

تاثیر گرمادهی با مایکروویو بر مرگ و میر آفت سرخرطومی درخت خرما جهت مبارزه غیر شیمیایی

سعید ملازهی^{۱*}، حسن صدرنیا^۲

۱. دانشجوی دوره دکتری مکانیک بیوسیستم دانشگاه فردوسی مشهد

۲. استادیار گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه فردوسی مشهد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۱ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۴/۱۱)

چکیده

سوسک سرخرطومی خرما (*Rhynchophorus ferrugineus*) مهمترین آفت نخلها می باشد که سالانه درختان زیادی را از بین می برد. به منظور تعیین سن مناسب برای مبارزه با آفت و بررسی اثر ضخامت تنه درخت بر مرگ و میر آفت دو سری آزمایش انجام گرفت. سری اول آزمایشها شامل متغیرهای مستقل سن آفت در چهار سطح (سن ۱، سن ۲، سن ۳ و سن ۴) و زمان تیمار حرارتی در چهار سطح (۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ ثانیه) و متغیر وابسته درصد مرگ و میر آفت است. سری دوم آزمایشها شامل متغیرهای مستقل زمان تیمار حرارتی در سه سطح (۳۰، ۶۰ و ۱۰۰ ثانیه) و ضخامت چوب در سه سطح (۵، ۱۰ و ۱۲ سانتی متر) متغیر وابسته درصد مرگ و میر آفت است. نتایج نشان داد که بیشترین تلفات مربوط به سن ۳ با ۱۰۰٪ مرگ و میر در زمانهای ۱۵، ۲۰ و ۳۰ ثانیه و کمترین تلفات مربوط به سن ۱ و ۴ در مدت زمان ۱۰ ثانیه است. در بررسی اثر ضخامت تنه بر مرگ و میر آفت، سن ۳ با توجه به خسارتزا بودن، در داخل قطعات مکعبی از چوب تنه درخت در معرض غیرمستقیم امواج قرار گرفت که نتایج نشان داد در مدت زمان ۶۰ و ۱۰۰ ثانیه در ضخامت ۵ سانتی متر میزان مرگ و میر به ترتیب ۷۰ و ۱۰۰ درصد، در ضخامت ۱۰ سانتی متر ۱۳/۳۳ و ۷۳/۳۳ درصد و در ضخامت ۱۲ سانتی متر ۶/۶۶ و ۳۰ درصد منجر گردید.

واژه‌های کلیدی: تلفات، گرمادهی غیرمستقیم، گرمادهی مستقیم

مقدمه

سرخرطومی حنایی خرما (*Rhynchophorus ferrugineus*) یکی از آفات مهم نخلها در استان سیستان و بلوچستان می باشد. خسارت این آفت، برای اولین بار در سال ۱۳۶۹ در نخلستان های شهرستان سراوان گزارش گردید (Avandfaghih, 1996). سیکل زندگی این آفت شامل تخم، لارو، شفیره و تبدیل به حشره کامل است که بیشترین خسارت در مرحله لاروی است، حشرات کامل آفت از طریق زخمهای موجود بر روی تنه درختان و یا محل اتصال تنه جوش و پاجوش به تنه اصلی وارد درخت می شود (Avandfaghih, 1996). ماده ها در حفره ها و سوراخ های ایجاد شده در بافت گیاه میزبان تخم می گذارند (Nirula, 1956) و لاروها راه خود را به داخل مغز درخت خرما باز می کنند. طول دوره لاروی در شرایط آزمایشگاهی ۴۱ تا ۷۸ و به طور متوسط ۶۳ روز است. طول دوره شفیرگی از زمان ساختن

پبله تا خروج حشره کامل از آن بین ۱۵ تا ۲۷ روز و به طور متوسط نوزده و نیم روز بوده است. طول دوره یک نسل آفت بر روی مغز درخت خرما ۵۷ تا ۱۱۱ روز و به طور متوسط ۸۵/۵ روز می باشد. هر حشره ماده در شرایط طبیعی ۱۶۸-۳ و به طور متوسط ۷۰ تخم و در آزمایشگاه ۱۶۴-۱۸ تخم و به طور متوسط ۸۷ تخم می گذارد (Avandfaghih, 1996). مدیریت کنترل آفت شامل قرنطینه، جلوگیری از ایجاد زخم در روی نخیلات، تله های فرومونی، دشمنان طبیعی و کنترل بیولوژیک و کنترل شیمیایی (استفاده سموم دیازینون، دیمتوات، کلروپیریفوس، کارباریل، اکسامیل، کاربوسولفان، ایمیدیاکلوپراید، ویا قرص های تدخینی فسفید آلومینیوم و یا فستوکسین) می باشد. عمومی ترین سم متیل بروماید است که اثرات زیست محیطی مخربی دارد (Banks, 1994). هر کدام از روشهای فوق مستلزم صرف زمان و هزینه هستند، روش شیمیایی منجر به خطرات زیست محیطی و سلامتی مردم می شود.

برای مبارزه با آفت و همچنین تعیین دمای آستانه مرگ آفت در مرحله بیشترین خسارت‌دهی می باشد.

مواد و روش‌ها

جمع آوری آفت: آفت سوسک سرخرطومی حنایی خرما (*Rhynchophorus ferrugineus*) از محل نخلستان‌های شهرستان سیب و سوران استان سیستان و بلوچستان در سنین متفاوت رشد تهیه گردید. برای انجام این کار درختان آلوده شناسایی و به کمک لوازم مخصوص هرس درخت، نمونه‌ها خارج و در ظروف پلاستیکی نگهداری شده جهت انجام آزمایش‌ها به آزمایشگاه منتقل و در آنجا بر اساس سن آفت، تفکیک شده و در دما و رطوبت آزمایشگاه (20 ± 5 درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی 40 ± 15 درصد) در ظروف شیشه‌ای قرار گرفتند.

آفت سن یک: اندازه ابعاد بدن آفت در این سن به طول $6-7/5$ و عرض $2-1$ میلی‌متر می باشد (شکل ۱). با توجه به اینکه میزان تخم ریزی هر حشره ماده در شرایط طبیعی $168-3$ تخم می باشد (Avandfaghih, 1996) بالاترین آمار آفت از نظر سن مربوط به این مرحله می باشد که در این مرحله از رشد سن آفت به طور متوسط ۸ روز می باشد.

آفت سن دو: اندازه ابعاد بدن آفت در این مرحله از رشد به طول $21-28$ و عرض $11-8$ میلی‌متر و سن آفت حدود 35 روز می باشد (شکل ۲).

آفت سن سه: اندازه ابعاد بدن آفت در این سن به طول $36-47$ و عرض $15-19$ میلی‌متر می باشد (شکل ۳)، آفت در مرحله لاروی قرار داشته، لاروها از بافت‌های نرم و آبدار تغذیه کرده و تمام مواد فیبری را بیرون می فرستند. (Avandfaghih, 1996; Damghani & Askari, 1994).

بیشترین میزان خسارت در سن‌های متفاوت در این مرحله اتفاق می افتد در این مرحله از رشد سن آفت به 63 روز می رسد.

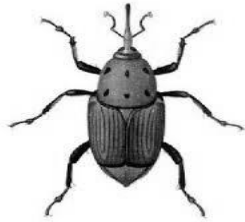
آفت سن چهار: اندازه ابعاد بدن آفت در این سن به طول $40-26$ و عرض $16-10$ میلی‌متر می باشد (شکل ۴). در این مرحله از رشد آفت پس از حدود 86 روز تبدیل به حشره کامل شده و نسبت به مرحله قبلی سن از نظر ابعاد کوچک‌تر و از نظر سختی پوشش بال‌ها و بدن، بسیار سخت و مقاوم می باشد، در واقع حشره بالغ ماده کمتر در معرض امواج مایکروویو قرار می گیرد زیرا حشره بالغ ماده بر روی زخم‌های موجود بر روی نخیلات، در داخل بافت نرم در قاعده برگ‌ها و دم‌برگ‌های آسیب دیده خرما و همچنین در محل زخم‌های

بنابراین، نیاز فوری به توسعه روش‌های جدید و ایمن در کنترل هجوم آفات در مواد غذایی احساس می شود. تابش امواج مایکروویو، با قدرت نفوذ خوب، می تواند آفات موجود در داخل و یا خارج دانه را از بین ببرد (Halverson et al, 1999). مطالعات متعدد، کنترل حشرات برای مواد غذایی از جمله گندم، (Halverson et al, 1999)، آرد (Shayesteh & Barthakur, 1996)، آجیل (Wang et al, 2001) و میوه‌ها (Ikedia et al, 1999; Karabulut & Baykal, 2002) را بررسی نمودند. پارامترهای تابش امواج مایکروویو، اثرات مرگ و میر و روند از بین رفتن با حرارت، مورد بررسی قرار گرفت. (Nelson, 1996; Tang et al, 2000; Wang et al, 2002; Johnson et al, 2003). استفاده از مایکروویو با شدت کم روی سوسک قرمز گندم^۱ در دمای بالای 50 درجه سانتیگراد منجر به مرگ 100% آفت گردید (Huanghua Lu et al, 2010). خواص دی الکتریک مواد، میزان حرارت و کنترل بهینه با امواج مایکروویو برای پروسه اقتصادی کنترل آفات (Ikedia et al, 1999, 2000; Wang et al, 2003a,b) همچنین اثرات حرارتی مایکروویو بر کیفیت مواد غذایی (Warchalewski et al, 2000) مورد بررسی قرار گرفت. زمان مرگ مدل مبنی بر معادلات مرتبه اول سنیتیک، فرمول بندی شد (Tang et al, 2000). گرمادهی محصول پسته با امواج مایکروویو نشان داد که گرمادهی به مدت 50 ثانیه باعث مرگ و میر 100 درصدی لاروهای سنین سوم تا چهارم و سن پنجم آفت شب پره هندی^۲ می شود (Haj Mohammadi et al, 2014) اثر امواج مایکروویو بر مرگ و میر برای آفت برنج^۳ بر اساس درجه حرارت برنج با استفاده از اجاق مایکروویو متناوب (LIMO) در آزمایشگاه محرز شد (Zhao et al, 2004). میزان مرگ و میر آفت لوبیا^۴ با گرمادهی با مایکروویو با توان‌های $200, 300$ و 400 وات در زمان‌های $14, 28$ و 42 ثانیه بررسی گردید که با افزایش توان دستگاه و مدت زمان گرمادهی تلفات نیز افزایش می یابد (P. Purohit et al, 2013). استفاده از امواج مایکروویو روشی ایمن برای ضد عفونی مطرح نموده و از آلودگی‌های زیست محیطی جلوگیری می کند. استفاده از این امواج می تواند زمان مبارزه غیرشیمیایی را کاهش داده و گرمادهی با درجه حرارت بالاتری انجام شود (Reynes, 1997). هدف از انجام این تحقیق بررسی میزان مقاومت این آفت نسبت به امواج مایکروویو، تعیین سن مناسب

1. *Tribolium castaneum*
2. *Plodia interpunctella*
3. *Sitophilus oryzae*
4. *Callosobruchus maculatus*

می کند، برای شکار و از بین بردن آن باید از تله‌های فرمونی استفاده نمود.

ایجاد شده توسط سوسک کرگدنی خرما در تنه جوشها و یا زخم های ایجاد شده حاصل از قطع پا جوش تخمگذاری می کند (Avandfaghih, 1996) و سپس پرواز



شکل ۴. حشره بالغ



شکل ۳. آفت سن سه



شکل ۲. آفت سن دو



شکل ۱. آفت سن یک

برای اندازه‌گیری دمای محفظه مایکروویو در مدت زمان های ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ ثانیه از یک عدد ترموکوپل تماسی Testo ساخت آلمان (شکل ۶) استفاده گردید، این ترموکوپل در محدوده ۵۰- تا ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد با دقت ± 0.5 کار می‌کند که داده‌های آن در جدول ۱ آمده است.

تجهیزات مولد امواج مایکروویو و اندازه‌گیری دما به منظور گرمادهی از یک دستگاه مایکروویو FUMA ساخت ژاپن (شکل ۵) با فرکانس ۲۴۵۰ مگاهرتز استفاده شد.

مدت زمان گرمادهی غیر مستقیم ۳۰، ۶۰ و ۱۰۰ ثانیه و با سه ضخامت ۵، ۱۰ و ۱۲ سانتیمتر روی آفت اعمال گردید. در مدت زمان ۶۰ ثانیه دما به کمک ترموکوپل که میله حسگر آن در داخل قطعه در مجاورت آفت قرار داده شده بود اندازه‌گیری شد.



شکل ۵. دستگاه مایکروویو

برای اندازه‌گیری ابعاد بدن حشره از کولیس با دقت 0.1 میلیمتر استفاده گردید و میانگین ابعاد آنها مدنظر قرار گرفت.



شکل ۶. ترموکوپل تماسی برای اندازه‌گیری دمای آفت

جدول ۱. اندازه‌گیری دما در طول مدت زمان گرمادهی

مدت زمان (ثانیه)	۱۰	۱۵	۲۰	۳۰
دما (درجه سانتی‌گراد)	۴۶	۶۸	۹۳	۱۳۳

تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش‌ها در دو سری به صورت آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت. سری اول به منظور تعیین سن مناسب برای مبارزه با آفت و سری دوم به منظور بررسی اثر ضخامت تنه درخت بر میزان مرگ و میر آفت صورت گرفت. سری اول آزمایش‌ها شامل متغیرهای مستقل سن آفت در چهار سطح (سن ۱، سن ۲، سن ۳ و سن ۴) و زمان تیمار حرارتی در چهار سطح (۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ ثانیه) و متغیر وابسته درصد مرگ و میر آفت است. سری دوم آزمایش‌ها شامل متغیرهای مستقل زمان تیمار حرارتی در سه سطح (۳۰، ۶۰ و ۱۰۰ ثانیه) و ضخامت چوب در سه سطح (۵، ۱۰ و ۱۲ سانتی متر) متغیر وابسته درصد مرگ و میر آفت است.

مرتب سازی و رسم نمودارها در نرم افزار اکسل^۱ و تجزیه و تحلیل آماری به کمک نرم افزار SPSS با تحلیل واریانس و مقایسه میانگین‌ها به کمک آزمون دانکن^۲ در سطح احتمال ۵٪

- 1.Excel
- 2. Duncan

انجام گرفت.

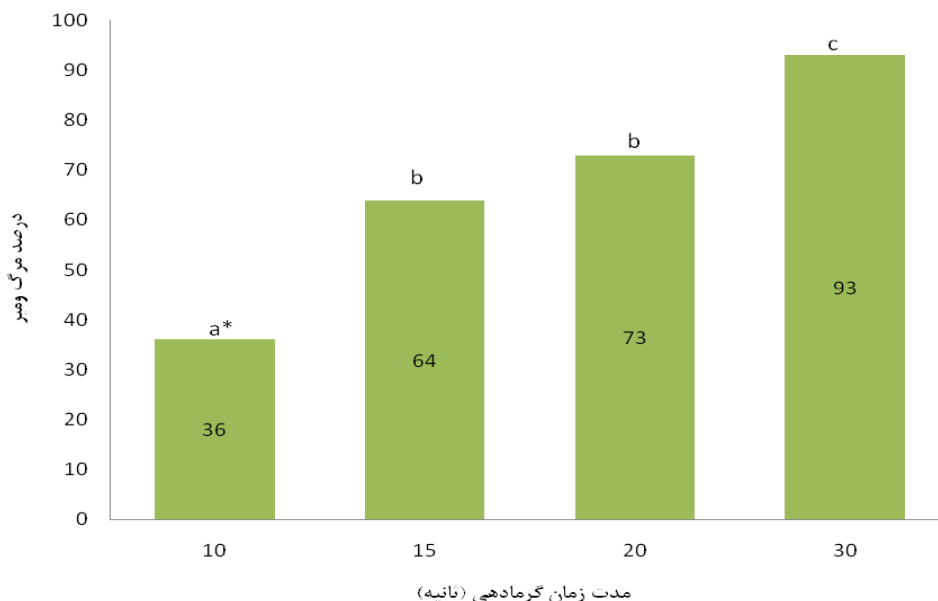
نتایج و بحث

بر اساس نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) طول مدت زمان گرمادهی بر میزان مرگ و میر آفت تاثیر معنی داری داشت ($p < 0/05$). براساس نتایج مرگ و میر در مدت زمان‌های ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ ثانیه به ترتیب ۳۶، ۶۴، ۷۳ و ۹۳ درصد افزایش داشته است که این امر مشابه تحقیقات گذشته است، این محققان نشان دادند که گرمادهی بر روی آفت شب پره هندی در مدت زمان‌های ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ ثانیه به ترتیب منجر به مرگ و میر ۳۹/۱۱، ۶۲/۷۵، ۹۵/۷۸ و ۱۰۰ درصدی آفت در سن پنجم می گردد (Haj Mohammadi *et al*, 2014). نتایج شکل (۷) نشان می دهد که بین زمان‌های ۱۵ و ۲۰ ثانیه اختلاف معنی داری وجود ندارد اما این اختلاف بین زمان‌های ۱۰ و ۳۰ ثانیه، ۱۰ و ۱۵ ثانیه، ۲۰ و ۳۰ ثانیه ($p < 0/05$) معنی دار است.

جدول ۲. تحلیل واریانس میزان تلفات لاورها در مدت زمان های (۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ ثانیه) گرمادهی برای سن های ۴ و ۱۰.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
زمان تیمار حرارتی (A)	۳	۶/۶۷۴	۴۷/۴۷۴**
سن حشره (B)	۳	۵/۵۸۰	۳۹/۶۸۹**
اثر متقابل (A×B)	۹	۰/۵۵۶	۳/۹۵۳**
خطا	۴۶۴	۰/۱۴۱	
کل	۴۸۰		

**- معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد



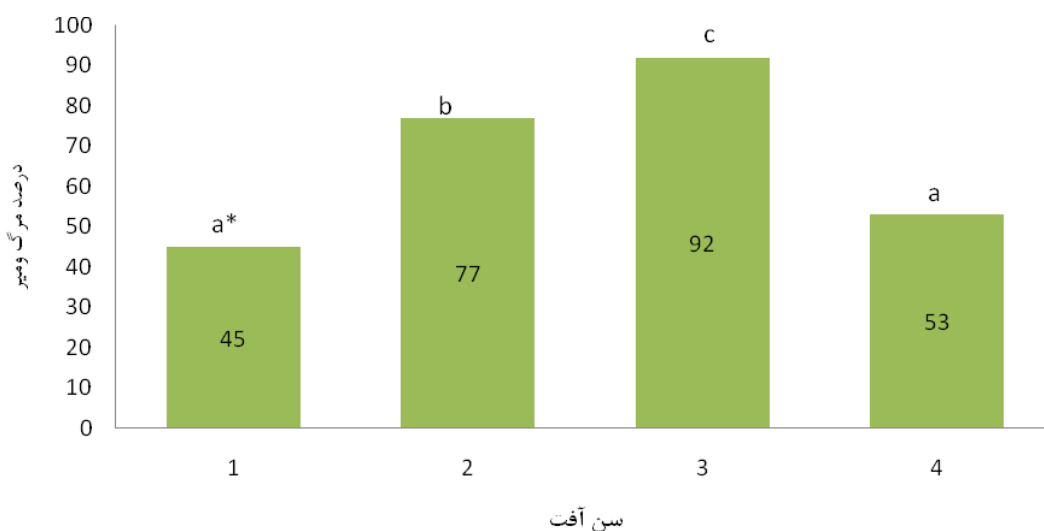
شکل ۷. اثر مدت زمان گرمادهی با میزان مرگ و میر و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون دانکن
 **- حروف غیر مشابه نشان دهنده معنی دار بودن اختلاف بین میانگین‌ها در تیمار ($p < 0/05$) مورد نظر می باشد.

قرار گرفت و به نتایج مشابهی منجر شد (Al-Azawi et al, 1984).

شکل (۸) میزان تلفات سنین ۱، ۲، ۳ و ۴ را به ترتیب ۴۵، ۷۷، ۹۲ و ۵۳ درصد نشان می دهد، که بالاترین تلفات مربوط به سن ۳ می باشد. همچنین این شکل نشان می دهد که بین تلفات سن ۱ و ۴ در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی داری وجود ندارد، اما بین سایر سنین این اختلاف معنی دار است.

برای آفت سن سه که پس از ۱۵ ثانیه به مرگ ۱۰۰ درصدی آفت منجر شد، دمای ۶۸ درجه سانتی گراد، دمای شروع تلفات برای این سن است. در نتایج مشابه با قرار دادن آفت در زمان های ۱۵ و ۲۰ دقیقه، دمای ۶۰ درجه سانتی گراد می تواند تخم و لارو (مرحله اول رشد) و حشرات بالغ را از بین ببرد (Reynes, 1997 ; Falad & Abbo, 2007). در زمان های ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه آفت سوسک شیره خوار خرما^۱ تحت آزمایش

1. *Carpophilus hemipterus*



شکل ۸. اثر سن آفت با میزان مرگ و میر و مقایسه میانگین ها به روش آزمون دانکن * حروف غیر مشابه نشان دهنده معنی دار بودن اختلاف بین میانگین ها در تیمار ($P < 0.05$) مورد نظر می باشد.

چهارم تا ۲۰ ثانیه تلفات با شیب نسبتاً ثابت ولی از ۲۰ تا ۳۰ ثانیه تلفات با شیب نسبتاً زیادی همراه می باشد و دلیل آن این است که در این سن، آفت تبدیل به حشره بالغ شده، پوست آن سخت تر و رطوبت بدن آن نسبت به سایر سنین کمتر است.

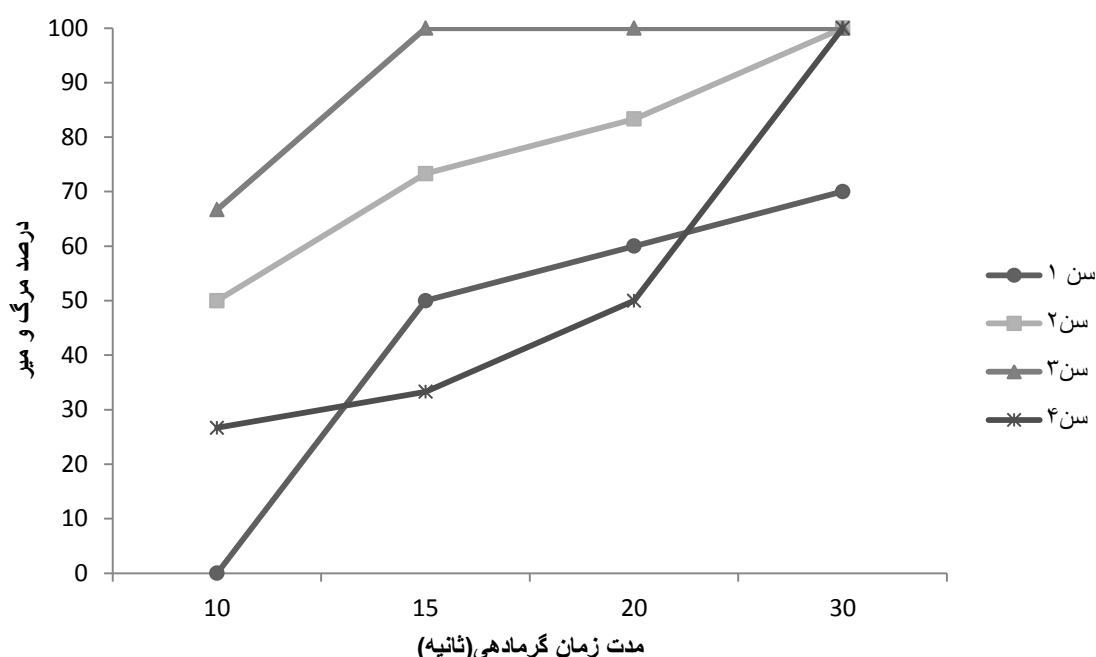
اثر ضخامت تنه بر روی مرگ و میر آفت سن سه

در مدت زمان ۶۰ ثانیه دما به ۵۵ درجه سانتی گراد رسید که ۷۰ درصد آفت از بین رفت، در مدت زمان ۱۰۰ ثانیه دمای قطعه و آفت به ۷۶ درجه سانتی گراد رسید، که به ۱۰۰ درصد مرگ آفت منجر گردید زیرا در این زمان، دما بیش از ۶۸ درجه سانتی گراد (نقطه آغاز ۱۰۰ درصد مرگ در معرض مستقیم گرمادهی) می باشد. با افزایش ضخامت به ۱۰ سانتی متر، دمای داخلی قطعه و میزان مرگ و میر کاهش می یابد، که در مدت زمان ۶۰ و ۱۰۰ ثانیه میزان مرگ و میر به ترتیب ۱۳/۳۳ و ۷۳/۳۳ درصد نسبت به ضخامت ۵ سانتی متر کاهش می یابد. با افزایش دو برابری ضخامت از ۵ به ۱۰ سانتی متر میزان

برای بررسی اثرات متقابل مدت زمان گرمادهی و درصد مرگ و میر از نمودار اثرات متقابل (شکل ۹) استفاده گردید. میزان تلفات برای سن اول تا ۱۵ ثانیه افزایش شدیدی به میزان ۵۰٪ را نشان می دهد ولی از ۱۵ تا ۳۰ ثانیه شیب تلفات نسبت به مرحله قبل کمتر است، زیرا در مدت زمان ۱۵ ثانیه گرمای داده شده برای این سن به عنوان شوک عمل نموده که منجر به حدکثر تلفات شده است. برای سن دوم با افزایش مدت زمان گرمادهی تلفات در مقاطع متفاوت زمانی تقریباً دارای شیب افزایشی یکنواختی است، زیرا با بزرگتر شدن جثه و میزان آب موجود در بدن آفت نسبت به سن اول، تلفات روند افزایشی یکنواختی را نشان می دهد. در سن سوم، گرمادهی تا ۱۵ ثانیه منجر به افزایش شدید تلفات شده و با افزایش مدت زمان گرمادهی میزان تلفات ثابت مانده است، چون در این مرحله از رشد آفت بیشترین میزان آب را در داخل بدن خود دارد لذا در اثر گرمادهی با امواج بیشترین تلفات را خواهد داشت. در سن

ضخامت ۵ سانتیمتر، نسبت ضخامت های ۱۰ و ۱۲ سانتی متر بیشتر می باشد. میزان تلفات در مدت زمان ۱۰۰ ثانیه با ضخامت ۵ سانتیمتر نسبت ضخامت های ۱۰ و ۱۲ سانتیمتر خیلی بیشتر می باشد. براساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) مدت زمان گرمادهی ۳۰، ۶۰ و ۱۰۰ ثانیه با میزان مرگ و میر آفت تفاوت معنی داری ($p < 0.05$) وجود دارد. همچنین سن آفت با میزان مرگ و میر آفت تفاوت معنی داری ($p < 0.05$) را نشان می دهد.

کاهش دما یک رابطه غیر خطی می باشد و تابع عوامل متعددی از جمله چگالی تنه درخت، میزان رطوبت موجود در بافت های آوندی و آبدار، توان دستگاه میکروویو دارد. با افزایش مجدد ضخامت از ۱۰ به ۱۲ سانتی متر کاهش بسیار چشمگیری در میانگین مرگ و میر رخ می دهد، بطوریکه در زمانهای مشابه ۶۰ و ۱۰۰ ثانیه میزان مرگ و میر به ترتیب ۶/۶۶ و ۳۰ درصد نسبت به حالت قبل کاهش می یابد. میزان تلفات در ضخامت های (۵، ۱۰ و ۱۲ سانتیمتر) در مدت گرمادهی ۳۰ ثانیه، صد درصد می باشد. میزان تلفات در مدت زمان ۶۰ ثانیه با



شکل ۹. اثرات متقابل زمان و سن بر میزان درصد مرگ و میر آفت

معنی داری ($p < 0.05$) را نشان می دهند.

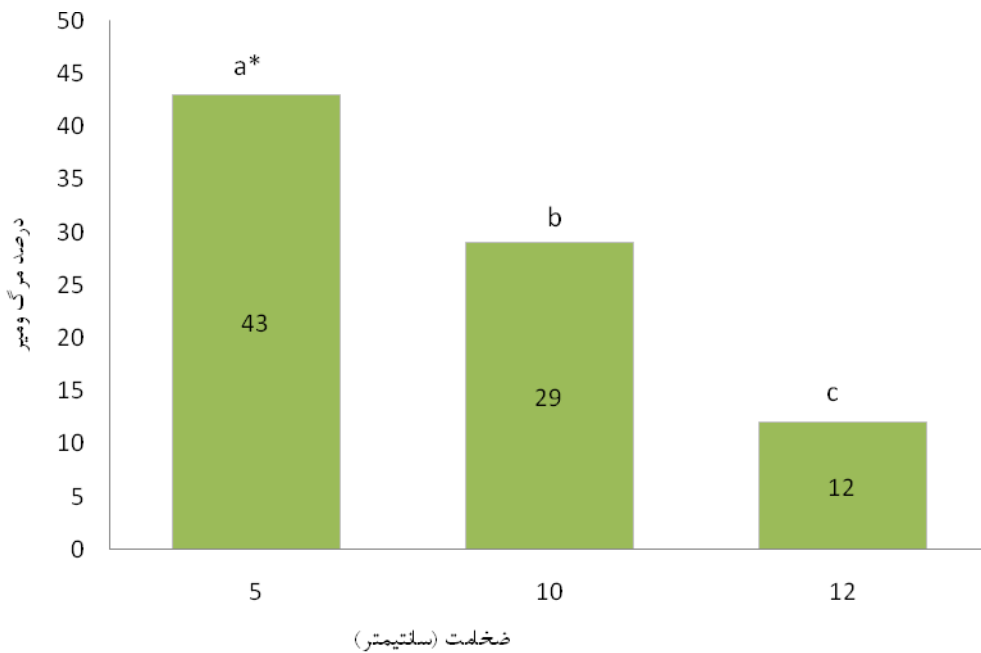
برای بررسی اثرات متقابل ضخامت - سن از شکل ۱۱ استفاده گردید. در ضخامت ۵ سانتی متر در مدت زمان گرمادهی ۳۰ ثانیه با افزایش مدت زمان گرمادهی، میزان مرگ و میر آفت به طور ناگهانی افزایش می یابد، به طوری که در مدت زمان ۶۰ ثانیه مرگ و میر از حدود ۳۳ درصد به ۱۰۰ درصد در مدت زمان ۱۰۰ ثانیه می رسد. در ضخامت ۱۰ سانتی متر در مدت زمان ۶۰ ثانیه میزان مرگ و میر کمتر از ۲۰ درصد است که با افزایش مدت زمان گرمادهی به ۱۰۰ ثانیه، میزان مرگ و میر به حدود ۷۳ درصد می رسد. در ضخامت ۱۲ سانتی متر در مدت زمان ۶۰ ثانیه میزان مرگ و میر کمتر از ۱۰ درصد است که با افزایش مدت زمان گرمادهی به ۱۰۰ ثانیه میزان مرگ و میر به حدود ۳۰ درصد می رسد.

جدول ۳. تحلیل واریانس تلفات سن سه در مدت زمان های (۱۰، ۳۰، ۶۰ و ۱۰۰ ثانیه) گرمادهی با ضخامت های ۵، ۱۰ و ۱۲ سانتی متر

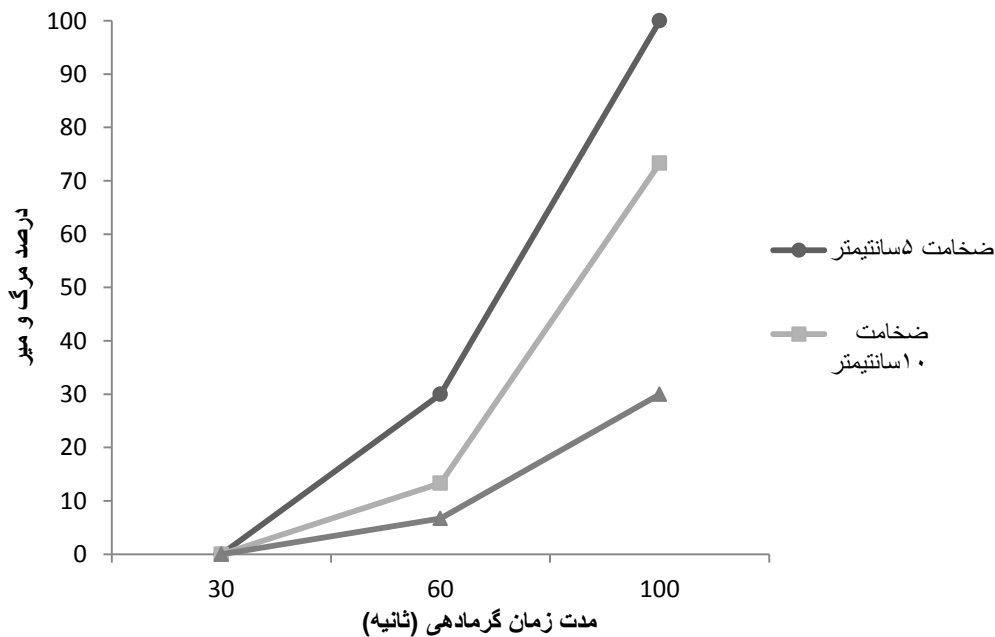
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
زمان تیمار حرارتی (C)	۲	۲/۱۸۱	۲۳/۹۲۳**
سن حشره (D)	۲	۱۱/۲۲۶	۱۲۳/۱۰۸**
اثر متقابل (C×D)	۴	۰/۹۹۶	۱۰/۹۴۶**
خطا	۲۶۱	۰/۹۱	
کل	۲۷۰		

** - معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد

براساس نتایج شکل ۱۰ میزان مرگ و میر آفت در سن ۳ با ضخامت ۵، ۱۰ و ۱۲ سانتی متر به ترتیب ۴۳، ۲۹ و ۱۲ درصد است که با افزایش ضخامت میزان مرگ و میر کاهش می یابد. همچنین تیمارهای ۵، ۱۰ و ۱۲ سانتی متر با همدیگر اختلاف



* - حروف غیر مشابه نشان دهنده معنی دار بودن اختلاف بین میانگین ها در تیمار ($p < 0.05$) مورد نظر می باشد. شکل ۱۰ اثر ضخامت با میزان مرگ و میر و مقایسه میانگین ها در ضخامتهای مختلف به روش آزمون دانکن



شکل ۱۱ اثرات متقابل زمان و ضخامت بر میزان درصد مرگ و میر آفت سن سه

در نتیجه بالاترین درصد مرگ و میر را دارد. بیشترین مرگ و میر در زمانهای مشابه گرمادهی در این مرحله اتفاق افتاد، به طوری که پس از مدت زمان ۱۵ ثانیه تمام نمونه های آفت از بین رفتند، در این مدت زمان دمای داخل محفظه دستگاه مایکروویو ۶۸ درجه سانتیگراد اندازه گیری شد که این دما، دمای شروع مرگ و میر آفت

نتیجه گیری

آفت در سن یک، با توجه به کوچکی جثه، مرگ و میر کمتری را متحمل می گردد. در سن دو با توجه به بزرگتر شدن آفت، تلفات آن نسبت به سن یک افزایش نشان می دهد. در سن سه، آفت بالاترین ابعاد و وزن را دارد، لذا در اثر امواج مایکروویو بالاترین جذب امواج و بالاترین دما را در بدن و

دار می باشد. همچنین بین سن ۱ و ۴ اختلاف میانگین‌ها معنی دار نبوده ولی بین سایر سنین تفاوت معنی دار می باشد. در گرما دهی غیرمستقیم، در ضخامت ۵ سانتی‌متری قطعه به علت کم بودن ضخامت، گرمای بیشتر نفوذ کرده و لاورها را از بین می برد و با افزایش مدت زمان گرمادهی به ۶۰ و ۱۰۰ ثانیه میزان تلفات بالا می رود، در ضخامت های ۱۰ و ۱۲ سانتی‌متری میزان تلفات با افزایش میزان گرمادهی افزایش می یابد که نشان دهنده این موضوع است که با مدت زمان گرما دهی میزان تلفات افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش ضخامت قطعه میزان تلفات لاورها کاهش می یابد. در مجموع میزان مرگ و میر با ضخامت رابطه معکوس و با مدت گرمادهی رابطه مستقیم دارد.

می باشد، در این دما و زمان مذکور ۱۰۰ درصد نمونه های آفت از بین رفتند و با افزایش زمان گرمادهی در مدت زمان ۲۰ و ۳۰ ثانیه و افزایش دما، به ۱۰۰ درصد تلفات آفت منجر گردید. لذا این مرحله از رشد بهترین زمان مبارزه غیرشیمیایی آفت با استفاده از امواج مایکروویو محسوب می گردد. در سن چهار آفت بدلیل تبدیل شدن به حشره بالغ، کاهش وزن و رطوبت بدن آن و سخت تر شدن پوشش بدن، میزان مقاومت آن نسبت به امواج مایکروویو نیز افزایش می یابد و میزان تلفات آن نسبت به سن دو و سه در زمان‌های ۱۵ و ۲۰ ثانیه کاهش نشان داد. در مدت زمان ۱۵ و ۲۰ ثانیه گرمادهی مستقیم، اختلاف معنی‌داری بین میانگین‌ها وجود ندارد ولی بین سایر تیمارها این اختلاف معنی

REFERENCES

- Al-Azawi, A., El-Haidari, H.S., Aziz, F.M., Murad, A.K., Al-saud, H.M., (1984). The effect of high temperatures on the dried fruit beetle *Carpophilus hemipterus L*, a pest of stored dates in Iraq. *Journal of Date Palm*, 3, 327-336.
- Avandfaghih, A. (1996). Biology of *Rhynchophorus ferrugineus* Olive in Saravan (Sistan and Baloochestan) *Journal of plant pests and Illness Publication*, 63(1), 61-86. (In Farsi)
- Avand faghih, A. (1999). Study of using the mixed engaging for controlling the population *Rhynchophorus ferrugineus* in Sistan and Baloochestan, M. A. dissertation, University of Tehran. (In Farsi)
- Banks, H.J., (1994). Fumigation – an endangered technology In: Highley, E., Wright, E.J., Banks, H.J., Champ, B.R. (Eds.) in: proceedings of 6th International Working Congress on Stored-product Protection, Wallingford, 17-23 Apr. Canberra, Australia, pp. 2-6.
- Damghani, R., Askari, M. (1994). Study of *Rhynchophorus ferrugineus* live in Saravan . In: Proceedings of 11th Congress on Entomologists association of Iran . pp190. (In Farsi)
- Falad, K.O., Abbo, E.S. (2007). Air-drying and rehydration characteristics of date palm (*Phoenix dactylifera L.*) fruits. *Journal of Food Engineering*, 79 (2), 724-730.
- Haj Mohammadi, H., Sadrnia, H., Abbaspourfard, M. (2014). Effect of Microwave Heating Treatment on Mortality of Indian Meal Moth (*Plodia interpunctella*) in Pistachio. *Journal of Plant protection publication*, 2(1), 18-25. (In Farsi)
- Halverson, S.L., Burkholder, W.E., Bigelow, T.S., Nordheim, E.V., Misenheimer, M.E. (1996). High-power microwave radiation as an alternative insect control method for stored products. *Journal of Economic Entomology*, 89, 1638-1648.
- Huanghua Lu, Jicheng Zhao, Shanbai Xiong, Siming Zhao. (2010). Effects of low-intensity microwave radiation on *Tribolium castaneum* physiological and biochemical characteristics and survival. *Journal of Insect Physiology*, 56, 1356-1361.
- Ikediala, J.N., Tang, J., Neven, L.G., Drake, S.R. (1999). Quarantine treatment of cherries using 915MHz microwave: temperature mapping, codling moth mortality and fruit quality. *Journal of Post-Harvest Biology and Technology*, 16, 127-137.
- Karabulut, O.A., Baykal, N. (2002). Evaluation of the use of microwave power for the control of post-harvest diseases of peaches. *Journal of Post-Harvest Biology and Technology*, 26, 237-240.
- Nelson, S.O. (1996). Review and assessment of radio-frequency and microwave energy for stored-grain insect control. *Transactions of American Society of Agricultural Engineers*, 39, 1475-1484.
- Nirula, k. k. (1956). Investigation on the pests of coconut palm , Part – IV. *Rhynchophorus ferrugineus*, *Journal of Indian coconut*, 9, 229-247.
- P. Purohit, D.S. Jayas, B.K. Yadav, V. Chelladurai, P.G. Fields, N.D.G. White. (2013). Microwaves to control *Callosobruchus maculatus* in stored mung bean (*Vigna radiata*). *Journal of Stored Products Research*, 53, 19-22.
- Reynes, M. (1997). *Influence of disinfection-microwave process on date fruits quality*. Ph.D. dissertation University of Institut Polytechnique de Lorraine, France.
- Shayesteh, N., Barthakur, N.N. (1996). Mortality and behavior of two stored-product insect species during microwave irradiation. *Journal of Stored Products Research*, 32, 239-246.
- Tang, J., Ikediala, J.N., Wang, S., Hansen, J.D., Cavalieri, R. (2000). High temperature- short-time quarantine treatments. *Journal of Postharvest Biology and Technology*, 21, 129-145.
- Wang, S., Ikediala, J.N., Tang, J., Hansen, J.D., Mitcham, E., Mao, R., Swanson, B. (2001). Radio

frequency treatments to control codling moth in in-shell walnuts. *Journal of Postharvest Biology and Technology*, 22, 29–38.

Warchalewski, J.R., Pradzynska, A., Gralik, J., Nawrot, J.(2000). The effect of gamma and microwave irradiation of wheat grain on development parameters of some stored grain

pests. *Journal of Nahrung* 44, 411–414.

Zhao, S., Shao, X., Xing, S., Qiu, C.(2004). Study on Mortality model of rice storage insect treated by microwave. In: *Proceedings of CIGR International Congress on China Agricultural Science and Technology*, 11–14 Oct. Huazhong Agricultural University, Beijing, China, pp49.