اثر امواج فراصوت و نور به طور توام در شرایط ارسال نور و فراصوت از دو جهت مختلف

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار	احتمال
	DF	SS	MS	F	P
فرکانس	5	701.079	140.216	6.1314**	0.0075
خطا	10	228.686			
کل	17	988.722			CV= % 8.29

** در سطح ۱٪ معنی دار می باشد.

شکل ۱۰ 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 می‌باشند:



شکل ۱۰- مقایسه تأثیر نور و فراصوت روی زنجرک در مدت زمان ۵ ساعت (ارسال نور و صوت از دو جهت مختلف)

نتیجه گیری نهایی

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

- فراصوت یک روش جدید و بدون ضرر برای کنترل آفاتِ دارای حس شنوایی می باشد و می توان با پیدا نمودن فرکانس شنوایی موثر آن حشره جهت کنترل آن اقدام نمود.
- تأثیر نور در جذب نمودن آفت زنجرک گونهٔ *Laodelpha striatellus* Fallen، بیشتر از اثر دورکنندگی امواج فراصوت می باشد.
- آفت زنجرهٔ 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. ولی زاده، م. و مقدم، م. ۱۳۸۱. طرح های آزمایشی در کشاورزی. چاپ هفتم. ویراست سوم. انتشارات پریور.

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

9. 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.

10. 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.

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

12. 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.

13. 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.

14. Lemattre, M., Lemattre, P. and Lemaire, F. 1999. Standing tree quality assessments using ultrasound. Acta Horticulturae. 496, pp 269–277.

15. Mille , 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. Westhof, E. 1999. Practical Statistics for Experimental Biologists. 2nd edition by Wardlaw A.C. John Wiley & Sons, Chichester, P. 255.

Effect of Lighting & Ultrasound on *Laodelpha striatellus* Fallen Pest

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. In this study we want study the effect of lighting and Ultrasound on *Laodelpha striatellus* Fallen pests. This system is capable of transmitting ultrasound waves from 15 to about 100 kHz and includes 5 transmitters. Experiments were done on *Laodelpha striatellus* Fallen pest in laboratory conditions and percentage of repelled pests from wave source, were calculated and analyzed. The experiment factors were frequency and lighting. Experiments were concluded in five different frequencies and two lighting conditions, 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. Also we found that absorption effect of light was effective than repellency effect of ultrasonic waves.

Keywords: Repelling, Cicadellidae, lighting, Ultrasound, Frequency, *Laodelpha striatellus* Fallen