Archive of SID

مهندسی بیوسیستم ایران، دوره ۴۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶ (ص ۱۱۷-۱۱۱)

بررسی تأثیر دما بر فعالیت شپشه دندانه دار (*Oryzaephilus surinamensis*) از طریق تشخیص صوتی

سید فرهاد موسوی[۱]، محمد حسین عباسپور فرد[۲]، محمد حسین آق خانی[۳*]، حسین صادقی نامقی[۴]، ابراهیم ابراهیمی[۵]

۱. دانشجوی دکتری، مکانیک بیوسیستم پردیس بین الملل دانشگاه فردوسی مشهد
۲. استاد، گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه فردوسی مشهد
۳. دانشیار، گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه فردوسی مشهد
۴. استاد، گروه گیاه پزشکی دانشگاه فردوسی مشهد
۵. استادیار، گروه بیوسیستم دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۵/۱۷ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۱۰/۱۴)

چکیده

با توسعه تجهیزات در زمینه دریافت و پردازش سیگنال‌های صوتی، امکان دریافت و ثبت صداهای منتشر شده از حشرات به وجود آمده است. استخراج خصوصیات آکوستیکی صداهای ضبط شده از آفات می‌تواند به عنوان یک روش قابل قبول برای بررسی و تشخیص آلودگی مواد انباری به آفات مورد استفاده قرار گیرد. آفت مورد استفاده در این آزمایش شپشه دندانه‌دار برنج بود. سیگنال‌های صوتی تولیدی و همچنین محدوده دمایی فعالیت این آفت مورد بررسی قرار گرفت. از یک سامانه صوتی مجهز به حسگر پیزوالکتریک برای دریافت سیگنال‌های صوتی آفت و از یک سامانه کنترل دما برای تغییر دما استفاده شد. دو سیگنال صوتی (راه رفتن و تغذیه) حاصل از شپشه دندانه‌دار توسط سامانه صوتی دریافت شد. فرکانس صوتی تغذیه شپشه دندانه‌دار ۲/۱ kH و فرکانس صوتی راه رفتن آن ۲/۸ kH می‌باشد. با تغییر در دمای محیط آفت مورد نظر، بهترین محدوده دمایی فعالیت تغذیه‌ای و راه رفتن آن ۲۵ تا ۲۷ درجه سلسیوس به دست آمد. علاوه بر این مشخص شد که در دمای زیر ۱۰ درجه سلسیوس کلیه فعالیت‌های این حشره متوقف می‌شود. با نصب چنین سیستمی در داخل انبارهای ذخیره برنج می‌توان به تشخیص زود هنگام آلودگی مخازن به آفت و مدیریت بهینه آن دست یافت.

واژه‌های کلیدی : سنسور، آکوستیک، شپشه دندانه‌دار، دما، آفات انباری

مقدمه

گونه‌های مختلف زیادی از حشرات شناسایی شده‌اند این گونه‌ها در دو گروه حشرات مفید و مضر وجود دارند. حشرات مضر یا آفات همیشه باعث خسارات مخصوصاً در محصولات کشاورزی می‌شوند. وجود حشرات در بسیاری از دانه های خوراکی و دامی از نظر تجاری غیر قابل قبول است. استانداردهای فعلی که در تجارت بین المللی اعمال می شود تنها به وجود حشرات خارجی، که بر روی نمونه دانه قابل مشاهده هستند، توجه دارد (ISO 1986). استفاده از این استانداردها برای تشخیص قبل از ظاهر شدن آفاتی که به صورت پنهان و در مغز دانه رشد می‌کنند و تراکم جمعیت آن‌ها ممکن است چندین برابر حشرات در معرض دید باشد، غیر ممکن است. در نتیجه تشخیص زود هنگام حشرات پنهان طی ذخیره سازی دانه یک مشکل عمده است. مهمترین مرحله در بحث مبارزه با آفات شناخت و تشخیص به موقع آنها می‌باشد که همیشه یک مشکل اساسی بوده است.

در میان روش‌هایی که برای تشخیص و کنترل آلودگی دانه استفاده شده است، روش تشخیص صوتی در طول دو دهه گذشته بیشتر مورد توجه قرار گرفته است، هرچند که نتایج حاصل از اکثر این تحقیقات بسیار ضعیف بوده است. ضعف نتایج معمولا به دلیل ضعیف بودن سنسورهای صوتی در دریافت سیگنال‌های صوتی تولید شده از حشرات که دارای شدت بسیار پایینی هستند می‌باشد (Fleurat-Hagstrum and Flinn 1993, Lessard, Andrieu *et al*. 1994, Hagstrum, Flinn *et al*. 1996). سنسورهای صوتی که در حال حاضر برای تشخیص حشرات ریز استفاده می‌شوند شامل: میکروفن توسعه یافته در مرکز ملی فیزیک صدا (Hickling, Lee *et al*. 2000)، شتاب سنج (Mankin, Mankin, Brandhorst-Hubbard *et al*. 2000, Hagstrum *et al*. 2011)، دیسک پیزو الکتریک به کاربرده شده در مطالعات تشخیص حشرات در انبار دانه (Hagstrum, Flinn *et al*. 1996) و کریستال پیزوالکتریک به کار برده شده در

* نویسنده مسئول: aghkhani@um.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

دستگاه های تشخیص دهنده سیگنال مافوق صوت (Mankin and Fisher 2002).

با استفاده از تجهیزات پیشرفته که هم اکنون دردسترس است و گسترش نرم‌افزاری در بخش سیگنال‌های صوتی می‌توان از تشخیص صوتی حشرات با شدت صوتی پایین به عنوان یک روش قابل قبول برای بررسی و تشخیص آفات بهره برد. به طور خلاصه، شناسایی صوتی حشرات با استفاده از توانایی آنها برای تولید صدا به عنوان یک وسیله ارتباطی و یا صدای ناشی از غذا خوردن، پرواز و یا نقل و انتقال است. به شرطی که سیگنال صوتی ایجاد شده توسط حشرات به دنبال یک الگوی آکوستیکی سازگار با گونه خاص باشد، که در این صورت می توان آن را برای مقاصد تشخیص و شناسایی استفاده کرد (Potamitis and Ganchev 2006).

بعضی از حشرات صدای شبیه زمزمه یا آوازخوانی از خود تولید می‌کنند. در یک تحقیق برای شناسایی جیرجیرک‌ها، حشرات راست بال و ملخ‌ها، صدای تولید شده از گونه‌های مختلف دریافت و ضبط گردیده است. صداهای دریافتی در دسته‌های مختلف راسته، خانواده، زیر خانواده، جنس و گونه طبقه‌بندی شدند. دقت شناسایی در سطح راسته و خانواده بیش از ۹۸٪ و در سطح گونه ۸۶٪ گزارش شده است (Ganchev, Potamitis *et al*. 2007).

فعالیت حشرات در داخل مواد دانه ای انباشته شده تولید سر و صدا در محدوده طول موج های قابل شنیدن می کند، که می تواند توسط سنسورهای صوتی با کارایی بالا شناسایی شود (Fleurat-Lessard, Tomasini *et al*. 2006). با استفاده از یک پروب قابل حمل به طول ۱/۴ متر که چند سنسور صوتی با فاصله مشخص از هم در داخل آن قرار گرفته، سیگنال‌های صوتی حاصل از سوسک غلات مورد بررسی قرار گرفتند. سنسور صوتی مورد استفاده توانست از فاصله ۲۰ سانتیمتری صدای آفات مورد نظر را دریافت و به سیستم پردازش انتقال دهد. قابلیت تشخیص تراکم آفت برای حسگر نیز یک عدد در هر ۱۰ کیلوگرم دانه در درجه حرارت بالای ۱۰ درجه سلسیوس به دست آمد (Fleurat-Lessard, Tomasini *et al*. 2006).

یکی از اشکالات عمده‌ی سامانه‌های آگوستیکی طراحی شده برای نظارت بر جمعیت حشرات در توده دانه حساسیت کم سیستم های صوتی در طول دهه‌ی گذشته است، که تنها قادر به شناسایی تراکم جمعیت زیاد در توده دانه است که یک محدودیت در مقایسه با کنترل کلاسیک هجوم حشرات در نمونه های دانه الک شده است (Hagstrum and Flinn 1993, Hagstrum, Flinn *et al*. 1996).

به منظور حل این مشکل، سه رویکرد جدید با استفاده از فناوری‌های صوتی پیشنهاد شده است: اول اینکه گونه‌های حشرات مختلف در توده‌های دانه دارای رفتارهای مختلف بوده که شناسایی صدای هر گونه و مرحله فعالیت ممکن است به جدایی آسان‌تر صدای حشرات از نویزهای محیطی کمک کند (Fleurat-Lessard, Andrieu *et al*. 1994). دوم، کامپیوترهای مدرن و فن آوری های الکترونیکی که در حال حاضر در دسترس است امکان پردازش صوتی و تبدیل آنها به داده های عددی مناسب برای شناخت خودکار صدای حشرات و تبعیض آسان از نویز محیطی را فراهم می کند (Schwab and Degoul 2005). سوم، به جای تمرکز در تشخیص آلودگی با استفاده از بازرسی یک نقطه دانه در یک معامله تجاری، نظارت بر حضور حشرات در توده دانه ذخیره شده باید ترجیح داده شود. دقت در تشخیص در فضای باز از یک توده دانه و انتخاب مکانی که در آن شرایط برای افزایش و تجمع حشرات مطلوب تر است می‌تواند حداقل سطح تراکم قابل تشخیص را تا حد زیادی کاهش دهد (Fleurat-Lessard, Tomasini *et al*. 2006).

یکی از آفات انباری رایج در ایران که خسارات زیادی به انبار غلات بخصوص برنج وارد می‌کند شپشه دندانه‌دار (Oryzaephilus surinamensis) است که از راسته سخت بالپوشان است و به عنوان آفت انباری شناخته شده است. این آفت در تمام پنج قاره وجود دارد، اما به طور عمده در مناطق گرم و مرطوب فراوان‌تر است (Bagheri Sepasgozaryan 1978, Zenouz 1986). شپشه دندانه‌دار حشره‌ای است که از مواد دانه‌ای انباری گوناگون اعم از غلات، حبوبات، خشکبار، گیاهان داروئی و دانه‌های روغنی تغذیه می‌کند (Bagheri Zenouz 1986). با توجه به اهمیت زیادی که این آفت از نظر زیان اقتصادی در ایران دارد، مبارزه با آن یک امر حیاتی می‌باشد. اما برای مبارزه با این آفت مخصوصاً در انبارهای بزرگ نیاز به روش‌های تشخیص حشرات پنهان می‌باشد. یکی از روش‌های کارآمد می‌تواند روش تشخیص صوتی باشد.

تشخیص فرکانس‌های صوتی آفات انباری به دلیل پایین بودن سطح شدت صدا با روش‌ها و میکروفن‌های معمولی امکان‌پذیر نمی‌باشد. هدف از این پژوهش بررسی فرکانس صوتی تولید شده حاصل از تغذیه و راه رفتن شپشه دندانه دار برنج با استفاده از یک سامانه و حسگر صوتی طراحی شده می‌باشد. همچنین در این تحقیق تاثیر دما بر فعالیت حشره نیز بررسی می‌گردد. با به دست آوردن فرکانس صوتی حاصل از تغذیه حشره می تواند اهداف بلند مدتی در زمینه کمک به طراحی حسگرهای صوتی، تعداد حسگرها با توجه به حجم توده دانه و

www.SID.ir

Archive of SID

تشخیص محل قرارگیری آفت در توده دانه به وجود آورد.

مواد و روش‌ها

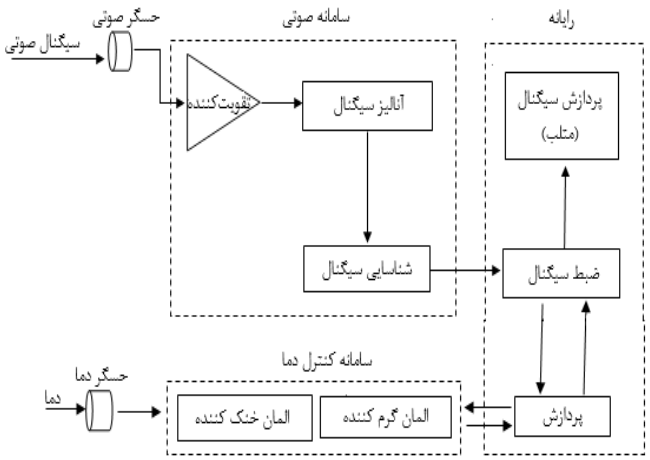
تجهیزات آزمایشگاهی

جهت تحقیق و بررسی صدای آفت مورد آزمایش نیاز به یک سامانه ضبط صدا می‌باشد. در این سامانه از یک سنسور پیزوالکتریک تقویت شده با حساسیت بالا برای دریافت صداهای با شدت پایین استفاده شده است. سامانه صوتی به گونه‌ای طراحی شده تا صداهای دریافتی از سنسور را که با لغزش صفحه‌های حساس پیزو به دست آمده بعداز تقویت از طریق آمپلی فایرهای سامانه در محدوده شنوایی به کامپیوتر انتقال دهد. فرکانس نمونه برداری سنسور ۴۴۱۰۰ هرتز و بازه فرکانسی آن نیز ۲۰ تا ۲۰۰۰۰ هرتز می‌باشد. ذخیره‌سازی داده‌های اصلی در کامپیوتر به کمک نرم‌افزاری شبیه نرم‌افزارهای ضبط و میکس صدا که برای این مورد برنامه نویسی شده، انجام می‌گیرد (شکل ۱). در بخش سیستم صوتی شکل ۱، صدای دریافتی از سنسور صوتی بعد از تقویت توسط آمپلی فایر وارد قسمت آنالیز شده تا با پایگاه داده مقایسه شده و در صورت تشخیص سیگنال مورد نظر عملیات فیلتر کردن نویزهای محیطی انجام گرفته و صدای مورد نظر توسط نرم‌افزار ضبط صدای موجود در رایانه ضبط می‌شود. پردازش صدا توسط نرم‌افزار متلب انجام می‌گیرد. برای استخراج خصوصیات سیگنال صوتی باید آن را از حوزه زمان به حوزه فرکانس انتقال داد. از تابع تبدیل فوریه سریع (FFT) موجود در متلب جهت انتقال به حوزه فرکانس استفاده شد. استخراج خصوصیات و تشخیص سیگنال نیز توسط تابع بردار پشتیبان موجود در متلب انجام گرفت. در قسمت سامانه کنترل دما، سنسور دما تغییرات دما را با دقت ۱ درجه دریافت و به سامانه کنترل دما تحویل می‌دهد تا بر حسب نوع دما دریافتی المان گرم کننده یا خنک کننده را روشن کند. سامانه تغییر دما بر حسب برنامه‌ی نوشته شد تغییرات سیگنال‌های صوتی دریافتی را نیز پردازش می‌کند تا در مواقع تعریف شده برای تغییر دما عمل کند. سامانه کنترل دما قابلیت تغییر دما از ۶ تا ۳۰ درجه سلسیوس را دارد. این سامانه دارای یک سنسور دما از نوع LM35 می‌باشد که در داخل توده برنج قرار می‌گیرد تا دمای آن را نشان دهد. برای پایین آوردن دما از المان خنک کننده و برای بالا بردن دما از المان گرم کننده استفاده شده است. جدول ۱ مشخصات تجهیزات مورد استفاده را نشان می‌دهد.

جدول ۱. مشخصات تجهیزات مورد استفاده

سامانه صوتی		حسگر صوتی	
پردازنده	VIA C7 1GHz	گیرنده سیگنال	صفحه پیزو R=2
حافظه پردازشی	DDRII – 1GB – 533MHZ	آمپلی فایر	LM386N
حافظه ذخیره‌سازی	HDD – 250GB	**سامانه کنترل دما**	
صفحه نمایش	TFT – 7inch	المان سرد کننده	TEC7000/127/085b
سیستم صوتی	ورودی و خروجی صدا با دقت ۴۴کیلوهرتز	المان گرم کننده	220V
پورتهای ورودی و خروجی	USB HUB و پورت COM	حسگر دما	LM35
سیستم کنترل	تاچ اسکین مقاومتی		
نرم افزار ضبط صدا	Sony.Sound.Forge.Pro.11.0.299		

شکل ۱. دیاگرام سامانه ضبط صدا و کنترل دما

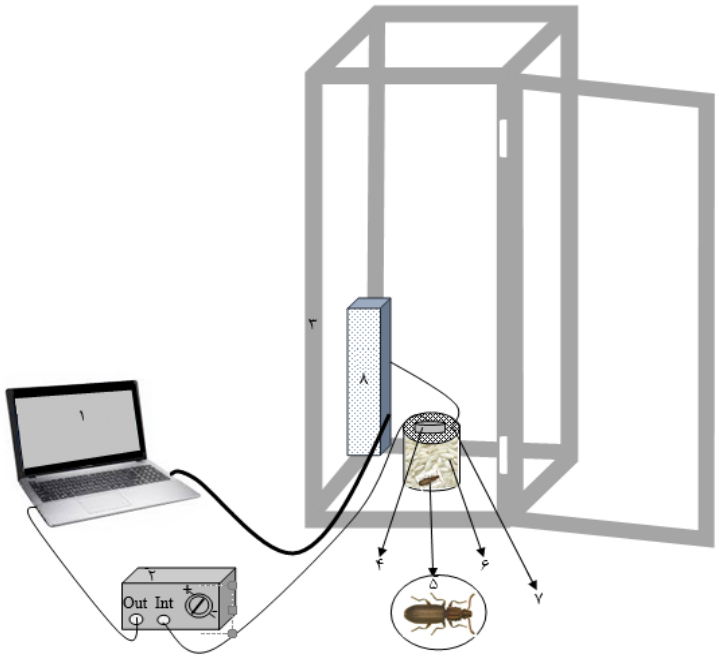


www.SID.ir

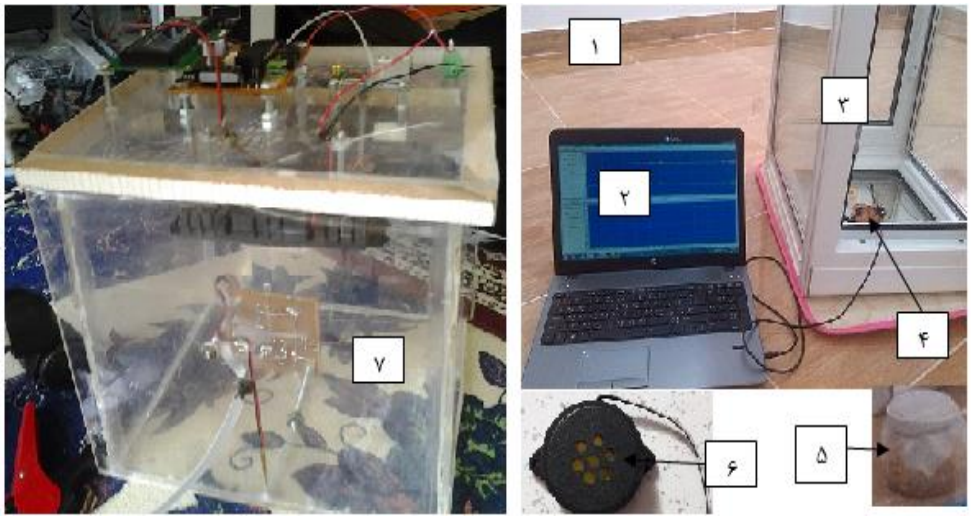
Archive of SID

شکل ۲. محیط آزمایشگاهی شامل: ۱- کامپیوتر ۲- سامانه صوتی ۳- اتـاقک سه جداره عایق ۴- حسگر صـوتی پیزوالکتریـک ۵- شپشه دندانه‌دار ۶- مخزن شیشه‌ای محصول برنج ۷- درب توری مخزن ۸- سامانه کنترل دما

سامانه کنترل دما توسط یک کابل رابط به کامپیوتر متصل شده تا علاوه بر نمایش و ثبت دما، امکان کنترل دما نیز در مواقع مورد نیاز وجود داشته باشد. محیط آزمایشگاهی یک اتاق عایق صوتی با دمای ثابت در محدوده ۳۰ درجه سلسیوس است. از آنجا که امکان وجود نویز در این اتاق عایق صوتی وجود دارد، مخزن محصول آفت‌زده جهت داده‌برداری داخل یک اتاقک ساخته شده از جنس شیشه و پروفیل سه جداره قرار گرفته و سپس به محیط آزمایشگاهی عایق انتقال داده می‌شود. مخزن آزمایشگاهی محصول یک استوانه شیشه‌ای با قطر ۵ و ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر می‌باشد (شکل ۲ و ۳).



شکل ۲. محیط آزمایشگاهی شامل: ۱- کامپیوتر ۲- سامانه صوتی ۳- اتـاقک سه جداره عایق ۴- حسگر صـوتی پیزوالکتریـک ۵- شپشه دندانه‌دار ۶- مخزن شیشه‌ای محصول برنج ۷- درب توری مخزن ۸- سامانه کنترل دما



شکل ۳. تجهیزات آزمایشگاهـی: ۱- محیط آزمایشگاهی ۲- رایانـه ۳- محفظه سه جداره ۴- سامانه صوتی ۵- مخزن محصول ۶- حسگر صوتی ۷- محفظه مجهز به سامانه کنترل دما

روش‌ها

آزمایش‌ها برای دریافت صدای شپشه دندانه‌دار بالغ که در این مرحله خسارات زیادی وارد می‌کند و همچنین تاثیر دما بر فعالیت آن در داخل محصول برنج در یک آزمایشگاه عایق صوتی در کرمانشاه در دو حالت: ۱. وجود یک عدد شپشه جهت تعیین فرکانس‌های صوتی ۲. وجود ۱۰ عدد شپشه برای بررسی تاثیر دما بر فعالیت شپشه ها انجام شد. در آزمایش تاثیر دما استفاده از یک یا دو عدد شپشه احتمال خطا در دریافت سیگنال را به

www.SID.ir

Archive of SID

دلایلی از جمله استراحت آفت زیاد می‌کند. از طرفی هم تعداد زیاد آفت در محیط کوچک شاید نتایج قابل قبولی نداشته باشد، بنابراین از ۱۰ عدد شپشه برای آزمایش دوم استفاده شد. زمان آزمایش به خاطر پایین بودن نویز محیطی احتمالی ساعت ۲۴ تا ۶ بامداد انتخاب شد. مخزن محصول در آزمایش اول از برنج آفت‌زده‌ای که آفات داخل آن جمع‌آوری شده و تنها یک شپشه دندانه‌دار بالغ داخل آن باقی مانده و در آزمایش دوم از برنج آفت‌زده‌ای که شامل ۱۰ عدد شپشه دندانه‌دار بالغ بود به صورت کامل (تا ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری) پر شد و سپس از یک پارچه توری به عنوان درب استفاده و سنسور صوتی بر روی این پارچه قرار گرفت. مخزن محصول به همراه سنسور صوتی داخل اتاقک عایق قرار گرفت و سنسور از طریق سیم به سامانه صوتی که در خارج از اتاقک قرار دارد وصل شد.

در طول آزمایش تعیین فرکانس صوتی، دمای اتاقک به صورت ثابت بر روی دمای ایده‌آل شپشه دندانه‌دار (۳۰ درجه سلسیوس) بود (Bagheri Zenouz 1986). صدای دریافتی بعداز تقویت و پردازش در سامانه از طریق یک برنامه در داخل کامپیوتر ذخیره شد. نمونه صدای تولیدی از آن به مدت یک ساعت ضبط گردید. نمونه‌های ۳۰ ثانیه‌ای با فواصل زمانی هر یک دقیقه یکبار ذخیره شد، که برای آزمایش اول ۶۰ نمونه صدا ذخیره گردید. صداهای ذخیره شده توسط نرم‌افزار متلب مورد پردازش قرار گرفت و نمودارهای آن در حوزه فرکانس برای تجزیه و تحلیل ترسیم گردید. بعد از به دست آوردن فرکانس‌های صوتی حاصل از آفت مورد نظر و استخراج خصوصیات آن امکان فیلتر نویزهای محیطی و تشخیص خودکار سیگنال‌های مورد نظر توسط سامانه صوتی فراهم شد.

در آزمایش تاثیر دما، حسگر دما داخل توده برنج و حسگر صوتی روی درب توری مخزن برنج قرار گرفت. سامانه کنترل دما به گونه‌ای تنظیم شده تا دمای داخل مخزن پس از یک درجه تغییر، ۱۰ دقیقه در همان دما ثابت بماند سپس تغییر کند. تاخیر ۱۰ دقیقه‌ای برای ثبت فعالیت‌های آفت در آن دما است. در شروع آزمایش دما بر روی ۳۰ درجه سلسیوس قرار داشت. دما ابتدا سیر نزولی پیدا می‌کند تا دمایی که هیچ‌گونه فعالیتی در مدت ۱۰ دقیقه تاخیر توسط سامانه صوتی دریافت نگردد. سامانه صوتی به محض تغییر یک درجه‌ای دما به مدت ۱۰ دقیقه شروع به ضبط نمونه سیگنال‌ها می‌نماید. بعداز رسیدن دما به نقطه‌ای که هیچ‌گونه فعالیتی وجود نداشته باشد، سامانه تغییر دما المان خنک کننده را خاموش و المان گرم کننده را روشن می‌کند تا دما شروع به افزایش با همان تاخیر ۱۰ دقیقه‌ای تا دمای ۳۰ درجه سلسیوس کند و تاثیر دما بر فعالیت حشره مورد نظر در حالت معکوس نیز بررسی شود.

نتایج و بحث

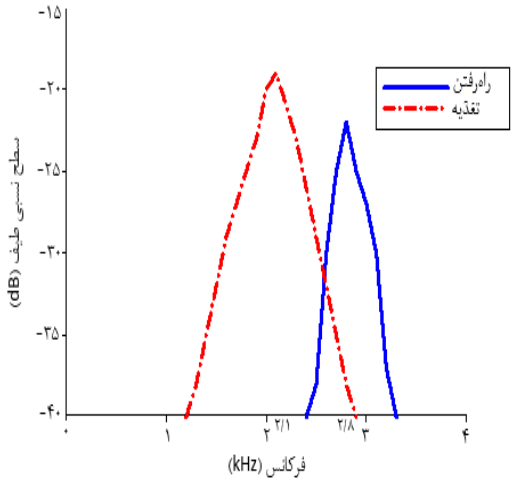
فرکانس‌های صوتی حاصل از شپشه دندانه‌دار

در آزمایش اول که تنها یک شپشه دندانه‌دار وجود دارد، با بررسی نمونه‌های صوتی ذخیره شده، مشخص شد که در ۱۲ مورد هیچ صدایی وجود ندارد. دلیل آن را می‌توان عدم فعالیت حشره در این نمونه‌ها بیان کرد. با بررسی ۴۸ نمونه فایل صوتی دیگر مشخص شد که تمام فرکانس‌ها در دو محدوده قرار می‌گیرند، یکی مربوط به تغذیه و دیگری مربوط به راه‌رفتن آفت است. برای تشخیص این دو از هم شپشه دندانه‌دار در داخل یک لایه نازک از توده برنج به گونه‌ای که قابل مشاهده باشد قرار گرفت با مشاهده راه رفتن شپشه سیگنال دریافتی در این لحظه به عنوان فرکانس راه رفتن ثبت شد و از مقایسه با دو محدوده فرکانسی بدست آمده در نمونه سیگنال‌ها مشخص گردید که با یکی از محدوده‌ها منطبق است. در ۹ نمونه اول فقط یک نوع فرکانس صوتی ضبط شده که به دلیل راه رفتن شپشه داخل برنج است و آفت در این مدت هیچ‌گونه فعالیت تغذیه‌ای نداشته که می‌توان دلیل آن را سازگاری با محیطی که در آن قرار گرفته بیان کرد. فرکانس مربوط به تغذیه آفت که به دلیل خراشیدن سطح برنج ایجاد می‌شود از نمونه‌های صوتی ذخیره شده استخراج گردید. شکل ۴ یک نمونه سیگنال صوتی تولید شده از آفت (تغذیه و راه رفتن) را در فرکانس نشان می‌دهد. تمام نمونه سیگنال‌های دریافتی از آفت مورد آنالیز قرار گرفت و مشخص شد که تمام این صداها در دو محدوده فرکانسی قرار می‌گیرند و صدایی خارج از این دو محدوده وجود ندارد. فرکانس صدای شپشه که در زمان راه‌رفتن ایجاد می‌شود در محدوده ۲/۵-۳/۲ kHz است که اوج شدت آن در ۲/۸ kHz می‌باشد. سیگنال صوتی مربوط به تغذیه شپشه برنج که در شکل ۴ نشان داده شده در محدوده ۱/۲-۲/۹ kHz می‌باشد. اوج شدت فرکانس تغذیه شپشه در ۲/۱ kHz می‌باشد. از مقایسه تمام نمونه‌های صوتی ذخیره شده که یک نمونه آن در شکل ۴ نمایش داده شده می‌توان نتیجه گرفت که فرکانس راه‌رفتن و تغذیه شپشه از دو جهت قابل تشخیص از هم می‌باشند: اول توسط اوج شدت فرکانسی می‌باشد. با توجه به اوج شدت فرکانس مشاهده می‌شود که فرکانس راه‌رفتن دارای اوج

www.SID.ir

Archive of SID

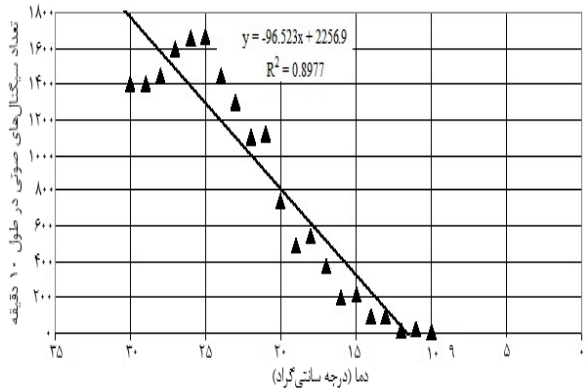
بیشتری نسبت به تغذیه می‌باشد. دوم محدوده زمانی فرکانس است. تغذیه شپشه دارای محدوده فرکانسی طولانی‌تری نسبت به راه‌رفتن آن می‌باشد. با استخراج خصوصیات فرکانس‌های صوتی شپشه دندانه دار و اعمال فیلترهای لازم می‌توان برای سامانه تشخیص صوتی یک پایگاه داده ایجاد کرد تا با استفاده از آن بتوان تشخیص خودکار آفت را در محیط واقعی انجام داد.



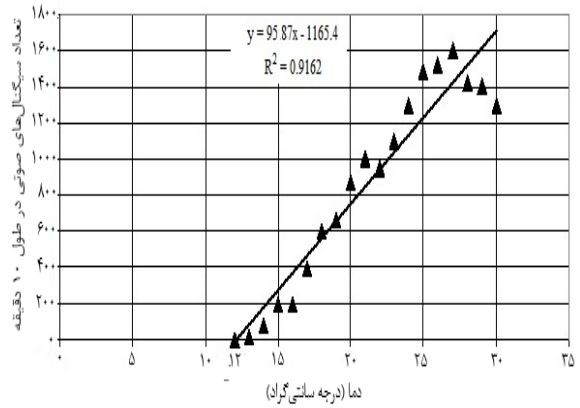
شکل ۴. سیگنال‌های دریافتی از شپشه دندانه‌دار در حوزه فرکانس (نمودار با خط پیوسته مربوط به راه رفتن و نمودار خط نقطه مربوط به تغذیه)

آزمایش دوم (تاثیر دما بر فعالیت شپشه دندانه‌دار)

دانستن میزان فعالیت آفت در دماهای مختلف می‌تواند کمک شایانی به ایجاد شرایط انباری مناسب و در نتیجه به حداقل رساندن فعالیت آفت کند. سامانه صوتی در ابتدا که حسگر دمای داخل برنج ۳۰ درجه سلسیوس را نشان می‌دهد به مدت ۱۰ دقیقه سیگنال‌های دریافتی شپشه را ضبط کرد. سپس با پایین آمدن دما، نمونه سیگنال‌های ۱۰ دقیقه‌ای برای هر یک درجه تغییر دما ضبط شده تا دمای ۹ درجه سلسیوس، در دمای ۹ درجه سلسیوس به دلیل اینکه هیچ‌گونه سیگنالی در طول ۱۰ دقیقه دریافت نشد، کاهش دما متوقف شد (شکل ۵). بنابراین ۲۲ نمونه سیگنال ۱۰ دقیقه‌ای در زمان کاهش دما ضبط گردید. سامانه کنترل دما بعداز دریافت نکردن سیگنال شروع به افزایش دما کرد و ۲۱ نمونه سیگنال ۱۰ دقیقه‌ای تا دمای ۳۰ درجه سلسیوس ضبط کرد (شکل ۶). با کاهش دما از ۳۰ درجه تا ۲۵ درجه سلسیوس تعداد سیگنال‌های بدست آمده از شپشه دندانه‌دار در حال افزایش است. از ۲۵ درجه به پایین تعداد سیگنال‌ها سیر نزولی را طی می‌کند تا در دمای ۱۰ درجه سلسیوس به حداقل می‌رسد و در ۹ درجه سلسیوس کاملا متوقف گردید. با افزایش دما تا ۱۲ درجه سلسیوس هیچ‌گونه فعالیتی از شپشه دندانه‌دار ثبت نگردید، که دلیل آن را می‌توان نداشتن تحرک شپشه در دماهای زیر ۱۲ درجه دانست. از ۱۲ درجه تا ۲۷ درجه سلسیوس به دلیل افزایش فعالیت شپشه، تعداد سیگنال‌های دریافتی نیز سیر صعودی را طی می‌کند. از ۲۷ درجه سلسیوس به بعد تعداد سیگنال‌ها کاهش می‌یابد. در زمان کاهش و افزایش دما بیشترین تعداد سیگنال‌ها در طول ۱۰ دقیقه در دمای ۲۷ تا ۲۵ درجه سلسیوس ذخیره گردید. یعنی شپشه در این رنج دمایی بیشترین فعالیت را داشته است.



شکل ۵. نمونه سیگنال‌های صوتی حاصل از فعالیت شپشه دندانه‌دار در دماهای مختلف (با کاهش یک درجه‌ای دما، ۱۰ دقیقه ضبط صدا انجام شد)



شکل ۶. نمونه سیگنال‌های صوتی حاصل از فعالیت شپشه دندانه‌دار در دماهای مختلف (با افزایش یک درجه‌ای دما، ۱۰ دقیقه ضبط صدا انجام شد)

نتیجه‌گیری

دریافت سیگنال‌های صوتی مربوط به شپشه دندانه‌دار و بدست آوردن فرکانس‌های آن می‌تواند روش مناسبی برای اطلاع از حضور این آفت در داخل محصول برنج و دیگر محصولات مشابه باشد. نتایج به دست آمده از آزمایشات این امکان را بوجود آورده تا با ایجاد پایگاه داده برای یک سامانه تشخیص صوتی از حضور شپشه دندانه‌دار اطلاع پیدا کرد. بررسی داده‌های بدست آمده نتایج بسیار خوبی در راستای تشخیص هوشمند و همچنین محدوده دمایی فعالیت شپشه دندانه‌دار به وجود آورد. دانستن محدوده دمایی فعالیت آفت می‌تواند کمک مناسبی در پیشگیری و مبارزه باشد. نتایج کلی را می‌توان در چند جمله بیان کرد:

- سامانه صوتی موجود قابلیت دریافت سیگنال‌های صوتی

www.SID.ir

Archive of SID

راه‌رفتن و تغذیه شپشه دندانه‌دار را دارد.

- سیگنال‌های صوتی راه رفتن و تغذیه شپشه دندانه‌دار با توجه به تفاوتی که از لحاظ اوج فرکانس و محدوده فرکانسی دارند از هم قابل تشخیص می‌باشند. استخراج خصوصیات این سیگنال‌ها امکان تشخیص صوتی آفت را در محیط انباری فراهم می‌کند

- راه رفتن شپشه دندانه‌دار دارای فرکانس ۲/۸ kHz و تغذیه آن دارای فرکانس ۲/۱ kHz می‌باشد.

- شپشه دندانه‌دار در محدوده دمایی ۱۰ تا ۳۰ درجه سلسیوس قادر به تغذیه از برنج می‌باشد اما بهترین محدوده دمایی برای فعالیت شپشه دندانه‌دار ۲۵ تا ۲۷ درجه می‌باشد.

- بررسی سیگنال‌های دریافتی از شپشه دندانه‌دار در دماهای مختلف نشان می‌دهد که در دمای زیر ۱۲ درجه سلسیوس فعالیت آن بسیار کم و در ۹ درجه کاملاً متوقف می‌شود.

REFERENCES

Bagheri Zenouz, E. (1986). *Food & Beverage harmful beetles*. Tehran: sepehr Publication, (In farsi)

Fleurat-Lessard, F., et al. (1994). *New trends in stored-grain infestation detection inside storage bins for permanent infestation risk monitoring*. Conference Sixth International Working Conference on Stored Product Protection, Canberra.

Fleurat-Lessard, F., et al. (2006). Acoustic detection and automatic identification of insect stages activity in grain bulks by noise spectra processing through classification algorithms. Conference Working on Stored Product Protection, Campinas, São Paulo, Brazil, Brazilian Post-harvest Association - ABRAPOS.

Ganchev, T., et al. (2007). *Acoustic monitoring of singing insects. Acoustics*. Conference Speech and Signal Processing, ICASSP.

Hagstrum, D. W. and P. W. Flinn (1993). "Comparison of acoustical detection of several insect species of stored-grain beetles (Coleoptera, Curculionidae, Tenebrionidae, Bostrichidae, Cucujidae) over a range of temperatures." *Journal of Economic Entomology* **4**: 1271- 1278. DOI: http://dx.doi.org/1210.1093/jee/1286.1274.1271

Hagstrum, D. W., et al. (1996). "Automated monitoring using acoustical sensors for insects in farm-stored wheat." *Journal of Economic Entomology* **1**: 211-217. DOI: http://dx.doi.org/210.1093/jee/1089.1091.1211

Hickling, R., et al. (2000). Acoustic system for rapidly detecting and monitoring pink bollworm in cotton bolls. P*roc. of the Beltwide Cotton Conference*.

ISO (1986). Cereals and pulses – Determination of insect hidden infestation. Part 3: Reference method; Part 4: Rapid methods**:** 3, 6639-6634, 1986.

Mankin, R. W., et al. (2000). "Eavesdropping on insects hidden in soil and interior structures of plants." Econ. Entomol **93**: 1173-1182.

Mankin, R. W. and J. R. Fisher (2002). Acoustic detection of Otiorhynchus sulcatus (Fabricius) (Coleoptera: Curculionidae) larval infestations in nursery containers. *In, Proc. 2002 North American Root Weevil Workshop, Corvallis, OR.*

Mankin, R. W., et al. (2011). "Perspective and promise: a cen- tury of insect acoustic detection and monitoring." *Journal of Ento-* mol: 30–43.

Potamitis, T. and N. Ganchev (2006). *Automatic Acoustic Identification of Insects Inspired by the Speaker Recognition Paradigm*. Conference Inter-Speech-ICSLP, Pittsburgh, PA, USA.

Schwab, L. and P. Degoul (2005). *Automatic acoustical surveillance system of grains in silos*. Conference INRA-Editions, Paris, France.

Sepasgozaryan, H. (1978). *Iran stored product pests and ways to combat them*. Tehran University Publication, (In farsi).

www.SID.ir