نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶، ص. ۲۸-۲۰

Journal of Plant Protection
Vol. 31, No. 1, Spring 2017, P. 20-28

اثرات کشندگی امواج مایکروویو روی حشرات کامل سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات *Callosobruchus maculatus* Fabricius (Coleoptera: Bruchidae).

شهربانو صبوری[۱]- غلامحسین مروج[۲*]- حسین صادقی نامقی[۳]- محبت محبی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۶/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۴/۲۷

چکیده

سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات، *Callosobruchus maculatus* Fabricius، یکی از آفات مهم انباری در سراسر جهان است که از دانه‌های حبوبات مختلف مانند عدس، ماش، لوبیا، باقلا و خصوصاً لوبیا چشم بلبلی تغذیه می‌کند و خسارت زیادی را به بار می‌آورد. در مطالعه‌ی حاضر، حساسیت حشرات کامل نر و ماده سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات در برابر پرتودهی با امواج مایکروویو با فرکانس ۲۴۵۰ مگاهرتز در توان‌های بین ۹۰ تا ۹۰۰ وات در زمان‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. نتایج نشان داد که برای هر دو جنس نر و ماده و در همه‌ی توان‌های مورد مطالعه، با افزایش طول مدت پرتودهی، میزان مرگ و میر حشرات کامل افزایش می‌یابد. حساسیت افراد نر بیشتر از افراد ماده بود ولی بر اساس مقایسه‌ی شاخص متوسط زمان پرتودهی کشنده‌ی ۵۰ درصد (LT_{50})، این تفاوت حساسیت معنی‌دار نبود. مقادیر LT_{50} در اثر توان‌های بین ۹۰ تا ۹۰۰ وات برای افراد نر به ترتیب بین ۶۷۴/۸ تا ۴۱/۴ ثانیه و برای افراد ماده به ترتیب بین ۷۴۱/۵ تا ۴۷/۲ ثانیه متغیر بود. بر اساس نتایج این بررسی، استفاده از امواج مایکروویو به‌ویژه در توان‌های بالا به عنوان یک جایگزین مناسب و ایمن برای کنترل سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات در انبارهای مواد غذایی توصیه می گردد.

واژه‌های کلیدی: آفات انباری، امواج الکترومغناطیسی، پرتودهی، مرگ و میر، LT_{50}

مقدمه

جمعیت جهان با سرعت بالایی روز به روز در حال افزایش است. طبق پیش‌بینی سازمان ملل متحد این جمعیت از ۶/۱ میلیارد نفر در سال ۲۰۰۰ میلادی به ۹/۳ میلیارد نفر تا سال ۲۰۵۰ میلادی خواهد رسید. لذا یکی از مهم‌ترین مشکلات بشر در آینده، تهیه‌ی غذای کافی برای این جمعیت در حال افزایش است. سوء تغذیه از جمله مسایلی است که بشر همواره از آن در رنج بوده و کمبود پروتئین از مصادیق بارز آن به شمار می‌رود (۲ و ۱۱). حبوبات یک منبع عالی و ارزان قیمت پروتئین و غنی از کالری به ویژه برای افرادی است که قادر به پرداخت هزینه‌های بالای مربوط به تامین پروتئین حیوانی نمی‌باشند، محسوب می شود (۱۶). حبوبات پس از غلات، بیشترین سطح زیر کشت را در مناطق استوایی و نیمه استوایی به خود اختصاص داده است (۵، ۲۳ و ۲۷). حبوبات، در مزرعه و طی نگهداری در انبارها مورد حمله حشرات آفت زیادی قرار می‌گیرند. یکی از مهمترین آفات انباری حبوبات، سوسک‌های خانواده Bruchidae به ویژه سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات، *Callosobruchus maculatus*، می باشد. لارو این آفت از حبوبات مختلف مانند ماش، عدس، باقلا و انواع لوبیا از جمله لوبیا چشم بلبلی تغذیه کرده (۲۱ و ۲۲) و باعث کاهش وزن، کاهش کیفیت غذایی و بازارپسندی محصول و کاهش قدرت جوانه زنی دانه ها می گردد (۴). در نیجریه این آفت سالیانه ۲۴ درصد کل حبوبات انبار شده را از بین می‌برد و سالیانه ۲۹۰۰ تن لوبیا چشم بلبلی بوسیله این آفت نابود می‌شود (۳۰). در ایران نیز سالانه ۲۰-۱۰ درصد محصولات انباری در اثر حمله آفات از بین می‌روند. اگرچه در برخی مناطق روستایی ایران به علت وجود انبارهای سنتی میزان این خسارت به ۸۰ درصد هم می‌رسد (۱۳). گاهی خسارت این آفت روی لوبیا چشم بلبلی در ایران آنقدر زیاد است که اغلب کشاورزان از کاشت این محصول روی‌گردان می‌شوند. در حال حاضر یکی از روشهای متداول و موثر در کنترل آفات انباری استفاده از سموم شیمیایی بویژه سموم تدخینی مانند متیل بروماید و فسفین می باشد. روش‌های شیمیایی اثرات نامطلوب جبران ناپذیری روی انسان و محیط زیست دارد به گونه‌ای که کاربرد متیل بروماید طی یک توافق نامه بین المللی (مونترال)، در اغلب کشورهای توسعه یافته کنار گذاشته شده است (۱۴). در کشورهای در حال توسعه نیز مصرف متیل بروماید از سال ۲۰۰۵ به ۲۰ درصد کاهش یافته و طبق این توافق نامه مصرف آن در این کشورها باید تا سال ۲۰۱۵ متوقف شود (۱۰). در مورد سایر ترکیبات شیمیایی نظیر

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار و استاد گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: moravej@um.ac.ir)
۴- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
DOI: 10.22067/jpp.v31i1.38646

Archive of SID
www.SID.ir

فسفید آلومینیم نیز مشکلات عمده‌ی دیگری از قبیل ایجاد مقاومت در آفات، مشکلات زیست محیطی، وجود باقی مانده سمی روی مواد غذایی و قیمت بالای آن‌ها وجود دارد (۳ و ۶).

روش‌های متفاوتی جهت جایگزین کردن روشهای شیمیایی برای کنترل آفات انباری معرفی شده است که از جمله آن ها می توان به کنترل بیولوژیک، کنترل هوای انبار، استفاده از پرتوهای یونیزه و سرمادهی محصولات انباری اشاره نمود که هر کدام از این روش‌ها محدودیت‌های خاص خود را دارند، برای مثال در کنترل هوای انبار باید غلظت اکسیژن یک درصد و دی اکسید کربن ۲۰ درصد باشد که خود این امر ممکن است تاثیر نامطلوبی روی کیفیت محصولات کشاورزی تازه داشته باشد (۳۲ و ۳۳). در سال های اخیر استفاده از گرمادهی با امواج مایکروویو به عنوان جایگزین ضدعفونی شیمیایی در کنترل آفات مورد توجه قرار گرفته است (۷ و ۲۹). اثرات کشندگی امواج مایکروویو با فرکانس ۲۴۵۰ مگاهرتز روی سه گونه آفت چوب های انباری شامل *Anobium striatum* Fabricius، *Anobium pertinax* Fabricius و *Hylotrupes bajulus* Linnaeus توسط نووانتی و همکاران مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که استفاده از این امواج برای کنترل هر سه گونه آفت ۱۰۰ درصد موثر است به گونه ای که ایجاد دمای ۶۰ درجه سلسیوس که به وسیله‌ی امواج مایکروویو با توان ۷۰۰- ۴۰۰ وات و به مدت ۱۰ دقیقه حاصل شد، توانست به میزان چشمگیری این آفات را کنترل کند (۱۷). آفت‌کشی با امواج مایکروویو در محصولات کشاورزی به دلیل داشتن مزایایی مانند سرعت در انجام کار و نداشتن هیچ گونه پسماند شیمیایی روی مواد غذایی و محیط زیست، به عنوان جایگزین بسیار مناسب روش شیمیایی در مبارزه با آفات انباری توصیه گردیده است (۲۹ و ۳۳). امواج مایکروویو بخشی از طیف الکترومغناطیس هستند که در طیف امواج بین امواج مادون قرمز و امواج رادیویی قرار می‌گیرند. دامنه فرکانس این امواج از ۳۰۰ مگاهرتز تا ۳۰۰ گیگاهرتز می‌باشد که به تبع آن طول موج آن‌ها از یک تا ۱۰۰۰ میلی متر متغیر است (۲۸). این امواج در بافت‌های بدن حشره جذب شده و به گرما تبدیل می‌شوند. گرمای حاصل سبب ایجاد اختلال در عملکرد بافت‌ها و اعضای مختلف شده و در نهایت منجر به مرگ حشره می‌گردد. میزان گرمای تولید شده در بدن حشره در اندام‌هایی که خون کافی به آن‌ها نمی‌رسد بیشتر است، چون خون سبب توزیع گرما و خنک شدن بدن حشره می شود (۱۲). امواج مایکروویو باعث انعقاد پروتئین‌ها در بافت‌های بدن حشره شده و در ساختار و عملکرد سلول‌های عصبی اختلال ایجاد می‌کنند (۱۵). رشد غیر عادی پیوست‌های سر و قفس سینه، کاهش وزن بدن، کاهش قدرت باروری حشرات کامل و جلوگیری از دگردیسی کامل حشرات از جمله اثرات گرمای تولید شده بوسیله امواج مایکروویو می‌باشد (۱۸ و ۱۹). با توجه به جدید بودن این روش نسبت به سایر روش‌های کنترل آفات انباری در ایران، در مطالعه‌ی حاضر، کارایی این امواج در کنترل حشرات کامل سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

کلنی اولیه سوسک چهار نقطه ای حبوبات از آزمایشگاه حشره شناسی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه گردید. حشرات روی بذور لوبیا چشم بلبلی، *Vigna unguiculata* Linnaeus (رقم مشهدی) که قبلا در دمای ۶۰ درجه سلسیوس به مدت ۶ ساعت درون آون ضدعفونی شده بود پرورش یافتند. بدین منظور تعداد ۵۰ جفت حشره نر و ماده روی ۱۰۰ گرم لوبیا چشم بلبلی درون ظروف شیشه‌ای یک لیتری منتقل گردید. جهت تهویه، دهانه ظروف با توری پوشانده شد. پس از ۲۴ ساعت حشرات کامل توسط آسپیراتور خارج گردید و دانه‌های لوبیای حاوی تخم، تا زمان خروج حشرات کامل نسل جدید داخل اتاقک رشد در دمای ۲±۲۸ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۰ درصد و در تاریکی نگه داری شدند. برای انجام آزمایش‌های اصلی از حشرات کامل ۲-۱ روزه استفاده شد. آزمایش‌های زیست سنجی درون لیوان های یکبار مصرف با ارتفاع ۷/۵ و قطر دهانه ۶ سانتی متر حاوی ۲۰ گرم لوبیا چشم بلبلی ضدعفونی شده صورت گرفت. دهانه لیوان ها بوسیله توری پوشانده شد. روی هر لیوان به عنوان یک واحد آزمایشی، برچسب اطلاعات شامل قدرت مایکروویو، مدت پرتودهی، تاریخ آزمایش و شماره تکرار الصاق گردید. هر واحد آزمایشی شامل ۲۰ عدد حشره نر یا ماده بود.

با انجام چند سری آزمایش‌های مقدماتی، مقادیر بیشینه و کمینه مدت پرتودهی مناسب جهت آزمایش‌های زیست سنجی در توان‌های مختلف تعیین گردید و سپس سه زمان دیگر با فاصله لگاریتمی مساوی در این محدوده در نظر گرفته شد. توان امواج مایکروویو مورد استفاده شامل ۹۰، ۱۸۰، ۳۶۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ وات بودند. مقادیر بیشینه و کمینه مدت پرتودهی در توان‌های فوق به ترتیب ۴۵۰-۹۶۰، ۱۷۰-۴۲۰، ۶۰-۱۸۰، ۴۰-۱۲۰ و ۲۰-۸۵ ثانیه بود. امواج مایکروویو بوسیله یک دستگاه مایکروویو LG مدل LF-5902 با فرکانس ۲۴۵۰ مگاهرتز و حداکثر توان خروجی ۹۰۰ وات با قابلیت تنظیم توان و مدت پرتودهی تامین شد. آزمایش‌های زیست سنجی برای هر توان و مدت پرتودهی ۵ مرتبه تکرار شد. پس از پرتودهی، واحدهای آزمایشی به داخل اتاقک رشد منتقل شدند. تیمار شاهد شامل ۵ واحد آزمایشی بدون پرتودهی بود. پس از ۲۴ ساعت نگهداری در اتاقک رشد، تعداد حشرات مرده شمارش و ثبت گردید. معیار مرگ ومیر، عدم حرکت پاها و شاخک حشرات در اثر تحریک با قلم مو بود. آزمایش‌ها بر پایه طرح کاملا تصادفی در شرایط دمای ۲±۲۸ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۰ درصد و تاریکی انجام شد.

Archive of SID

www.SID.ir

تجزیه آماری

روی داده‌های درصد مرگ ومیر اصلاح شده‌ی حشرات کامل نر و ماده سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات تجزیه کوواریانس انجام شد. که در آن توان اشعه مایکروویو و جنس حشرات به عنوان عوامل مستقل و مدت پرتودهی به عنوان کوواریانس در نظر گرفته شد. تغییرات درصد مرگ و میر نسبت به عوامل فوق با استفاده از فرمول ۱ محاسبه شد.

فرمول۱ $$R^2 = \frac{sum\ of\ squares\ of\ factor}{sum\ of\ squares\ of\ corrected\ total}$$

در هر توان، آنالیز رگرسیون پروبیت روی داده های مدت پرتودهی به روش فینی (۱۹۷۱) با استفاده از نرم افزار POLO-PC انجام شد (۸) و بر این اساس، شاخص متوسط طول دوره‌ی پرتودهی کشنده ۵۰ درصد (LT_{50}) و ۹۰ درصد (LT_{90})، معادلات خطوط پروبیت، نسبت t، ناهمگنی[1]، فاکتور g و سایر پارامترهای مربوط برآورد گردید و بین توان‌های مختلف و حشرات نر و ماده مورد مقایسه قرار گرفت (۲۴).

نتایج

نتایج حاصل از زیست سنجی سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات نشان داد که در کلیه توان‌های مورد بررسی، با افزایش طول دوره پرتودهی، مرگ و میر حشرات کامل در هر دو جنس نر و ماده افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش توان امواج مایکروویو، زمان رسیدن به حداکثر تلفات کاهش یافت، به گونه ای که در توان ۹۰ وات حداکثر تلفات حشرات کامل (۸۳ درصد)، در مدت ۹۶۰ ثانیه پرتودهی ولی در توان ۹۰۰ وات، حداکثر تلفات (۹۰ درصد) در مدت ۸۵ ثانیه پرتودهی حاصل شد (شکل ۱).

نتایج حاصل از تجزیه کوواریانس نشان داد که اثر کوواریانت (مدت پرتودهی) معنی دار بود ($F_{(1, 239)}$=178.43, P<0.001). همچنین میانگین درصد مرگ ومیر حشرات کامل نر به طور معنی‌داری بیشتر از حشرات ماده بود ($F_{(1, 239)}$=4.61, P<0.001). مقایسه با استفاده از نسبت Sum of square در آنالیز کوواریانس نشان داد که ۴۱/۴۳، ۳۹/۸۴ و ۱/۰۷ درصد تغییرات در میزان مرگ ومیر حشرات کامل به ترتیب توسط طول دوره پرتودهی، توان امواج و جنسیت حشرات قابل توجیه است.

بر اساس نتایج آنالیز پروبیت مرگ و میر – مدت پرتودهی، مقادیر شیب خطوط پروبیت بین ۳/۲۳ تا ۵/۵۱ متغیر بود. مقایسه شیب خطوط بر اساس آزمون فرضیه موازی بودن نشان داد که شیب خطوط پروبیت مرگ ومیر در اثر توان‌های مختلف امواج مایکروویو اختلاف معنی داری با یکدیگر داشتند (χ^2= 42.34, df= 9, P<0.001). مقایسه جفتی شیب‌های خطوط پروبیت بین توان‌ها نشان داد که برای افراد نر، شیب معادله پروبیت مرگ و میر در اثر توان ۹۰ وات (۵/۵۱) با توان‌های ۱۸۰ (۵/۳۳) (χ^2= 0.06, df= 1, P= 0.801)، ۳۶۰ (۵/۰۱) (χ^2= 0.52, df= 1, P= 0.461) و۶۰۰ وات (۴/۲۴) (χ^2= 3.58, df= 1, P= 0.058) اختلاف معنی داری نداشت، ولی بین شیب خط پروبیت مرگ ومیر در توان ۹۰ وات با توان ۹۰۰ وات (۳/۲۳) (χ^2= 13.65, df= 1, P<0.001) اختلاف معنی داری مشاهده شد. همچنین شیب معادله پروبیت مرگ ومیر در اثر توان ۱۸۰وات (χ^2= 13.98, df= 1, P< 0.001)، ۳۶۰ وات (χ^2= 12.25, df= 1, P< 0.001) و ۶۰۰ وات (χ^2= 4.18, df= 1, P< 0.001) به طور معنی داری بزرگ‌تر از شیب معادله نظیر در توان ۹۰۰ وات بود.

مقایسات مشابه برای حشرات کامل ماده نشان داد که شیب معادله پروبیت مرگ و میر در توان ۹۰ وات (۵/۲۲) با توان ۹۰۰ وات (۳/۲۶) (χ^2= 10.03, df= 1, P< 0.001) اختلاف معنی‌داری داشت، ولی با سایر توان‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌داری نداشت (P>0.05). همچنین شیب خطوط پروبیت مرگ و میر افراد ماده در توان۱۸۰ وات (۴/۹۶) (χ^2= 9.43, df= 1, P< 0.001) به طور معنی‌داری بزرگتر از مقدار نظیر آن در توان ۹۰۰ وات بود. همچنین مقایسه جفتی آزمون متوازی بودن نشان داد که شیب خطوط پروبیت مرگ و میر افراد ماده در اثر توان های ۳۶۰ وات (χ^2= 8.59, df= 1, P< 0.001) و ۶۰۰ وات (χ^2= 4.30, df= 1, P< 0.001) به طور معنی داری بزرگتر از شیب نظیر در اثر توان ۹۰۰ وات بود ولی بین شیب خطوط رگرسیون پروبیت در اثر توان‌های ۳۶۰ و ۶۰۰ وات اختلاف معنی داری مشاهده نشد (χ^2= 0.60, df= 1, P= 0.436).

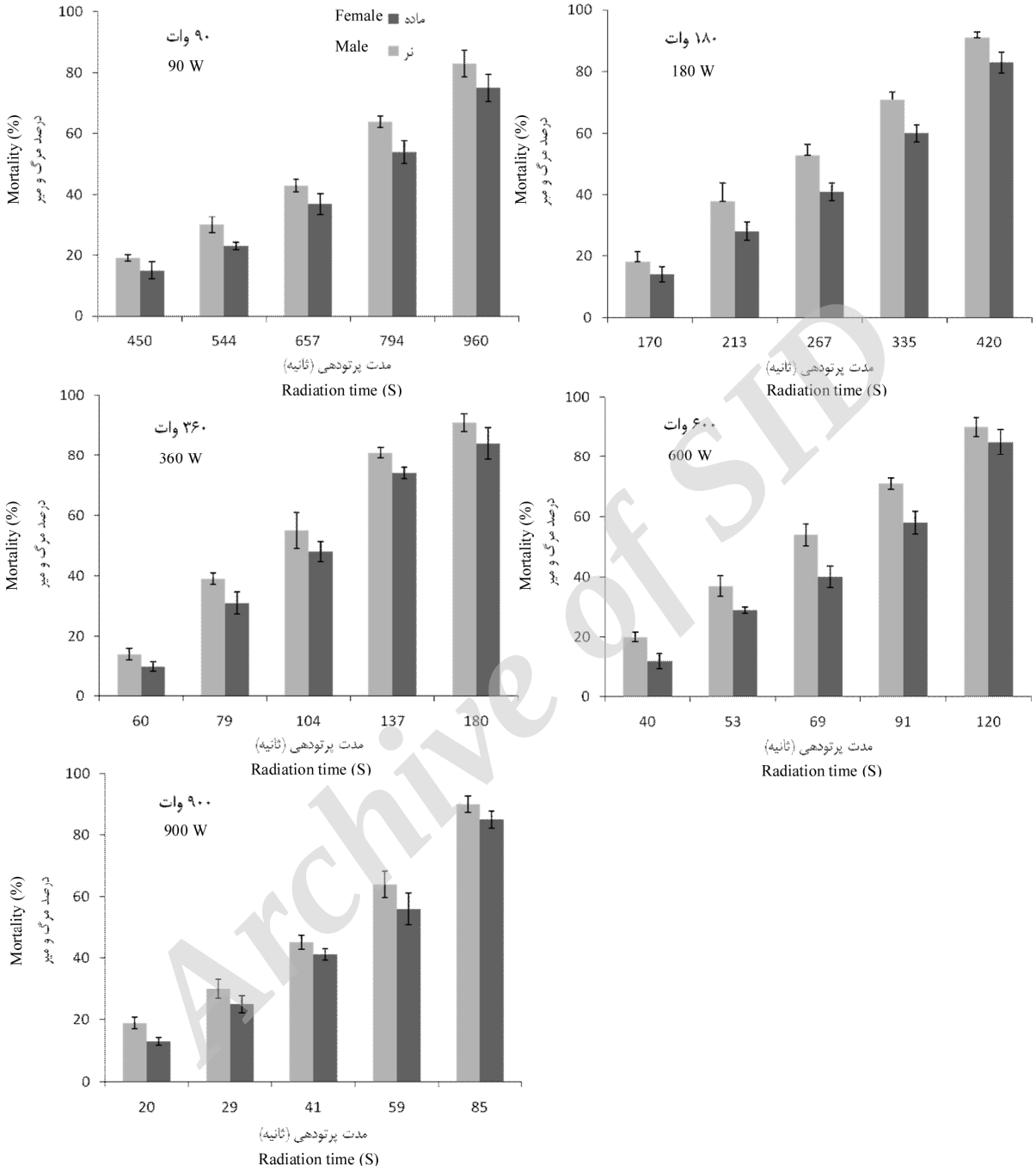
نتایج آنالیز رگرسیون پروبیت مرگ و میر – مدت پرتودهی نشان داد که میزان فاکتور g در همه موارد کمتر از ۰/۵ بود. مقدار آزمون t بزرگتر از ۱/۹۶ بود. فاکتور ناهمگنی در همه موارد به جز زیست سنجی با توان ۶۰۰ وات علیه افراد ماده (۱/۲۳) و توان ۹۰۰ وات علیه افراد نر (۱/۸۱) و ماده (۱/۲۸)، کمتر از ۱ بود؛ مقادیر ناهمگنی بزرگتر از ۱ نشان دهنده اعمال فاکتور g (۰/۹۵) در برآورد مقادیر شاخص‌های LT_{50} و LT_{90} می باشد. کمترین میزان شاخص LT_{50} مربوط به توان ۹۰۰ وات برای حشرات نر و ماده به ترتیب به میزان ۴۵/۴۰ و ۵۲/۱۴ ثانیه و بیشترین میزان شاخص LT_{50} مربوط به توان ۹۰ وات برای حشرات نر و ماده به ترتیب به میزان ۷۰۱/۱۳ و ۱۲۱۱/۹۴ ثانیه بدست آمد (جدول ۲). مقایسه بین حساسیت حشرات نر و ماده در هر یک از توان‌ها با استفاده از نسبت LT_{50} و حدود اطمینان ۹۵ درصد آن نشان داد که تفاوت معنی داری بین LT_{50} حشرات نر و ماده در هیچ یک از توان‌ها وجود نداشت ولی بطور کلی میزان LT_{50} برای حشرات ماده بزرگ‌تر از حشرات نر بود (جدول ۳). مقایسه اثرات کشندگی امواج ماکروویو در توان‌های مختلف بر اساس نسبت LT_{50} و حدود اطمینان ۹۵ درصد آن نشان داد که برای هر دو

1- Heterogeneity

Archive of SID

www.SID.ir

جنس نر (جدول ۳) و ماده (جدول ۴) بین کلیه توان‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌دار وجود داشت.



شکل ۱- میانگین (± اشتباه معیار) مرگ و میر (٪) حشرات کامل سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات تحت تاثیر توان‌ها و دوره‌های زمانی مختلف پرتودهی توسط امواج مایکروویو (n=5). هر تکرار شامل ۲۰ حشره کامل بود.

Figure 1- Mean (± SE) mortality (%) of cowpea beetle adults affected by microwave irradiation at different power and time periods (n = 5). Each replicate consisted of 20 adults.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱ـ آنالیز رگرسیون پروبیت مرگ ومیر- زمان پس از ۲٤ ساعت ناشی از پرتودهی حشرات کامل نر و ماده سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات *C. maculatus* با امواج مایکروویو در توان های مختلف

Table 1- Probit regression analysis on mortality-time data after 24 hours from exposure of *C. maculatus* males and females to various power levels of microwave irradiation

توان (وات) Power (W)	جنس حشره Insect sex	N	پروبیت مرگ ومیر- زمان Regression of probit mortality – time		نسبت t t ratio	ناهمگنی Heterogeneity	فاکتور g g factor	طول دوره پرتودهی کشنده (ثانیه) (حدود اطمینان ۹۵٪) Lethal irradiation Period (S) (95% Confidence interval)	
			ثابت (±SE) Intercept (±SE)	شیب (±SE) Slop (±SE)				LT_{50}	LT_{90}
90	نر	600	-15.61(±1.54)	5.51(±0.54)	10.07	0.60	0.37	674.80 642.15-710.32	1151.76 1040.75-1331.68
	ماده	600	-15.00(±1.55)	5.22(±0.54)	9.54	0.43	0.42	741.51 703.33-788.16	1304.14 1154.64-1560.79
180	نر	600	-12.81(±1.16)	5.33(±0/48)	11.05	0.69	0. 03	251.71 238.33-265.23	437.63 399.28-496.04
	ماده	600	-12.19(±1.14)	4.96(±0/47)	10.55	0.60	0.34	275.95 270.51-303.34	518.04 462.66-607.33
360	نر	600	-9.91(±0.83)	5.01(±0/41)	11.99	0.63	0.02	94.65 89.31-100.23	170.41 155.41-199.44
	ماده	600	-9.57(±0.82)	4.37(±0 40)	11.69	0.73	0.02	105.20 99.03-111.71	196.23 176.55-226.15
600	نر	600	-7.67(±0.72)	4.24(±0.39)	10.77	0.39	0.03	64.16 59.90-68.49	128.58 114.45-150.98
	ماده	600	-8.06(±0.73)	4.29(±0.39)	10.84	1.23	0.10	75.56 69.30-83.01	150.28 127.41-194.39
900	نر	600	-5.23(±0.48)	3.23(±0.29)	10.86	1.81	0.15	41.40 33.84-50.86	102.98 75.75-197.04
	ماده	600	-5.45(±0.49)	3.26(±0.30)	10.85	1.28	0.11	47.02 40.15-56.36	116.13 87.44-164.86

n: تعداد کل حشرات مورد آزمایش؛ SE: خطای معیار

n: Number of treated insects; SE: standard error

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- نسبت های LT_{50} و حدود اطمینان ۹۵٪[¥] آن‌ها جهت مقایسه بین حساسیت حشرات کامل نر و ماده سوسک چهار نقطه ای حبوبات *C. maculatus* به پرتودهی امواج مایکروویو در توان های مختلف

Table 2- The ratios of LT_{50} values and their 95% confidence intervals for comparing susceptibility of male and female adults of *C. maculatus* exposed to various power levels of microwave irradiation

توان (وات) Power (W)	نسبت LT_{50} LT_{50} ratio (LT_{50} نر : LT_{50} ماده)	حدود اطمینان ۹۵ درصد 95% confidence interval
90	1.10	(1.00-1.19) ns
180	1.14	(1.00-1.23) ns
360	1.05	(1.00-1.21) ns
600	1.18	(0.98-1.42) ns
900	1.14	(1.00-1.29) ns

[¥] حدود اطمینان ۹۵ درصد بر اساس روش روبرتسون و پریسلر (۱۹۹۲) محاسبه شد (۲۴).

[ns] اختلاف معنی دار بین LT_{50}های مقایسه شده وجود ندارد ($P> 0.05$).

[¥] 95% confidence intervals were calculated based on Robertson and Preisler (1992).

[ns] There is no significant difference between LT_{50} values ($P> 0.05$).

جدول ۲- نسبت‌های LT_{50} و حدود اطمینان ۹۵٪[¥] آنها جهت مقایسه بین اثر کشندگی توان های مختلف امواج مایکروویو روی حشرات نر سوسک چهار نقطه ای حبوبات *C. maculatus*

Table 3- The ratios of LT_{50} values and their 95% confidence intervals for comparing lethal effects of power levels of microwave irradiation on C. *maculatus* male adults

مقایسه Comparison	نسبت LT_{50} LT_{50} ratio	حدود اطمینان ۹۵ درصد 95% confidence interval
(LT_{50} توان 180؛ LT_{50} توان 90[£])	2.68	(2.49-2.89) *
(LT_{50} توان360؛ LT_{50} توان 90)	7.13	(6.60-7.70) *
(LT_{50} توان 600؛ LT_{50} توان 90)	10.52	(9.67-11.44) *
(LT_{50} توان 900؛ LT_{50} توان 90)	16.30	(14.74-18.03) *
(LT_{50} توان 360؛ LT_{50} توان 180)	2.66	(2.46-2.88) *
(LT_{50} توان 600؛ LT_{50} توان 180)	3.92	(2.46-2.88) *
(LT_{50} توان 900؛ LT_{50} توان 180)	6.08	(5.49-6.74) *
(LT_{50} توان 600؛ LT_{50} توان 360)	1.48	(1.35-1.61) *
(LT_{50} توان 900؛ LT_{50} توان 360)	2.29	(2.06-2.54) *
(LT_{50} توان 900؛ LT_{50} توان 600)	1.55	(1.39-1.73) *

[¥] حدود اطمینان ۹۵ درصد بر اساس روش روبرتسون و پریسلر (۱۹۹۲) محاسبه شد (۲۴).

[£] توان بر حسب وات.

[*] اختلاف معنی دار بین LT_{50}های مقایسه شده وجود دارد ($P< 0.05$).

[¥] 95% confidence intervals were calculated based on Robertson and Preisler (1992).

[£] Power in watts

[*] There is significant difference between LT_{50} values ($P< 0.05$).

بحث

نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که بین میزان مرگ و میر حشرات با قدرت امواج مایکروویو و مدت زمان پرتودهی رابطه مثبت و معنی دار وجود دارد. این نتیجه گیری در مطالعات انجام شده توسط سایر محققین نیز به اثبات رسیده است. وادی وامبال و همکاران در سال ۲۰۱۰ اثرات کشندگی امواج مایکروویو را در فرکانس ۲۴۵۰ مگاهرتز و قدرت‌های ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰ و ۶۰۰ وات به مدت ۱۴ و ۲۸ ثانیه روی لارو و حشرات کامل شپشه ذرت، *Sitophilus zeamais* Motschulsky، شپشه قرمز آرد، *Tribolium castaneum* Herbstt و شب‌پره هندی، *Plodia iterpunctella* Hubner مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که در سه گونه آفت با افزایش قدرت امواج و زمان پرتودهی، میزان مرگ ومیر لارو و حشرات کامل افزایش یافت به گونه‌ای که پرتودهی لارو و حشرات

Archive of SID

www.SID.ir

کامل شیشه آرد و ذرت به مدت ۱۴ ثانیه با امواج ۶۰۰ واتی یا ۲۸ ثانیه با امواج ۵۰۰ واتی سبب ایجاد ۱۰۰ درصد مرگ ومیر شد (۳۱).

جدول ۳- نسبت‌های LT_{50} و حدود اطمینان ۹۵٪[¥] آنها جهت مقایسه بین اثر کشندگی توان‌های مختلف امواج مایکروویو روی حشرات ماده سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات *C. maculatus*

Table 4- The ratios of LT_{50} values and their 95% confidence intervals for comparing lethal effects of power levels of microwave irradiation on C. *maculatus* female adults

مقایسه Comparison	نسبت LT_{50} LT_{50} ratio	حدود اطمینان ۹۵ درصد 95% confidence interval
(LT_{50} توان 180؛ LT_{50} توان 90[£])	2.59	(2.39-2.82) *
(LT_{50} توان360؛ LT_{50} توان 90)	7.05	(1.87-27.97) *
(LT_{50} توان 600؛ LT_{50} توان 90)	9.81	(8.18-11.77) *
(LT_{50} توان 900؛ LT_{50} توان 90)	15.77	(14.19-17.52) *
(LT_{50} توان 360؛ LT_{50} توان 180)	2.72	(2.50-2.96) *
(LT_{50} توان 600؛ LT_{50} توان 180)	3.78	(3.16-4.54) *
(LT_{50} توان 900؛ LT_{50} توان 180)	6.80	(5.47-6.76) *
(LT_{50} توان 600؛ LT_{50} توان 360)	1.39	(1.16-1.67) *
(LT_{50} توان 900؛ LT_{50} توان 360)	2.24	(2.01-2.49) *
(LT_{50} توان 900؛ LT_{50} توان 600)	1.61	(1.32-1.95) *

[¥] حدود اطمینان ۹۵ درصد بر اساس روش روبرتسون و پریسلر (۱۹۹۲) محاسبه شد (۲۴).

[£] توان بر حسب وات.

* اختلاف معنی دار بین LT_{50}های مقایسه شده وجود دارد ($P< 0.05$).

[¥] 95% confidence intervals were calculated based on Robertson and Preisler (1992).

[£] Power in watts

* There is significant difference between LT_{50} values ($P< 0.05$).

سینگ و همکاران (۲۶) مطالعه‌ای در زمینه‌ی استفاده از مایکروویو (با فرکانس ۲۴۵۰ مگاهرتز در ۵ سطح قدرت ۷۰۰، ۵۶۰، ۴۲۰، ۲۸۰ و ۱۲۰ وات) برای کنترل سوسک چینی حبوبات، *Callosobruchus chinensis* Linnaeus، روی ارقام مختلف حبوبات انجام دادند. نتایج حاصل از مطالعات ایشان، نشان داد که در تمام ارقام استفاده شده با افزایش قدرت امواج و مدت پرتودهی حشرات کامل، میزان مرگ و میر به صورت معنی داری افزایش یافت به گونه‌ای که ۱۰۰ درصد مرگ و میر در اثر توان ۷۰۰ وات با ۱۰۰ ثانیه پرتودهی حاصل شد (۲۶). نتایج تحقیق حاضر با نتایج مطالعه این محققان مطابقت دارد. در تحقیق حاضر، حداکثر تلفات حشرات کامل سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات (۹۰ درصد) با ۸۵ ثانیه پرتودهی با امواج ۹۰۰ واتی حاصل شد. لذا به نظر می رسد که تفاوت زیادی بین حساسیت سوسک چینی و سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات در برابر امواج مایکروویو وجود ندارد. در مطالعه‌ای اثرات کشندگی امواج مایکروویو با توان و زمان‌های مختلف روی سه گونه آفت انباری شامل شب پره هندی، *Plodia interpunctella*، شب پره مدیترانه‌ای آرد، *Ephestia kuehniella* Zeller و شپشه دندانه دار، *Oryzaephilus surinamensis* Linnaeus توسط صادقی نسب و همکاران (۲۵)، مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه از امواج مایکروویو با فرکانس ۲۴۵۰ مگاهرتز و توان ۱۰۰ وات به مدت ۳۰۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ ثانیه و امواج ۲۰۰ واتی به مدت ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ ثانیه استفاده شد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که در تمام توان‌ها با افزایش زمان قرار گیری در معرض امواج، میزان مرگ و میر افزایش می‌یابد. حشرات کامل شب پره هندی و شپشه دندانه دار در اثر پرتودهی با امواج ۱۰۰ واتی به مدت ۹۰۰ ثانیه، متحمل ۸۷ درصد تلفات شدند. روی حشرات کامل شب پره مدیترانه ای آرد در اثر پرتودهی با امواج ۱۰۰ واتی به مدت ۹۰۰ ثانیه، تلفات ۹۰ درصدی حاصل شد (۲۵). این نتایج با نتایج حاصل از بررسی ما هماهنگی داشت به گونه ای که میزان تلفات تقریبا مشابه (۸۴ درصد) در اثر ۹۶۰ ثانیه پرتو دهی حشرات کامل سوسک چهار نقطه ای حبوبات با توان امواج تقریبا مشابه (۹۰ وات) حاصل شد.

در این بررسی حساسیت حشرات نر نسبت به افراد ماده در برابر امواج مایکروویو بیشتر بود، هر چند بر اساس نسبت شاخص های LT_{50}، این تفاوت حساسیت معنی دار نبود (جدول ۳). نتایج مطالعات پونوماریووا و همکاران در سال ۲۰۱۰ نشان داد که اثر امواج مایکروویو روی حشرات در درجه اول به قدرت امواج و مدت پرتودهی و در درجات بعدی به عواملی از قبیل اندازه بدن حشره، ضریب انتقال گرمایی بدن حشره، مقاومت حشره در برابر گرما و حساسیت سیستم

Archive of SID

www.SID.ir

عصبی حشره بستگی دارد (۲۰). با توجه به اینکه در این بررسی دو عامل قدرت امواج و مدت پرتودهی برای حشرات نر و ماده یکسان بود به نظر می‌رسد تفاوت بین میزان مرگ و میر حشرات نر و ماده ناشی از تفاوت در اندازه و وزن حشرات نر و ماده بوده است. ولی با توجه به مکانیسم اثر امواج مایکروویو (افزایش دمای بدن حشره)، احتمالاً این تفاوت در اندازه، تاثیر ناچیزی در اختلاف حساسیت بین حشرات نر و ماده داشته است. در مطالعه انجام شده توسط صادقی نسب و همکاران در زمینه تاثیر امواج مایکروویو در توان و زمان‌های مختلف علیه سه گونه آفت انباری مشخص شد که در اثر پرتودهی حشرات نر و ماده شب پره هندی و شب پره مدیترانه ای آرد با توان ۱۰۰ واتی امواج مایکروویو به مدت ۳۰۰ ثانیه، علیرغم ایجاد تلفات بیشتر در جنس نر، تفاوت معنی داری بین مرگ ومیر افراد نر و ماده مشاهده نگردید (۲۵).

نتایج حاصل از این بررسی مشخص کرد که امواج مایکروویو به ویژه در توان‌های بالا از پتانسیل خوبی برای کنترل حشرات کامل سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات دارا می باشند و بوسیله این امواج می‌توان در مدت زمان کوتاهی بدون به جای گذاری پسماندهای شیمیایی روی مواد غذایی، جمعیت سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات را کنترل نمود. اثرات جانبی امواج مایکروویو روی کیفیت مواد انباری در سرتاسر جهان بوسیله محققان مورد مطالعه قرار گرفته است برای مثال در مطالعه‌ای که با هدف بررسی تأثیر تیمار گرمایشی مایکروویو روی کنترل سوسک کشیش، *Rhizopertha dominica* Fabricius در برنج انبار شده و کیفیت برنج توسط جان هنگ و همکاران صورت پذیرفت، امواج رادیویی با فرکانس ۲۷ مگاهرتز در چهار تیمار ۷۰، ۷۵، ۸۰ و ۸۵ درجه سلسیوس به مدت ۱۸۰ ثانیه روی برنج اعمال شد. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که با افزایش دمای سطح برنج کیفیت برنج (قابلیت پخت، چسبندگی و قد کشیدن) به طور معنی‌داری کاهش یافت. در این مطالعه علیرغم کاهش کیفیت برنج تحت تیمار با امواج مایکروویو، به دلیل اثرات فوق العاده امواج مایکروویو در کنترل آفت مذکور استفاده از این امواج برای کنترل سوسک کشیش پیشنهاد گردید (۹). با توجه به وجود مطالعات اندک در این زمینه در ایران، پیشنهاد می‌شود اثرات جانبی این امواج روی مواردی مانند کیفیت مواد غذایی و قدرت نامیه بذور نیز مورد بررسی قرار گیرد تا امکان کاربرد گسترده امواج مایکروویو در کنترل آفات انباری فراهم گردد.

منابع

1- Bagherizenouz E. 2007. Pests of Stored Products and Management to Maintain: Bioecology of Insects, Acari and Microorganism, Tehran. University of Tehran Press. 449 (In Persian).
2- Banaee T., Davoodikia M., Radu H. and Noori P. 1995. Agronomy of Pulse Crops, Tehran. Publications of the Ministry of Agriculture. 256 (In Persian).
3- Bell C. and Wilson S.M. 1995. Phosphine tolerance and resistance in *Trogoderma granarium* (Everts.) (Coleoptera: Dermestidae). Journal of Stored Products Research, 31:199-205.
4- Boateng B.A. and Kusi F. 2008. Toxicity of jatropha seed oil to *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) and its parasitoid, *Dinarmus basalis* (Hymenoptera: Pteromalidae). Journal of Applied Sciences Research, 4(8):945-951.
5- Chauhan Y.S. and Ghaffar M.A. 2002. Solar heating of seeds: a low cost method to control Bruchid (*Callosobruchus* spp.) attack during storage of pigeon pea. Journal of Stored Products Research, 38:87-91.
6- Daglish G.J. and Collins P.J. 1999. Improving the relevance of assays for phosphine resistance. p. 584-593. In: 7th International Working Conference on Stored Product Protection. Beijing, China.
7- Das I., Kumar G. and Shah N.G. 2013. Microwave heating as an alternative quarantine method for disinfestation of stored food grains. International Journal of Food Science, 2013:1-13.
8- Finney D.L. 1971. Probit Analysis, Cambridge. Cambridge University Press.
9- Janhang P., Krittigama N., Lücke W. and Vearasilp S. 2005. Using radio frequency heat treatment to control the insect *Rhyzopertha dominica* (F.) during storage in rice seed (*Oryza sativa* L.). p. 11-13. In: Conference on International Agricultural Research for Development. Stuttgart-Hohenheim.
10- Kells S.A., Mason L.J., Maier D.E. and Woloshuk C.P. 2001. Efficacy and fumigation characteristics of ozone in stored maize. Journal of Stored Products Research, 37:371-382.
11- Koocheki A. and Banayan Aval M. 1994. Agronomy of Pulse Crops, Mashhad. Iranian Students Book Agency. 236 (In Persian).
12- Locatelli D.D. and Traversa S. 1989. Microwave in the control of rice infestation. Italian Journal of Food Science, 2:53-62.
13- ModarresNajafabadi S. and Shayesteh N. 2004. Effect of low temperature (zero or below zero degrees Celsius) in Indian mealmoth survival. In: National Conference on the Application of Biological Materials and Efficient Use of

Archive of SID

www.SID.ir

Fertilizers and Pesticides in Agriculture. Tehran (in Persian).
14- Mohandass S., Arthur F.H., Zhu K.Y. and Throne J.E. 2007. Biology and management of P*lodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae) in stored products: a review. Journal of Stored Products Research, 43:302-311.
15- Nelson S.O. 1995. Assessment of RF and microwave electric energy for stored-grain insect control. p. 1-16. In: *ASAE Annual International Meeting*. Chicago, Illinois.
16- Noel M.G. and Rosario R.R.D. 1989. Changes in protein composition during germination of mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek. The Philippine Agriculturist, 72:271-277.
17- Novotny M., Skramlik J., Suhajda K. and Tichomirov V. 2013. Sterilization of biotic pests by microwave radiation. Procedia Engineering, 57:1094-1099.
18- Olsen R.G. 1982. Constant dose microwave irradiation of insect pupae. Radio Science, 17(5):145-148.
19- Ondracek J. and Brunnhofer V. 1984. Dielectric properties of insect tissues. General Physiology and Biophysics, 3:251-257.
20- Ponomaryova I.A., Oyarzabal L.N.R. and Sánchez E.R. 2010. Interaction of radio-frequency, high-strength electric fields with harmful insects. Journal of Microwave Power & Electromagnetic Energy, 43(4):17-27.
21- Rahman A. and Talukder A. 2006. Bioefficacy of some plant derivatives that protect grain against the pluses beetle, *Callosobruchus maculatus*. Journal of Insect Science, 6:17-24.
22- Raja N., Albert S., Ignacimuthu S. and Dorn S. 2001. Effect of plant volatile oils in protecting stored cowpea *Vigna unguiculata* (L.) Walpers against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) infestation. Journal of Stored Products Research, 37:127-132.
23- Rajapakse R. and Emden H.F.V. 1997. Potential of four vegetable oils and ten botanical powders for reducing infestation of cowpeas by *Callosobruchus maculatus*, C. *chinensis* and C. *rhodesianus*. Journal of Stored Products Research, 33(1):59-68.
24- Robertson J.L. and Preisler H.K. 1992. Pesticide Bioassays with Arthropods, Florida. CRC Press. 127.
25- Sadeghi Nasab F., Shayesteh N., Pourmirza A.A. and Ghobadi C. 2004. Effect of microwave with different powers and times on developmental stages of three species of stored product pests. Iranian Journal of Agricultural Sciences, 35(2):493-498 (in Persian).
26- Singh R., Singh K. and Kotwaliwale N. 2012. Study on disinfestation of pulses using microwave technique. Journal of Food Science and Technology, 49(4):505-509.
27- Singh V.N. and Pandey N.D. 2001. Growth and development of *Callosobruchus maculatus* F. on different gram varieties. Indian Journal of Entomology, 63(2):182-185.
28- Šuhajda K. 2006. Rehabilitation of moist masonry structures - Use of rod antenna during microwave pre-drying of injection holes. PhD thesis. Brno.
29- Tang J., Mitcham E., Wing S. and Lurie S. 2007. Heat Treatment for Postharvest Pest Control: Theory and Practice, Cambridge. CAB International. 349.
30- Tapondjou L.A., Adler C., Bouda H. and Fontem D.A. 2002. Efficacy of powder and essential oil from *Chenopodium ambrosioides* leaves as post – harvest grain protectants against six stored product beetles. Journal of Stored Products Research, 38:398-402.
31- Vadivambal R., Deji O.F., Jayas D.S. and White N.D.G. 2010. Disinfestation of stored corn using microwave energy. Agriculture and Biology Journal of North America, 1(1):18-26.
32- Wang S., Monzon M., Johnson J.A., Mitcham E.J. and Tang J. 2007. Industrial-scale radio frequency treatments for insect control in walnuts 2: Insect mortality and product quality. Postharvest Biology and Technology, 45:247-253.
33- Wang S. and Tang J. 2001. Radio frequency and microwave alternative treatments for insect control in nuts: a review. Agricultural Engineering Journal, 10(3 & 4):105-120.

Archive of SID

www.SID.ir