

استفاده از روش اسپکتروفتومتری در تشخیص آلودگی‌های پنهان به آفت شب‌پره *Ephestia kuhniella* در خرماي رقم کبکاب

نادیا حیدری^{۱*}، مسعود لطیفیان^۲، مجید فلاح زاده^۱

۱- گروه حشره‌شناسی، واحد جهرم، دانشگاه آزاد اسلامی، جهرم، ایران

۲- موسسه تحقیقات خرما و میوه‌های گرمسیری کشور، اهواز، ایران

چکیده

شب‌پره آرد (*Ephestia kuhniella* (Zeller) یکی از مهم‌ترین آفات انباری ارقام مختلف خرماي تر می‌باشد. تحقیق حاضر جهت تعیین استانداردهای روش اسپکتروسکوپی برای تشخیص آلودگی خرماي رقم کبکاب به این آفت، در قالب طرح کاملاً تصادفی و به صورت فاکتوریل در ۲ سطح انجام شد. فاکتور A (عامل اصلی) در ۴ سطح شامل مراحل رشدی تخم، لارو، شفیره و حشره کامل و فاکتور B (عامل فرعی) در ۱۰ سطح شامل تراکم‌های ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰، ۴۵ و ۵۰ عدد/کیلوگرم در سه تکرار بین ۸۰۰ تا ۱۹۰۰ نانومتر انجام گردید. نتایج نشان داد که بین میانگین جذب در مراحل رشدی مختلف و در تراکم‌های هر مرحله رشدی تفاوت معنی‌داری وجود داشت. با افزایش میزان تراکم به تدریج میزان جذب افزایش یافت، به طوری که بالاترین جذب در تراکم ۵۰ و کمترین آن در تراکم ۵ عدد از هر مرحله رشدی اتفاق افتاد که مقادیر آن به ترتیب ۲/۷۹ و ۰/۷۲ n/lit بود. بالاترین میزان جذب در مرحله رشدی حشره کامل با ۲/۲۸ و بعد به ترتیب شفیره، لارو و تخم قرار داشت که مقادیر آن به ترتیب ۲/۱۱، ۱/۸۳ و ۱/۶۸ محاسبه گردید. برای این روش نمونه‌برداری، در رقم کبکاب بالاترین شیب در حشره کامل $b=1/20$ و کمترین مقدار در تخم با $b=0/04$ اندازه‌گیری شد. خطای نسبی (RV) به ترتیب برای تخم، ۶/۴۲، لارو، ۶/۲۲ و شفیره ۶/۳۰ و برای حشره کامل، ۷/۰۵ محاسبه شد و ضریب تغییرات برای تخم ۳۵/۲۶ و لارو ۳۴/۱۵ و شفیره ۳۴/۵۵ و حشره کامل ۳۸/۶۳ به دست آمد. نتایج نشان داد که این روش نمونه‌برداری مطمئن، سریع، دقیق با قابلیت اجرای بالا می‌تواند در برنامه‌های تحقیقاتی مدیریتی تلفیقی آفات و موارد قرنطینه‌ای و همچنین صادرات محصول مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: خرما، شب‌پره آرد، نمونه‌برداری، اسپکتروفتومتری

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: nadia.heidari@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۹/۱۹، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۶/۱۸

مقدمه

خرما میوه‌ای است با ارزش غذایی بالا که به علت دارا بودن مواد قندی قابل توجه (حدود ۷۰٪) علاوه بر مصرف غذایی، در صنعت نیز موارد استفاده دارد. حفظ کیفیت خرما در تجارت داخلی و خارجی از اهمیت زیادی برخوردار بوده و آلودگی به آفات یکی از مشکلات اساسی کاهش کیفیت خرماهای صادراتی می‌باشد (Esmaeili et al., 1993).

در میان آفات انباری، حشرات جایگاه ویژه‌ای دارند، که در شرایط اکولوژیک بهینه با زادآوری سریع و بالا و تولید نسل‌های پی‌درپی می‌توانند در اندک زمانی در انبارها، زیان‌های هنگفت و فاجعه باری به وجود آورند. این آفات نه تنها از طریق تغذیه مستقیم بلکه با ایجاد شرایط مناسب برای فعالیت قارچ‌ها و سایر میکروب‌ها باعث خسارت می‌شوند (Iran Manesh, 2000). از بین آفات انباری خرما شپشه دندانه‌دار (*Oryzaephilus surinamensis* L.)، شپره خشکبار (*Ephestia kuehniella* Zeller) و شپره هندی (*Plodia interpunctella*) (Hubner) از اهمیت بالاتری برخوردار هستند (Latifian, 2004) به طور کلی آلودگی به آفات انباری را می‌توان به دو گروه تقسیم نمود، که شامل آلودگی‌های آشکار مانند آلودگی به مراحل رشدی لارو و حشره کامل و آلودگی پنهان شامل آلودگی به مراحل رشدی تخم، لاروهای سنین پایین و شفیره. تشخیص تاکسونومیک آفات انباری و تعیین میزان خسارت آن‌ها درون محصولات انباری به خصوص در مراحل اولیه آلودگی بسیار مشکل بوده و از جمله فعالیت‌های وقت‌گیر می‌باشد و در اکثر موارد تشخیص آفات انباری درون این محصولات تنها زمانی امکان‌پذیر است که به سطح مشخصی بالاتر از آستانه زیان اقتصادی رسیده باشند. بنابراین امروزه برای تشخیص آلودگی‌ها حتی در شرایط فعالیت آفات انباری در مراحل بسیار ابتدایی آلودگی که کاری بسیار مشکل می‌باشد از پرتوها در قالب روش سریع و دقیق اسپکتروسکوپی استفاده می‌گردد. (Bagheri Zenouz, 1996 ; Iran Manesh, 2000)

بر اساس تحقیقات انجام شده توسط سازمان بهداشت جهانی استفاده از پرتوها به عنوان یک عامل فیزیکی می‌تواند در مدیریت آفات انباری مورد استفاده قرار گیرد. به‌طورکلی از پرتوها در مدیریت آفات انباری به دو شکل می‌توان استفاده نمود (Latifian, 2004).

الف) استفاده از پرتوها در کاهش آلودگی آفات در محصولات انباری به عنوان روش جایگزینی ضدعفونی با مواد شیمیایی

ب) تعیین آلودگی و میزان آن در محصولات انباری به عنوان ابزاری در برنامه‌های نمونه‌برداری، ردیابی و پیش‌آگاهی آفات انباری

یکی از راه‌های استفاده از پرتوها در تعیین آلودگی آفات انباری روش اسپکتروسکوپی است. مطالعات انجام شده نشان داده که اسپکتروسکوپی مطالعه ارتباط بین ماده و پرتو بوده و

روشی سریع، اقتصادی و دقیق در تعیین سطح آلودگی غلات به آفات انباری می‌باشد (Bagheri Zenouz, 1996; Latifian, 2004).

اسپکتروسکوپی شاخه‌ای از علم می‌باشد که در آن از انواع پرتوها برای مطالعه ساختمان مواد و آنالیز کمی و کیفی آن‌ها استفاده می‌شود. انواع مختلف پرتوها از جمله پرتوها الکترومغناطیسی، پرتوهای با طول موج کوتاه اشعه ایکس، فوتون و غیره در مطالعات اسپکتروسکوپی کاربرد دارند. وسیله‌ای که برای ثبت طیف نور مورد استفاده قرار می‌گیرد، اسپکتروفتومتر نامیده می‌شود. خصوصیات کمی مقدار و تراکم یک ماده در حجم معینی از طریق اسپکتروسکوپی قابل اندازه‌گیری می‌باشد (Amano, 1992). تجزیه و تحلیل کمی در یک نمونه بر اساس قانون بیر^۱ و لامبرت^۲ می‌باشد. بر اساس قانون بیر، وقتی غلظت یک نمونه به طور تصاعد حسابی افزایش می‌یابد، شدت پرتو نور تک رنگ به طور نمایی کاهش می‌یابد. بر طبق قانون لامبرت هرگاه نور تک رنگ از میان محیط یک شفاف عبور کند، هر لایه از محیط همان نور تابیده شده را جذب می‌کند. این قانون را از نظر ریاضی می‌توان این گونه بیان کرد (Amano, 1992):

$$\text{Absorbtion} = \log \frac{I_i}{I_t} = \log \frac{I_i}{T\%}$$

در اینجا I_i شدت نور تابیده شده و I_t شدت نور منتقل شده، T انتقال در برابر با $\frac{I_i}{I_t}$ است. نمودار کالیبراسیون غلظت‌های مختلف به وسیله طرح جذب کننده در مقابل غلظت تهیه می‌شود. جذب نمونه از روی نمودار خوانده می‌شود و مقدار غلظت معین می‌گردد (Amano, 1992). چهار روش اسپکتروسکوپی در مدیریت کنترل آفات انباری کاربرد دارد (Amano, 1992). در میان این روش‌ها روش Near infrared spectroscopy (NIRS) به طور عمومی در تحقیقات اسپکتروسکوپی کشاورزی به خصوص در تحقیقات حشره‌شناسی کاربرد فراوان دارد. در این روش از پرتو مادون قرمز الکترومغناطیسی با طول موج حدود ۱۰۰۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر استفاده می‌شود (Paliwal et al., 2004). به طور کلی، Near-infrared (NIR) تکنیکی است که مراحل زندگی حشره (تخم، لارو، شفیره، حشره کامل) را ارزیابی و مشاهده تفاوت گونه‌های مختلف و افزایش هجوم حشرات را با وجود طیف‌های مختلف آسان تر می‌کند (Paliwal et al., 2004) زمانی که یک پرتو با طول موج مشخص از طریق دستگاه NIRS روی یک نمونه از محصول انباری ساطع می‌گردد، نور منعکس شده از نمونه در اثر برخورد با محصول با خصوصیات شیمیایی مشخص از نظر طول موج تغییر پیدا کرده و مجدداً توسط دستگاه جذب و انرژی و طول موج آن اندازه‌گیری می‌شود. در تجزیه و تحلیل، انعکاس‌های

¹ Beer

² Lambert

نوری ترکیبی حاصل از NIRS که به وسیله اسپکتروفتومتر جمع آوری شده و میزان جذب انرژی در نمونه‌ها اندازه‌گیری می‌شود و مقادیر حاصل از جذب در چندین نمودار نشان داده می‌شود، که این تفاوت در میزان جذب می‌تواند با غلظت خاص اجزا تشکیل دهنده‌ی نمونه مرتبط باشد، زیرا ترکیب شیمیایی کوتیکول هر یک از گونه‌های حشرات منحصر به فرد است که باعث جذب انرژی NIR شده و همین تفاوت‌ها می‌تواند باعث تشخیص بین گونه‌های مختلف حشرات و نیز دانه‌های سالم از دانه‌های آلوده شود (Paliwal et al., 2004; Hackman, 1953). مطالعات انجام شده نشان داده که اسپکتروسکوپی روشی سریع، اقتصادی و دقیق در تعیین سطح آلودگی به آفات انباری می‌باشد و بر اساس تفاوت در ترکیب شیمیایی کوتیکول هر حشره با گونه دیگر و همچنین تراکم جمعیت مراحل مختلف رشدی هر گونه درون محصول انباری، سطح انرژی و طول موج تثبیت شده متفاوت خواهد بود. رعایت استانداردها در تراکم آفات انباری در هنگام تحویل خرما از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لذا تشخیص آلودگی‌های پنهان در مبادی صادراتی کشور به منظور جلوگیری از بازگرداندن خرما از صادراتی و جلوگیری از زیان‌های اقتصادی ناشی از آن ضرورت بسیار دارد. اهمیت این موضوع زمانی آشکار می‌شود که به اهمیت رعایت این استانداردها در حفظ بازارهای بین‌المللی توجه شود (Bagheri Zenouz, 1996). بنابراین با توجه به اهمیت موضوع، تحقیق حاضر جهت تبیین استانداردهای روش اسپکتروسکوپی در تعیین آلودگی به مراحل رشدی پنهان آفت انباری شب‌پره خشکبار خرما با توجه به مراحل رشدی آفت در خرما تر رقم کبکاب انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

۱- پرورش شب‌پره آرد

پرورش آفت درون اتاقک رشد و درون ظروف پلاستیکی استوانه‌ای درب‌دار به ابعاد $7/5 \times 8/5$ سانتی‌متر روی خرماهای هسته‌گیری شده رقم کبکاب انجام گرفت. برای طعم‌دهندگی بیشتر مخلوط آب و مقداری مخمر نانواپی پاشیده شد و به تعداد مساوی لارو شب‌پره آرد رهاسازی گردید. سپس درب ظرف‌های پلاستیکی با توری صدفی تمیز به‌وسیله‌ی کش کاملاً بسته و در ژرمیناتور در دمای 27 ± 5 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 60 ± 5 درصد قرار داده شد.

۲- تهیه تراکم‌های مراحل مختلف رشدی حشره در عصاره تهیه‌شده خرما تر رقم کبکاب

۱۱۰ گرم از خرما هسته‌گیری شده و قطعه‌قطعه شده از رقم کبکاب با ترازوی دیجیتالی با دقت $0/001$ وزن گردید و در ارلن یک لیتری حاوی آب مقطر ریخته شدند. یک مگنت به

درون ارلن انداخته شد و پس از مسدود کردن درب آن، ارلن روی هیتر قرار گرفت. محتویات ارلن پس از جوشیدن از صافی عبور داده شد و به این ترتیب عصاره خرما جداسازی شد. سپس از مراحل مختلف رشدی تخم، لارو، شفیره و حشره کامل به ترتیب تعداد ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰، ۴۵، ۵۰ عدد جداسازی شده و با ۲۵ سی‌سی از عصاره به دست آمده در هموژنایزر دستی هموژنیزه گردید و توسط میکروپیپ کاملاً شستشو و به لوله‌های آزمایش موجود در قفسه لوله‌های آزمایش برچسب خورده منتقل شد.

۳- اسپکتروسکوپی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری

با استفاده از میکروپیپت یک سی‌سی از مخلوط کلوئیدی و ۳ الی ۳/۵ سی‌سی آب مقطر با سختی مشخص برای ارزیابی تهیه و در سل استوانه‌ای و شیشه‌ای دستگاه به حجم ۴ الی ۴/۵ سی‌سی ریخته شد و پس از همگن شدن، در جایگاه مخصوص در دستگاه اسپکتروفتومتر قرار گرفت، سپس درب دستگاه بسته شد و به مدت ۳۲ ثانیه در معرض تشعشع قرار داده شد. پس از اعمال و تعریف طول موج‌های انتخابی رقم مربوطه که در موقع صفر کردن دستگاه به دست آمد و تائید علامت‌های مربوطه، اعداد جذب نمایش داده شده ذخیره گردید و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

سطح جذب دستگاه با استفاده از رابطه زیر برآورد گردید:

$$A = \text{Log} (1 / R)$$

در این رابطه R طول موج ثبت شده توسط دستگاه پس از تابش و انعکاس از روی محصول انباری آلوده می‌باشد.

برای تحلیل داده‌ها از روش آنالیز Partial least squares regression استفاده شد. این روش نوعی روش رگرسیونی مشابه به روش رگرسیون چند متغیره می‌باشد. بر اساس این تجزیه و تحلیل مدل خطی طراحی می‌شود که به آن مدل کالیبراسیون گویند و با استفاده از نرم‌افزار انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس، مقایسه میانگین جذب در مراحل رشدی مختلف و در تراکم‌های مختلف هر مرحله رشدی نشان داد بین میانگین جذب در مراحل رشدی مختلف و در تراکم‌های مختلف هر مرحله رشدی تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد (جدول ۱). به‌منظور مقایسه جذب در فاکتورهای اصلی و فرعی از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده گردید (شکل ۱ و ۲). میزان جذب از مرحله تخم تا حشره کامل سیر صعودی داشت و بالاترین میزان جذب در مرحله رشدی حشره کامل بود و پس از آن به ترتیب مراحل شفیره،

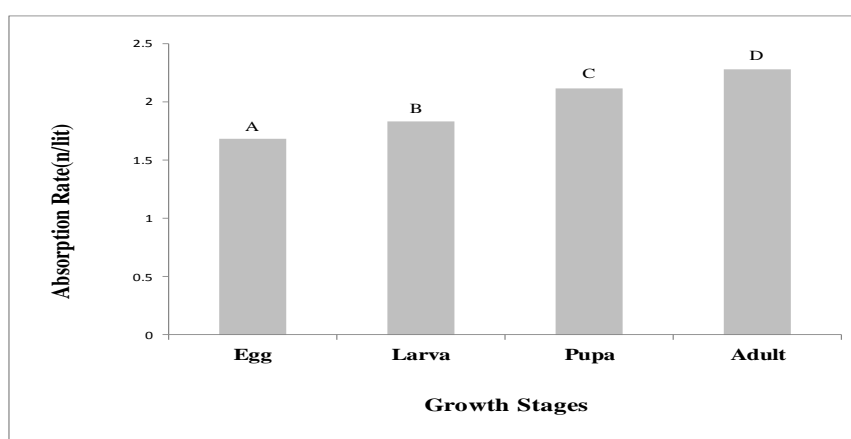
لارو و تخم قرار گرفتند. بین میانگین جذب در تراکم‌های مختلف اختلاف معنی‌داری وجود داشت و با افزایش میزان تراکم به تدریج میزان جذب افزایش یافت به طوری که بالاترین جذب در تراکم ۵۰ و کم‌ترین آن در تراکم ۵ عدد از هر مرحله رشدی محاسبه گردید (شکل ۲). بنابراین در تراکم‌های بالای آفت، با جذب بیشتر، میزان تشخیص نیز افزایش می‌یابد. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان چنین استنباط کرد که با استفاده از روش اسپکتروفتومتری می‌توان ضمن تفکیک مراحل مختلف رشدی، نسبت به تعیین تراکم جمعیت آفت شب‌پره آرد در رقم کبکاب اقدام نمود. ضریب تغییرات ۳/۲۱، نشان دهنده دقت بالای روش بوده بنابراین ضمن استفاده از این تکنیک در زمینه‌های کاربردی، در موارد قرنطینه و صادرات محصول در شرایط تحقیقاتی نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۱- تجزیه واریانس و مقایسه میانگین جذب در مراحل مختلف رشدی شب‌پره آرد و در تراکم‌های مختلف رقم کبکاب

Table 1. Analysis of variance and compared the density of absorbance at different growth stages of Flour moth in Kabkab cultivar

| Sources variations | Degrees of Freedom | Mean Squares |
|--|--------------------|--------------|
| Growth stage | 3 | **19.21 |
| Error | 8 | 006.0 |
| Density | 9 | **49.5 |
| The interaction between growth stage and density | 27 | **156.0 |
| Error | 72 | 004.0 |
| Coefficient of variation | 3.21 | |

** نشانگر معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۱٪ است.

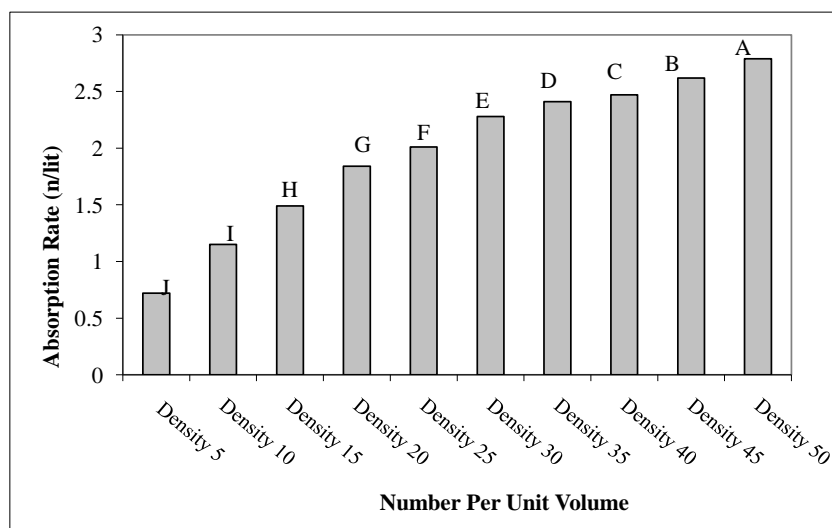


شکل ۱- مقایسه میانگین جذب چهار مرحله رشدی شب‌پره آرد در رقم کبکاب

Figure 1. Average comparison absorbance of four stages of Flour moth in Kabkab cultivar

- حروف غیر مشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ است.

- Different letters show significantly of Flour moth difference (p= 0.01).



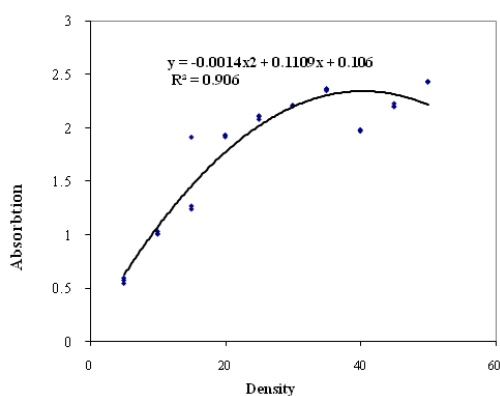
شکل ۲- مقایسه میانگین جذب در ده تراکم مختلف آفت شب‌پره آرد رقم کبکاب

Figure 2. Average comparison absorption of ten different densities of Flour moth in Kabkab cultivar

- حروف غیر مشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ است.

- Different letters show significantly of Flour moth difference ($p=0.01$).

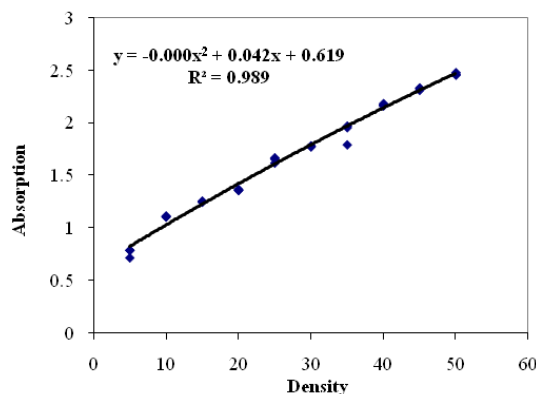
برازش منحنی‌های کالیبراسیون رقم کبکاب در شکل‌های ۳، ۴، ۵ و ۶ نشان داده شده است. برای تحلیل داده‌ها از روش آنالیز Partial least squares regression استفاده شد. این روش نوعی روش رگرسیونی مشابه به روش رگرسیون چند متغیره می‌باشد. بر اساس این تجزیه و تحلیل مدل خطی طراحی می‌شود که به آن مدل کالیبراسیون گویند پس از رسم منحنی‌های کالیبراسیون مدل‌های Linear، Logarithmic، Polynomial، Power، Exponential، Moving average همان‌طور که در شکل‌ها ملاحظه می‌گردد، بالاترین ضرایب R^2 که از دقت بالایی نسبت به سایر مدل‌ها برخوردار است مشخص شدند، به طوری که در شکل‌های ۳، ۴ و ۵ مشاهده می‌گردد در مرحله رشدی تخم، لارو و شفیره شکل به صورت مدل پلی‌نومیال و در مرحله رشدی حشره کامل به صورت مدل لگاریتمی بوده است (شکل ۶). ضریب همبستگی رگرسیون (R^2) در چهار مرحله رشدی آفت در رقم کبکاب در نمودار ۷، با هم مقایسه شده است. مقدار R^2 به ترتیب از زیاد به کم در حشره کامل $R^2 = 0.991$ ، تخم $R^2 = 0.989$ ، لارو $R^2 = 0.906$ و شفیره $R^2 = 0.882$ محاسبه شد که نمایانگر این است که در این رقم بالاترین بر ارزش در حشره کامل و کمترین در شفیره وجود دارد. در بررسی‌های انجام گرفته، ضریب همبستگی رگرسیون (R^2) در رقم کبکاب، در چهار مرحله رشدی بالاتر ۸۰٪ است که حاکی از دقت بالا و برازش آن‌ها است. بنابراین در تمامی آن‌ها مدل خطی رضایت‌بخش است.



LARVA Polynomial Model

شکل ۴- منحنی کالیبراسیون لارو

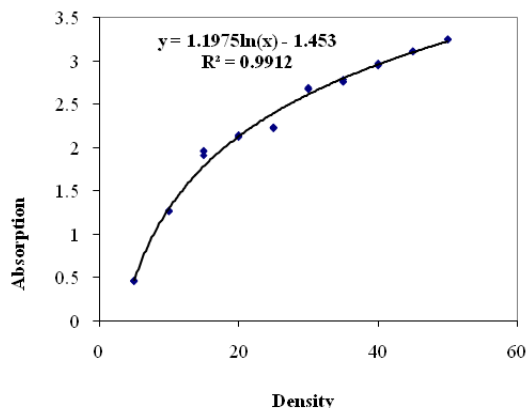
Figure 4. Calibration curve for larva



Egg Polynomial Model

شکل ۳- منحنی کالیبراسیون تخم

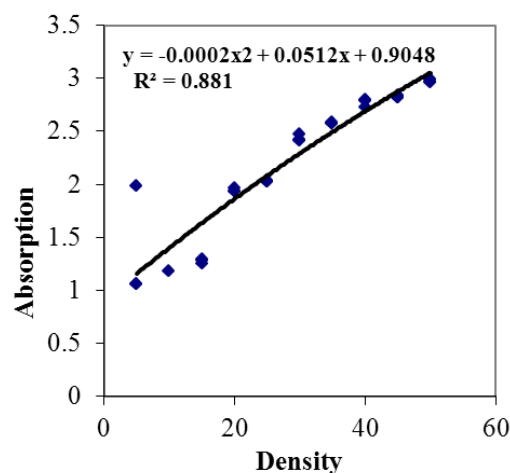
Figure 3. Calibration curve for egg



ADULT Polynomial Model

شکل ۶- منحنی کالیبراسیون حشره کامل

Figure 6. Calibration curve for larva

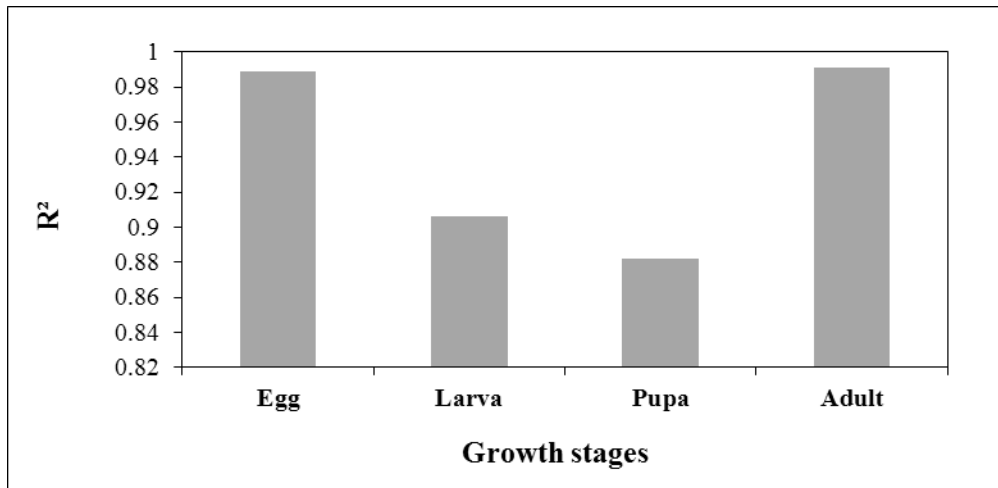


PUPA Polynomial Model

شکل ۵- منحنی کالیبراسیون شفیره

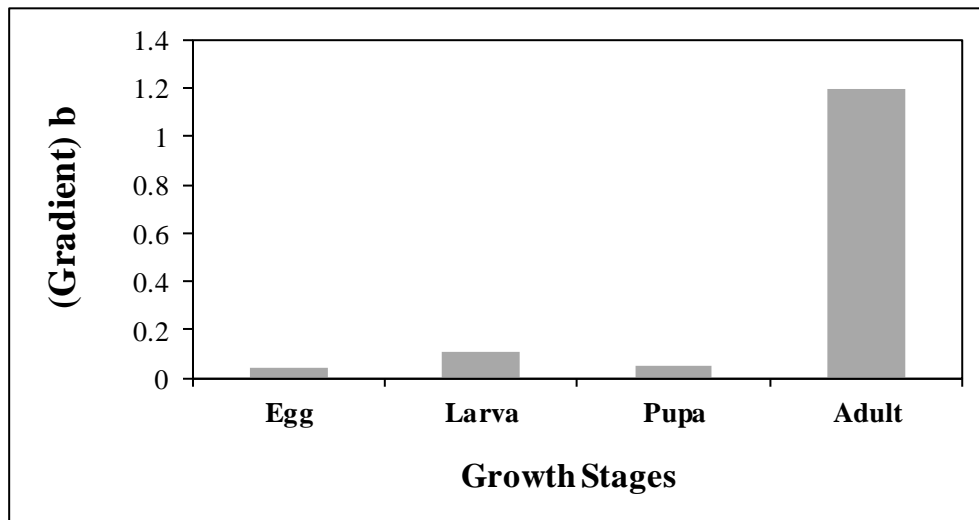
Figure 5. Calibration curve for larva

شیب هر چهار مرحله رشدی آفت در رقم کبکاب در نمودار ۸، با هم مقایسه شده است. در رقم کبکاب ضریب x یا شیب در مرحله حشره کامل بیشترین مقدار $b=1/197$ و در مرحله تخم کمترین مقدار برابر با $b=0/042$ محاسبه شد. شیب بیشتر نشان دهنده‌ی سرعت واکنش بوده و لذا واکنش تابع قوی‌تر است و سرعت واکنش و در نتیجه قدرت تشخیص و تمایز آن مرحله رشدی بالاتر است. بنابراین در رقم کبکاب بیشترین قدرت تشخیص در مرحله حشره کامل و کمترین در مرحله تخم وجود دارد.



شکل ۷- مقایسه ضریب همبستگی رگرسیون (R^2) در چهار مرحله رشدی شب‌پره آرد روی رقم کبکاب

Figure 7. The regression coefficient compared (R^2) of four developmental stages of flour moth in Kabkab cultivar



شکل ۸- مقایسه شیب (b) در چهار مرحله رشدی شب‌پره آرد روی رقم کبکاب

Figure 8. Compare the gradient (b) of four developmental stages of flour moth in Kabkab cultivar

RV یا خطای نسبی، در مراحل مختلف رشدی آفت شب‌پره آرد در رقم کبکاب، در مرحله لاروی به میزان ۶/۲۲، کم‌ترین و در مرحله حشره‌ی کامل به میزان ۷/۰۵ بیش‌ترین مقدار محاسبه شد (جدول ۲). با توجه به پایین بودن مقادیر RV در چهار مرحله رشدی در رقم کبکاب نتایج حاصله قابل اعتماد بوده و می‌توان با اطمینان در بررسی‌های جمعیتی که صحت و دقت بیشتری مورد نیاز است استفاده نمود.

جدول ۲- ارزیابی درجه صحت مدل کالیبراسیون توسط پارامترهای آماری در مراحل مختلف رشدی *Ephestia Kuehniella* رقم کبکاب

Table 2. Evaluate the accuracy of calibration models by statistical parameters at different stages of growth *Ephestia Kuehniella* in Kabkab cultivar

| Growth Stage | N Number | X Average | SD Standard Ddeviation | SE= SX Standard Error | R ² Correlation Ccoefficient | RV Relative variation |
|--------------|----------|-----------|------------------------|-----------------------|---|-----------------------|
| Egg | 30 | 1.682 | 0.593 | 0.108 | 0.9894 | 6.42 |
| Larva | 30 | 1.833 | 0.626 | 0.114 | 0.906 | 6.22 |
| Pupa | 30 | 2.110 | 0.729 | 0.133 | 0.8815 | 6.30 |
| Adult | 30 | 2.283 | 0.882 | 0.161 | 0.9912 | 7.05 |

تحقیق حاضر در قالب کاملاً تصادفی و به صورت فاکتوریل در ۲ سطح انجام شد. فاکتور A (عامل اصلی) در ۴ سطح شامل مراحل رشدی تخم، لارو، شفیره و حشره کامل و فاکتور B (عامل فرعی) در ۱۰ سطح شامل تراکم‌های ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰، ۴۵ و ۵۰ عدد/کیلوگرم در سه تکرار بین ۸۰۰ تا ۱۹۰۰ نانومتر انجام گردید. نتایج نشان داد که بین میانگین جذب در مراحل رشدی مختلف ($f= ۲۸۷۲/۴۹$ ، $df=۳$ ، $p= ۰/۰۰$) و در تراکم‌های مختلف ($f= ۳۰۹/۷۹$ ، $df= ۹$ ، $p= ۰/۰۰$) هر مرحله رشدی تفاوت معنی‌داری وجود دارد. زمان عمده‌ترین مساله در کنترل تلفیقی آفات برای ممانعت از ایجاد خسارت در سطح کلان اقتصادی است و از آنجا بسیاری از روش‌های نمونه‌برداری ذکر شده به صرف وقت زیادی احتیاج دارند تکنیکی مورد نیاز است که در کوتاه‌ترین زمان نسبت به دیگر روش‌ها در نمونه‌برداری استفاده گردد. در سال‌های اخیر نیاز به روش‌های نمونه‌برداری سریع و در عین حال مطمئن در راستای پیاده نمودن برنامه‌های مدیریتی در جهت کنترل تلفیقی حشرات زیان‌آور بیشتر احساس می‌شود. تا بدین‌صورت سطح جمعیت و مراحل رشدی آفات در تا بدین‌صورت سطح جمعیت و مراحل رشدی آفات کلیدی را که به‌خصوص در محصولات استراتژیک باعث ایجاد خسارت شده و منافع را به خطر می‌اندازند را به دست آورد و کنترل در زمانی که تراکم آن‌ها به حدی که الزامی و مقرون به صرفه اقتصادی باشد انجام گیرد. در همین راستا تخمین تراکم و نمونه‌برداری در تصمیم‌گیری‌ها اهمیت می‌یابد. از دلایل بارز توجه روزافزون به نمونه‌برداری آن است که نمونه‌بردار می‌تواند سطح تراکم حشره موردنظر خود را درجه‌بندی کرده و مثلاً آن را در یکی از درجات تراکم اندک، متوسط و بالا جای دهد که در تراکم‌های بینابینی تصمیم‌گیری دشوار بوده و نیاز به نمونه‌های بیشتری خواهد بود، یا می‌تواند آن را در دو سطح قابل کنترل شیمیایی و غیرقابل کنترل شیمیایی طبقه‌بندی کند. تا قبل از انجام این پژوهش هیچ‌گونه تحقیقی در رابطه با روش‌های نمونه‌برداری و سیستم‌های

تصمیم‌گیری آفات انباری خرما انجام نشده بود. بنابراین می‌توان تکنیک نمونه‌برداری اسپکتروفتومتری را برای رعایت استانداردها در تراکم آفات انباری در هنگام تحویل خرما و سایر محصولات انباری صادراتی در تشخیص آلودگی‌های پنهان، به‌منظور ممانعت از استرداد محصولات صادراتی و خسارات اقتصادی ناشی از آن مورد استفاده قرار داد.

منابع

- Amano, Y. 1992. *Laboratory Training Manual on the Use of Nuclear Techniques in Insect Research and Control - Third Edition*. IAEA Technical Reports Series No. 336. IAEA, Vienna. International Atomic Energy Agency (IAEA), A Joint Undertaking By FAO and IAEA, Austria.
- Bagheri Zenouz, E. 1996. *Stored Product Pests and Their Control Methods*, Sepehr Publication Center, Tehran (In Persian).
- Esmaili, M., Azmayesh Fard, P. & Mirkarimi, A. A. 1993. *Agricultural Entomology*. Tehran University Press (In Persian).
- Hackman, R. H. 1953. Chemistry of insect cuticle. III. Hardening and darkening of the cuticle. *Biochemical Journal*, 54:371-377.
- Iran Manesh, S. M. 2000. *Intruduction to Applied Technology Date Palm Production, Keeping, Processing, Packing and Exports*. First Edition. Ayda Negaresh Publications, Iran (In Persian).
- Latifian, M. 2004. *Date Palm Stored Pests Control Technology*. Hang Galam Publisher. Mashad, Iran (In Persian).
- Paliwal, J., Wang, W., Symons, S.J. & Karunakaran, C., 2004. Insect species and infestation level determination in stored wheat using near-infrared spectroscopy. *Canadian Biosystems Engineering*, 46: 717-724.