

بررسی کارایی نمونه برداری از جمعیت مراحل رشدی شب پره مدیترانه‌ای آرد *Ephestia kuehniella* Zell. در میوه خرماي رقم سایر به روش اسپکتروفتومتری

مسعود لطیفیان^{۱*} - بهار راد^۲ - محسن قمری^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۷/۲۷

چکیده

این پژوهش به منظور تدوین برنامه نمونه برداری از آفت انباری مهم خرما، شب پره مدیترانه‌ای آرد *Ephestia kuehniella* در رقم صادراتی سایر با استفاده از روش اسپکتروفتومتری انجام شد. نتایج نشان داد که طول موج حداکثر جذب برای مراحل رشدی تخم، لارو، شفیره و حشره کامل به ترتیب معادل ۱۲۷۵، ۱۳۴۰، ۱۳۶۰ و ۱۳۷۰ نانومتر بود. لذا روش اسپکتروفتومتری توانایی تشخیص مراحل مختلف رشدی دارا بود. ضریب تبیین مدل تشخیص حداقل بالاتر از ۰/۵ بود که نشانگر مناسب بودن طول موج حداکثر جذب برای تشخیص است. تعداد نمونه لازم برای ارزیابی صحیح در تمام مراحل رشدی حداکثر معادل ۳ نمونه ۱۱۰ گرمی بود. در این پژوهش از دو مولفه RV و RNP جهت ارزیابی سطح دقت و ارزیابی کارایی روش در برآورد تراکم آفت استفاده شد. مقدار پارامتر RV برای آفت در چهار مرحله رشدی به ترتیب معادل ۱/۴۲، ۱/۶۴، ۱/۷۸ و ۳/۷۱ بود، لذا در تمام موارد خطای نمونه برداری کم تر از ۱۰ بوده که نشانگر توانایی کاربرد روش در برنامه اجرایی و پژوهشی می باشد. در کنار دقت بالا، هزینه نمونه برداری نیز حائز اهمیت است که این موضوع با استفاده از شاخص RNP ارزیابی شد. مقدار این شاخص برای آفت مورد بررسی در چهار مرحله رشدی کم تر از ۴۰ و به ترتیب معادل ۳۵، ۳۰/۳۵، ۲۸/۱۵ و ۱۳/۴۸ بود.

واژه‌های کلیدی: خرما، شب پره مدیترانه ای آرد، اسپکتروفتومتری، نمونه برداری

مقدمه

برای تشخیص آلودگی‌ها در مراحل ابتدایی آلودگی از روش‌های نوین مختلفی از جمله پرتوگرافی در قالب روش سریع و دقیق اسپکتروسکوپی استفاده می‌گردد (۴ و ۱۴).

از آن‌جا که تشخیص تاکسونومیک آفات انباری از جمله فعالیت‌های وقت گیر می باشد، لذا در چند سال اخیر از روش‌های خودکار خاصی مانند اسپکتروسکوپی برای تشخیص گونه آفات انباری براساس تفاوت در حداکثر جذب طول موج و تعیین تراکم آن‌ها جهت اتخاذ تصمیمات مدیریت تلفیقی آفات استفاده شده است. اساس استفاده از این روش وجود تفاوت در جذب کوتیکول حشرات آفت انباری مختلف می باشد (۱۳). مطالعات انجام شده نشان داده که اسپکتروسکوپی روش سریع، اقتصادی و دقیق در تعیین سطح آلودگی محصولات کشاورزی به آفات انباری می باشد (۱۰ و ۲۶). بقایای حشرات موجود در مواد غذایی نیز از طریق اسپکتروفتومتری نزدیک مادون قرمز قابل تشخیص است. ترکیب همولفن، چربی‌ها یا کیتین بدن حشرات در تعیین طول موج مناسب برای کاربرد این روش تأثیر می گذارند. از آن‌جا که در بافت قارچ نیز کیتین وجود دارد، از این روش برای تشخیص آلودگی قارچی محصولات کشاورزی انباری نیز

رعایت استانداردها در حد مجاز تراکم آفات انباری در هنگام تحویل خرماي صادراتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین، تشخیص آلودگی‌های پنهان در مبادی صادراتی کشور به منظور جلوگیری از عدم بازگرداندن خرماي صادراتی و زیان‌های اقتصادی ناشی از آن ضروری است (۱۴).

تشخیص آفات انباری و تعیین میزان خسارت آن‌ها در داخل محصولات کشاورزی انباری به خصوص در مراحل اولیه آلودگی بسیار مشکل می باشد. در اکثر موارد تشخیص آفات انباری درون این محصولات تنها زمانی امکان پذیر است که به سطح مشخصی در بالاتر از آستانه زیان اقتصادی رسیده باشند. روش‌های قدیمی برای تشخیص آفات انباری چندان دقیق نیستند. به همین جهت امروزه

۱ و ۲- استادیار پژوهش و محقق مؤسسه تحقیقات خرما و میوه‌های گرمسیری کشور

*) نویسنده مسئول: (Email: masoud_latifian@yahoo.com)

۳- کارشناس ارشد کشاورزی

لیتری حاوی محلول ۲۰ گرم کلرید سدیم، ۳۰ میلی لیتر سود سوزآور و ۴۰ میلی لیتر آب ریخته شد. محتویات ارلن پس از ۱۰ دقیقه جوشیدن از صافی عبور داده شد. مقدار ۲۵ میلی لیتر از عصاره به دست آمده در یک بشر کوچک ریخته شد و هر بار تعداد ۲۵ عدد از هر مرحله رشدی به صورت جداگانه درون آن قرار داده و به دستگاه هموژنایزر منتقل شد. محتوی هموژنایزر با استفاده از میکروپیپت به لوله‌های آزمایش جهت تشخیص توسط دستگاه اسپکتروفتومتر منتقل شدند.

تعیین مناسب‌ترین طول موج برای تشخیص نوع گونه و مراحل رشدی آفات مورد مطالعه

در این روش ابتدا ۲۵ عدد از هر مرحله رشدی تهیه شد. دستگاه اسپکتروفتومتر ابتدا توسط سل پر شده با آب مقطر کالیبره گردید. قبل از استفاده، لوله‌های آزمایش حاوی تراکم مورد نظر مرحله رشدی آفت به مدت یک دقیقه تکان داده شد و مواد محتوی آن کاملاً با هم مخلوط گردید. سپس با استفاده از میکروپیپت سل دستگاه با حجم ۴ میلی لیتر از مخلوط پر شد. در هر مرحله قرائت پس از اعمال و تعریف طول موج‌های انتخابی از ۸۰۰ تا ۱۹۰۰ نانومتر به فواصل ۵۰ نانومتر، اعداد جذب^۱ نمایش داده شده ذخیره شدند. برای هر مرحله رشدی کلیه آزمایشات چهار بار تکرار گردید.

روش تحلیل داده‌ها

ابتدا منحنی تغییرات سطح جذب در هر مرحله رشدی نسبت به تغییرات طول موج رسم گردید. با کمک این منحنی حدود جذب دستگاه در طول موج‌های مختلف مشخص شد. اما از آن‌جا که احتمال بروز هم‌پوشانی در حدود جذب حداکثر برای مراحل مختلف رشدی وجود داشت، می‌بایست مناسب‌ترین طول موج که در آن حداکثر جذب برای مرحله رشدی وجود دارد، مشخص می‌گردید. برای این منظور منحنی درجه دوم ارتباط بین سطح جذب به عنوان عامل وابسته و طول موج به عنوان عامل متغیر رسم گردید. نقطه عطف این منحنی معادل طول موجی است که در آن حداکثر جذب برای آن مرحله رشدی وجود دارد. برای این منظور از معادله منحنی مشتق گرفته و با برآورد متغیر در شرایطی که مشتق معادل صفر باشد، نقطه عطف منحنی محاسبه شد.

تعیین مدل کالیبراسیون^۲ دستگاه اسپکتروفتومتری در برآورد تراکم جمعیت

تعداد ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰، ۴۵ و ۵۰ عدد از مراحل مختلف رشدی تخم، لارو، شفیره و حشره کامل از گونه شب پره

استفاده می‌کنند. روش اسپکتروفتومتری نزدیک مادون قرمز به صورت موفقیت آمیز برای وجود کنه آرد *Acarus siro* و حشرات مختلف آفت انباری مورد استفاده قرار گرفته است (۷، ۱۱، ۲۰، ۲۱ و ۲۷).

با توجه به این موضوع فرضیه پژوهش که روش اسپکتروسکوپی تکنیکی مناسب برای تعیین آلودگی پنهان شب پره مدیترانه‌ای آرد در خرما تجارتی رقم سایر می‌باشد، مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

پرورش شب پره مدیترانه‌ای آرد

مراحل مختلف رشدی، شب پره مدیترانه‌ای آرد با نمونه برداری از خرماهای آلوده جمع‌آوری و به آزمایشگاه حشره‌شناسی انتقال داده شدند. حشرات کامل (ماده و نر) به‌وسیله اسپیراتور جمع‌آوری شدند. پرورش آفت در دمای 27 ± 5 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۲:۱۲ ساعت روشنایی به تاریکی درون اتاقک رشد و درون ظروف پلاستیکی درب دار به ابعاد $8/5 \times 7/5$ سانتی‌متر که در قسمت درب آن‌ها سوراخی جهت تهویه در نظر گرفته شده بود، روی خرما رقم سایر انجام گرفت.

شبیه سازی استوک نگه‌داری خرما

برای انجام آزمایش‌ها از سه انسکتاریوم شیشه‌ای که شبیه استوک نگه‌داری خرما در انبار بودند، استفاده گردید. انسکتاریوم‌های شیشه‌ای به ابعاد $5 \times 5 \times 100$ سانتی‌متر بودند. در یک طرف از سطوح عمودی ۹ سوراخ در سه ردیف ارتفاعی مختلف به فواصل ۲۵ سانتی‌متر از یکدیگر ایجاد و به‌وسیله درپوش مخصوص کاملاً مسدود گردیده بود. درون هر یک از انسکتاریوم‌ها با ۱۰ کیلوگرم خرما رقم سایر پر شد. درون هر یک از انسکتاریوم‌ها ۵۰۰ عدد حشره کامل که کم‌تر از یک هفته از سن آن‌ها سپری شده بود به عنوان جمعیت اولیه منتقل گردید. انسکتاریوم‌ها در شرایط آزمایشگاهی و با متوسط درجه حرارت 27 ± 5 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 40 ± 5 درصد به مدت شش ماه نگه‌داری شد. نمونه‌برداری به صورت هفتگی انجام می‌شد. در هر نوبت نمونه‌برداری از هر انسکتاریوم چهار نمونه برداشت می‌شد. در کل دوره ۲۶ بار نمونه‌برداری گردید. نمونه‌های برداشت شده حامل مراحل مختلف رشدی آفت بودند.

آماده‌سازی نمونه‌ها جهت انجام اسپکتروفتومتری

نمونه اسپکتروفتومتر مورد استفاده در این پژوهش از نوع UV-Visible spectrophotometer مدل CARY 100 Scan مارک VARIAN بود (۱). برای آماده‌سازی نمونه، ۱۱۰ گرم از خرما با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن گردید و در ارلن یک

1- Absorption

2- Calibration model

$$ID = \frac{S^2}{\bar{X}}(n-1)$$

شناختن ازدحام X^*

شناختن ازدحام با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$X^* = \alpha + \beta \bar{X}$$

$$X^* = \bar{X} + \frac{S^2}{\bar{X}} - 1$$

سپس نحوه پراکنش جمعیت هر مرحله نشو و نمای آفت با استفاده از روش آیواو برآورد گردید. در این روش خط رگرسیون میان X^* و میانگین تراکم جمعیت محاسبه گردید. ضریب β نشان دهنده این است که تا چه حد جمعیت در تراکم‌های بالا تمایل به تجمع دارند. با توجه به محاسبه ضریب β در رابطه با نحوه پراکنش جمعیت حشره مورد مطالعه می‌توان قضاوت نمود (۲۸).

نتایج

تعیین مناسب‌ترین طول موج برای تشخیص مراحل رشدی

آفت

تغییرات میزان جذب در تراکم ۲۵ عدد در کیلوگرم بر اساس طول موج‌های بین ۸۰۰ تا ۱۹۰۰ نانومتر در شکل‌های ۱ تا ۴ به ترتیب برای مراحل رشدی تخم، لارو، شفیره و حشره کامل شب پره مدیترانه ای آرد رسم گردیده است.

همان طور که در شکل‌های ۱ تا ۴ ملاحظه می‌گردد، حداکثر جذب تخم، لارو، شفیره و حشره کامل آفت به ترتیب بین طول موج‌های ۱۱۰۰ تا ۱۳۰۰ نانومتر، ۱۲۰۰ تا ۱۴۰۰ نانومتر، ۱۰۰۰ تا ۱۴۰۰ نانومتر و ۱۲۰۰ تا ۱۴۰۰ نانومتر بوده است.

به منظور تعیین مناسب‌ترین طول موج رابطه درجه دوم بین طول موج و میزان جذب برآزش شد که در شکل‌های ۵ تا ۸ نشان داده شده است. برای تعیین مناسب‌ترین طول موج، دو نقطه عطف منحنی محاسبه شد که معادل طول موجی است که در مدل نهایی حداکثر جذب را برای مرحله رشدی مورد نظر نشان می‌دهد. بالاترین طول موج برای رسیدن به حداکثر تشخیص مرحله حشره کامل معادل ۱۳۷۰ نانومتر و کم‌ترین آن مربوط به تخم و معادل ۱۲۷۵ نانومتر بوده است.

مدیترانه ای آرد جداسازی شدند. مخلوط خروجی از دستگاه هموژنایزر مطابق روش قبل تهیه و به دستگاه اسپکتروفتومتر منتقل گردید. در هر مرحله قرائت پس از اعمال و تعریف طول موج‌های انتخابی اعداد جذب نمایش داده شده ذخیره شدند. برای هر تراکم مرحله رشدی آفت شب پره مدیترانه ای آرد کلیه آزمایشات چهار بار تکرار گردید.

روش تحلیل داده‌ها

رابطه بین سطح جذب هر مرحله رشدی در تراکم‌های مختلف بررسی شد. برای آنالیز آماری داده‌ها از روش Partial least squares regression یا (PLSR) استفاده شد. این روش نوعی روش رگرسیونی مشابه به روش رگرسیون خطی می‌باشد. بر اساس این تجزیه و تحلیل مدل خطی طراحی می‌شود که به آن مدل کالیبراسیون می‌گویند که با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد (۱).

تعیین کارایی، تعداد نمونه و نحوه نمونه برداری برای

برآورد تراکم مراحل مختلف رشدی

برای انجام آزمایش‌ها از انسکتاریوم‌های شیشه‌ای که شبیه استوک نگهداری خرما در انبار بودند، استفاده شد. نمونه‌های برداشت شده حامل مراحل مختلف رشدی آفت بودند. پارامترهای مورد استفاده به شرح زیر محاسبه شدند (۲):

$$s\bar{x} = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$RV = \frac{s\bar{x}}{x} \times 100$$

$$RNP = 100 / (RV \times C)$$

در این روابط، S انحراف معیار نمونه‌ها، n تعداد نمونه، \bar{x} میانگین نمونه‌برداری، $s\bar{x}$ واریانس میانگین‌ها و C هزینه نمونه‌برداری (زمان) می‌باشد. در این پژوهش از روش استفاده از سطح دقت و انحراف معیار مطابق فرمول زیر استفاده شد (۲۸).

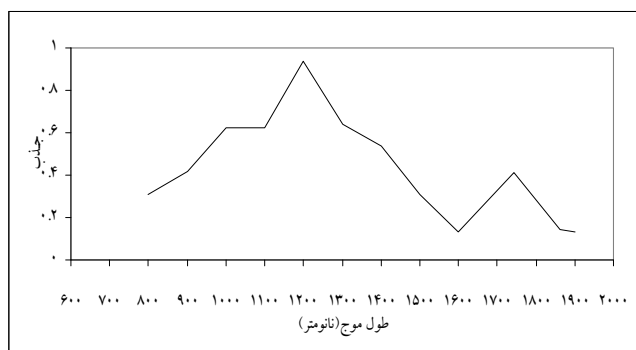
$$n = \left(\frac{ts}{D\bar{x}} \right)^2$$

در این رابطه S انحراف معیار، D سطح لازم دقت بر حسب صدم یا دهم (در پژوهش ۰/۱ در نظر گرفته شد) و t مقداری است که بر حسب درجه آزادی به دست می‌آید و در سطح ۵ درصد برابر با ۱/۹۶ است.

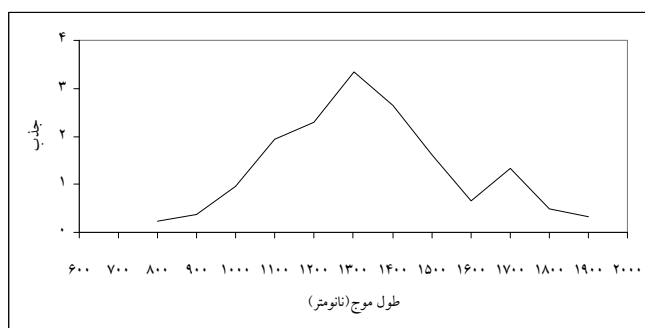
جهت تعیین نحوه پراکنش آفت و تعیین محل نمونه برداری ابتدا دو شاخص پخش و ازدحام به شرح زیر محاسبه شد.

شناختن پخش ID

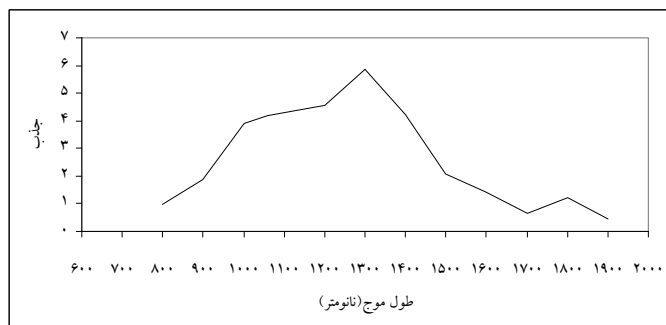
شناختن پخش در این روش با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:



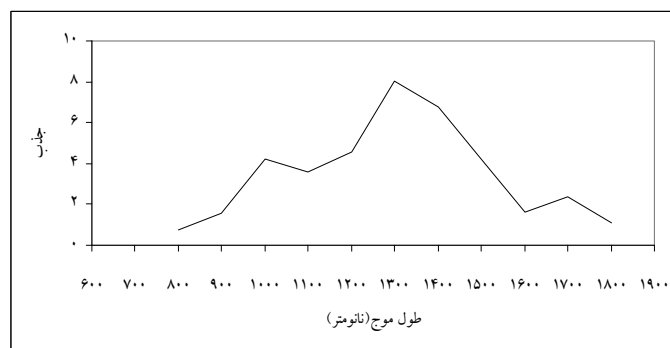
شکل ۱- تغییرات میزان جذب بین طول موج‌های ۸۰۰ تا ۱۹۰۰ نانومتر برای مرحله رشدی تخم شب پره مدیترانه ای آرد



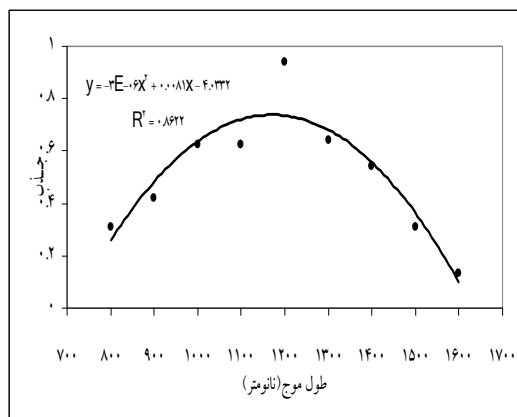
شکل ۲- تغییرات میزان جذب بین طول موج‌های ۸۰۰ تا ۱۹۰۰ نانومتر برای مرحله رشدی لارو شب پره مدیترانه ای آرد



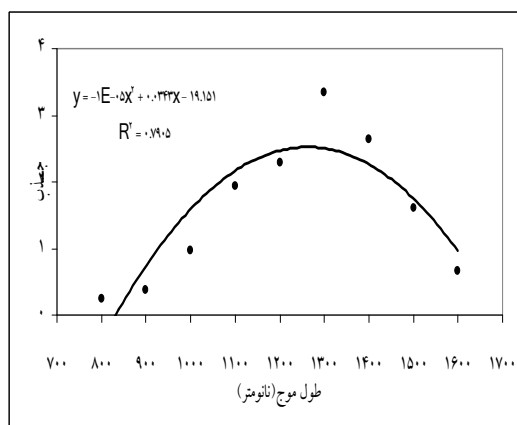
شکل ۳- تغییرات میزان جذب بین طول موج‌های ۸۰۰ تا ۱۹۰۰ نانومتر برای مرحله رشدی شب پره سفیره مدیترانه ای آرد



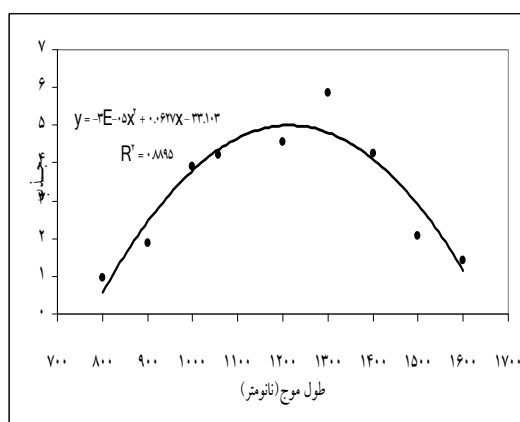
شکل ۴- تغییرات میزان جذب بین طول موج‌های ۸۰۰ تا ۱۹۰۰ نانومتر برای مرحله رشدی حشره کامل شب پره مدیترانه ای آرد



شکل ۵- منحنی رابطه بین طول موج با جذب برای مرحله رشدی تخم شب پره مدیترانه ای آرد



شکل ۶- منحنی رابطه بین طول موج با جذب برای مرحله رشدی لارو شب پره مدیترانه ای آرد

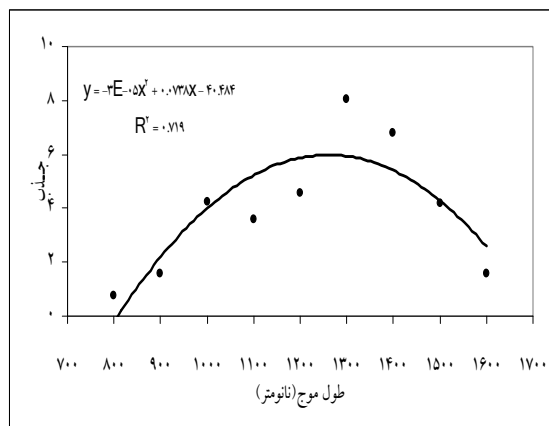


شکل ۷- منحنی رابطه بین طول موج با جذب برای مرحله رشدی شفیره شب پره مدیترانه ای آرد

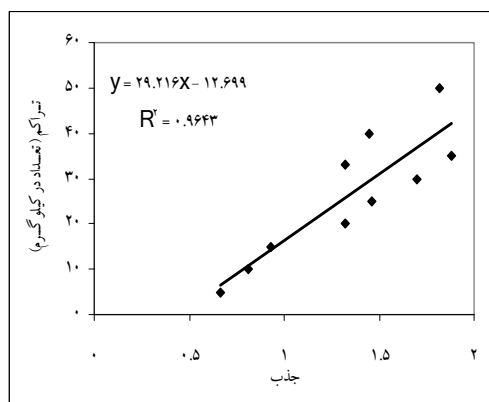
چهار مرحله رشدی تخم، لارو، شفیره و حشره کامل به ترتیب در شکل‌های ۹ تا ۱۲ نشان داده شده است.

مدل کالیبراسیون رابطه بین میزان جذب و تراکم جمعیت آفت

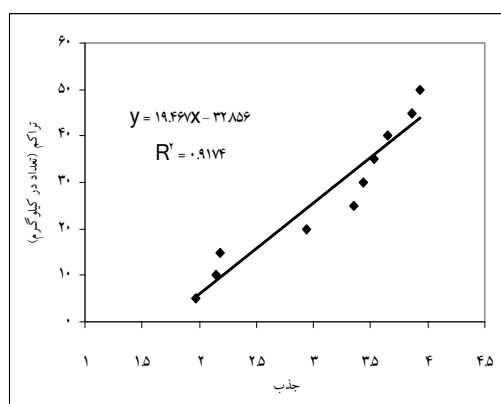
برازش خطی منحنی کالیبراسیون ارتباط بین تراکم و جذب در



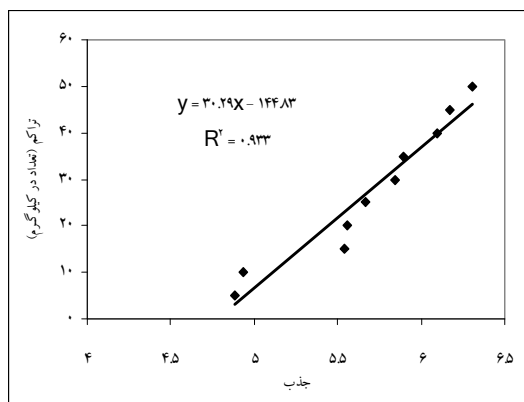
شکل ۸- منحنی رابطه بین طول موج با جذب برای مرحله رشدی حشره کامل شب پره مدیترانه ای آرد



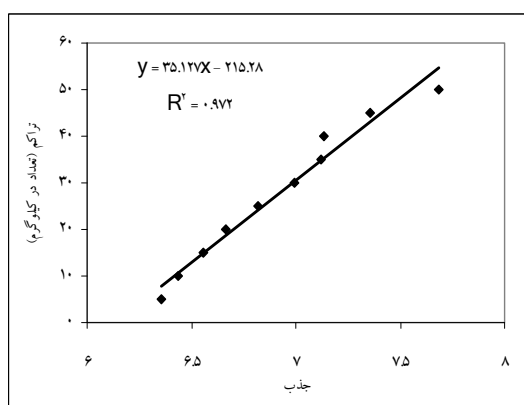
شکل ۹- منحنی کالیبراسیون برآورد تراکم تراکم در مرحله رشدی تخم شب پره مدیترانه ای آرد در خرماي رقم سایر



شکل ۱۰- منحنی کالیبراسیون برآورد تراکم تراکم در مرحله رشدی لارو شب پره مدیترانه ای آرد در خرماي رقم سایر



شکل ۱۱- منحنی کالیبراسیون برآورد تراکم مرحله رشدی شفیره شب پره مدیترانه ای آرد در خرمای رقم سایر



شکل ۱۲- منحنی کالیبراسیون برآورد تراکم مرحله رشدی حشره کامل شب پره مدیترانه ای آرد در خرمای رقم سایر

جدول ۱- برآورد تعداد نمونه و کارایی روش اسپکتروفتومتری برای برآورد تراکم جمعیت مراحل مختلف رشدی شب پره مدیترانه ای آرد در خرمای

رقم سایر						
مرحله رشدی	واریانس	میانگین	$\bar{S.X}$	C	RV	RNP
تخم	۲/۶۱	۵۲/۶۷	-۰/۷۵	۲	۱/۴۲	۳۵
لارو	۱/۶۱	۲۸/۱۷	-۰/۴۶	۲	۱/۶۴	۳۰/۳۸
شفیره	۱/۱۷	۱۹/۰۸	-۰/۳۴	۲	۱/۷۸	۲۸/۱۵
حشره کامل	۰/۹۳	۷/۲۵	-۰/۲۷	۲	۳/۷۱	۱۳/۴۸

شخص RV و RNP استفاده شد که نتایج محاسبات انجام شده در جدول ۱ ارائه شده است.

همان طور که در جدول ۱ ملاحظه می شود، تراکم جمعیت چهار مرحله رشدی دارای RV کوچک تر از چهار می باشند. بنابراین، می توان از آن در برآورد تراکم جمعیت مراحل مختلف رشدی شب پره مدیترانه ای آرد در موارد تحقیقاتی و کاربردی استفاده نمود.

پراکنش مراحل مختلف رشد شب پره مدیترانه ای آرد در استوک خرمای رقم سایر

نتایج مدل رگرسیون خطی بین میانگین ازدحام (به عنوان عامل

همان طور که در شکل های ۹ تا ۱۲ ملاحظه می گردد، در هر چهار مرحله رشدی منحنی برازش شده دارای ضریب تبیین بالای ۹۰ درصد می باشد. به عبارت دیگر ضریب خطای روش به ترتیب برای مرحله رشدی تخم، لارو، شفیره و حشره کامل معادل ۴، ۸، ۷ و ۳ درصد بود که نشان دهنده توانایی بالای این روش در برآورد تراکم جمعیت آفت در هر چهار مرحله رشدی است.

تعیین کارایی و تعداد نمونه لازم در برآورد تراکم مراحل مختلف رشد شب پره مدیترانه ای آرد

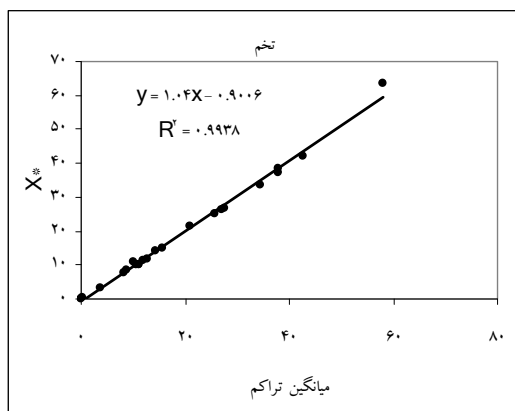
برای مقایسه تعداد نمونه لازم و مقایسه کارایی روش از دو

جدول ۲ مقایسه شده‌اند. ضریب β نشان دهنده این است که تا چه حد جمعیت در تراکم-های بالا تمایل به تجمع دارد. با توجه به این که مقدار این پارامتر در تمام مراحل رشدی به عدد یک است، لذا تمام مراحل رشدی شب پره مدیترانه ای آرد مورد مطالعه پراکنش تصادفی دارد. بنابراین به منظور نمونه‌برداری جهت ارزیابی تراکم جمعیت مراحل مختلف رشدی، نمونه‌برداری تصادفی بدون در نظر گرفتن موقعیت مکانی نمونه در توده خرمای مورد نظر امکان‌پذیر است.

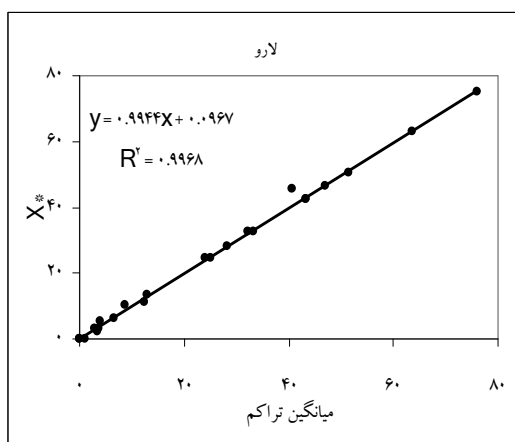
وابسته) با میانگین تراکم جمعیت در هر مرحله رشدی در شکل‌های ۱۳ تا ۱۶ ارائه شده است. همان‌طور که در این شکل‌ها ملاحظه می‌شود، ارتباط لگاریتمی بین میانگین ازدحام با میانگین تراکم جمعیت در تمام مراحل مختلف رشدی و در رقم سایر از مدل آیواوو تبعیت نموده و از این مدل می‌توان جهت تعیین نحوه پراکنش مراحل مختلف رشدی آفت در رقم مورد مطالعه استفاده نمود. مقایسه پارامترهای مدل آیواوو و میانگین ضرایب ازدحام و پراکنش مراحل مختلف رشدی شب پره مدیترانه ای آرد در توده خرمای رقم سایر در

جدول ۲- ضرایب پراکنش و ازدحام جمعیت مراحل مختلف رشدی شب پره مدیترانه ای آرد در توده خرمای رقم سایر

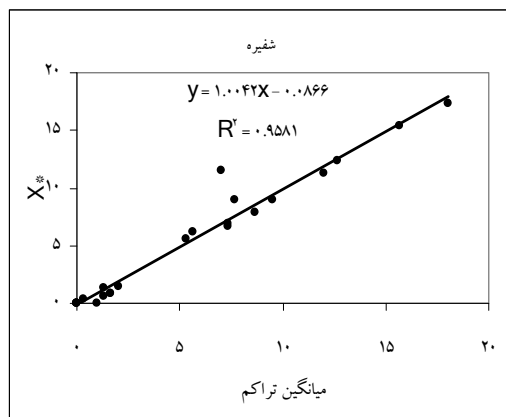
مراحل رشدی	Id	X*	α	β	R ²
تخم	۱/۶۴۵	۱۹/۰۴۸	-۰/۹۰۰۶	۱/۰۴	۰/۹۹۴
لارو	۱/۷۴۶	۲۴/۴۸۹	-۰/۰۹۶	۰/۹۹۴	۰/۹۹۷
شفیره	۱/۵۲۵	۵/۴۲۲	-۰/۰۸۷	۱/۰۰۴	۰/۹۵۸
حشره کامل	۱/۰۱۳	۱/۶۲۲	-۰/۱۴۷	۰/۸۹۱	۰/۹۱۹



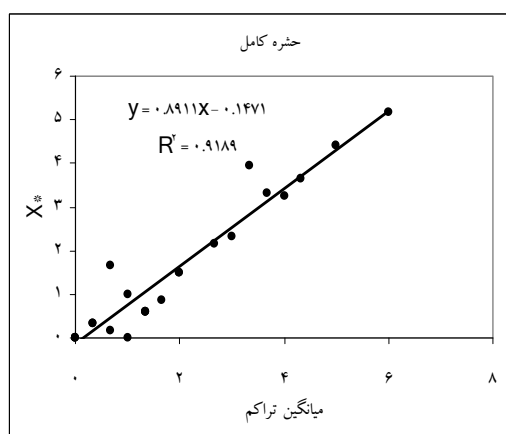
شکل ۱۳- رگرسیون خطی بین میانگین ازدحام و میانگین تراکم جمعیت تخم شب پره مدیترانه ای آرد در توده خرمای رقم سایر



شکل ۱۴- رگرسیون خطی بین میانگین ازدحام و میانگین تراکم جمعیت لارو شب پره مدیترانه ای آرد در توده خرمای رقم سایر



شکل ۱۵- رگرسیون خطی بین میانگین ازدحام و میانگین تراکم جمعیت شفیره شب پره مدیترانه ای آرد در توده خرماي رقم ساير



شکل ۱۶- رگرسیون خطی بین میانگین ازدحام و میانگین تراکم جمعیت حشره کامل شب پره مدیترانه ای آرد در توده خرماي رقم ساير

بحث

مدیترانه‌ای آرد در توده خرما و نیز برای تشخیص لاروهای بزرگ، شفیره‌ها و حشرات کامل استفاده کرد.

در نمودارهای کالیبراسیون به دست آمده از دانه‌های گندم آلوده با *R. dominica* و *S. oryzae*، توسط اسپکتروفتومتری خطوط جذب با ترکیبات شیمیایی نمونه‌ها ارتباط داشت (۳ و ۲۹). به طوری که یکی از پیک‌های مثبت این نمودارها مربوط به باند هیدروژن - کربن (C-H) است که جذب در ناحیه C-H چربی‌های کوتیکول حشرات صورت گرفته است. CH_2 و CH_3 به طور معمول در ترکیب شیمیایی چربی‌های کوتیکول خارجی حشرات وجود دارند. از دیگر ترکیبات اصلی چربی‌های کوتیکول اسیدهای چرب، کتون‌ها، الکل‌ها، اترها، گلیسریدها، استرول‌ها، آلدئیدها و هیدروکربن‌ها هستند که زنجیرهای طویل هیدروکربن اغلب از مهم‌ترین اجزای آن‌ها هستند. پیک دیگر باند هیدروژن - اکسیژن (H-O) است که جذب در این باند ناشی از مولکول‌های آب در باندهای هیدروژنی حاصل از وضعیت اثرات محیطی است. از پیک‌های دیگر منحنی، پیک آمینو اسید و پیک نشاسته می‌باشند (۲۳). طول موج‌های ۱۰۲۸، ۱۲۱۴، ۱۹۳۸ و

مطالعات مشابه متعددی توسط سایر پژوهشگران در رابطه با طول موج حداکثر جذب برای آفات انباری مختلف روی محصولات انباری متفاوت انجام شده است. به عنوان مثال طول موج ۱۱۰۰ نانومتر برای تشخیص *Ahasverus. advena* ۱۴۴۰ تا ۱۴۵۰ نانومتر برای تشخیص حشرات بالغ *O. surinamensis* در غلات انباری، ۱۰۱۴ نانومتر برای *S. granaries* در ذرت، ۱۶۸۰ نانومتر برای *R. domenica* در غلات انباری مناسب تشخیص داده شده‌اند (۶). در غلات از اسپکتروسکوپی در شناسایی آفات مختلفی از جمله *Oryzaephilus mercator*، *surinamensis*، *Cryptolestes pusillus*، *Tribolium confusum*، *Prostephanus truncatus*، *Tribolium castaneum*، *Sitophilus*، *Sitophilus zaemais*، *Sitophilus oryzae*، *R. dominica* A. *advena*، *granarius* استفاده شده است (۳). ۵، ۷، ۸، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۲ و ۲۵). نتایج این پژوهش نیز نشان داد که از روش اسپکتروفتومتری می‌توان برای به دست آوردن سطوح بحرانی و مهم مقادیر آنبوه مراحل پنهان آفت انباری شب پره

آفت انباری قابل استفاده می‌باشند و کارایی مناسبی برای نمونه‌برداری از آن‌ها روی غلات دارند، اما در تشخیص مراحل نابالغ غیر قابل کاربرد بوده‌اند (۱۲). اسپکتروفتومتری برای تشخیص سریع آلودگی غلات به آفات انباری در کشور اندونزی استفاده شده است. نتایج نشان داده است که این ابزار وسیله‌ای مناسب در ردیابی آفت مزبور در شرایط اجرای تحقیق می‌باشد (۲۳). براساس نتایج این پژوهش نکته مهم و قابل توجه که روش اسپکتروسکوفتومتری را از سایر روش‌ها در نمونه برداری از شب پره مدیترانه ای آرد متمایز می‌کند، دقت روش در ارزیابی مراحل پنهان نظیر تخم و سفیره است که در این روش حتی از دقت بالاتری نسبت به مراحل آشکار نظیر لارو و حشره کامل برخوردار است. این موضوع به‌کارگیری روش اسپکتروفتومتری را در موارد خاص نظیر گمرکات و پست‌های قرنظینه که اکثراً با تشخیص مراحل پنهان مشکل بیش‌تری وجود دارد، به عنوان روشی ایده آل و کارآمد مطرح می‌سازد. این پژوهش همچنین نشان داد که روش اسپکتروفتومتری ضمن این‌که تکنیکی مطمئن، سریع، دقیق و اقتصادی است (۲۷)، از سرعت بالایی نیز برخوردار می‌باشد. امروزه با پیشرفت تکنولوژی امکان کاربرد روش‌های دیگری نظیر ردیابی تبدلات گازی و ترشحات بدن حشرات در بستر زیست برای برآورد تراکم جمعیت آن‌ها به روش اسپکتروسکوپي مورد بررسی است که در ادامه تحقیقات بررسی موارد مشابه برای نمونه‌برداری از آفات انباری خرما پیشنهاد می‌گردد (۲۴)

۲۲۴۴ نانومتر به ترتیب برای برآورد تراکم جمعیت مراحل رشدی تخم، لارو، سفیره و حشره کامل *R. dominica* مناسب هستند. در حالی که طول موج‌های مناسب برای برآورد صحیح مراحل مختلف رشدی تخم، لارو، سفیره و حشره کامل *S. oryzae* به ترتیب شامل ۸۵۱، ۱۱۳۲، ۱۲۰۰، ۱۴۰۸ نانومتر می‌باشند. تعداد پیوندهای N-H و C-H که در ساختمان مولکولی کوتیکول حشرات وجود دارد، عامل اصلی در تعیین طول موج مناسب برای کاربرد در این روش می‌باشند (۲۳).

در روش اسپکتروفتومتری بر اساس نتایج این پژوهش و موارد مشابه (۲) تعداد نمونه‌برداری لازم جهت دستیابی به دقت کافی بسیار اندک است. به طوری که در اکثر مواقع از سه نمونه تجاوز نمی‌کند.

در این پژوهش مشخص شد که پراکنش مراحل مختلف رشدی آفت مورد بررسی در خرماي رقم سایر تصادفی بوده و نمونه‌برداری تصادفی بدون توجه خاص به ناحیه ویژه‌ای از بستر زیست در توده خرما امکان پذیر است.

تفاوت‌هایی در کارایی و دقت روش‌های مختلف نمونه‌برداری ارزیابی خسارت آفات انباری وجود دارد. کارایی تله‌های چاله‌ای، تله‌های مکند و الکترونیکی در نمونه‌برداری از مراحل مختلف رشدی آن‌ها روی غلات مورد بررسی قرار گرفته است (۹). نتایج تحقیقات نشان داده که این تله‌ها گرچه در شکار انواع سوسک‌ها و شب‌پره‌های

منابع

- 1- Arbogast R.T. and Mankin R.W. 1999. The utility of spatial analysis in management of storage pests. In "Stored Product Protection: Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored-product Protection" (J. Xuxun, L. Quan, L. Yongsheng, T. Xianchang, and G. Lianghua, eds), pp. 1519–1527. Sichuan Publishing House of Science & Technology, Chengdu, China.
- 2- Bowditch T.G. and Madden J.L. 1996. Spatial and temporal distribution of *Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) in a confectionary factory: Causal factors and management implications. J. Stored Prod. Res. 32, 123–130.
- 3- Burks C.S., Dowell F.E., and Xie F. 2000. Measuring fig quality using near-infrared spectroscopy. J. Stored Prod. Res. 36, 289–296.
- 4- Chambers J. 2003. Where does pest detection research go next? In "Proceedings of the 8th International Working Conference on Stored-product Protection" (P.F. Credland, D.M. Armitage, C. H. Bell, P. M. Cogan, and E. Highley, eds), pp. 103–109. CAB International, Wallingford, UK.
- 5- Chambers J., VanWyk C.B., Baker C.W., and Barnes R.J. 1992. NIR analysis for the detection of insect pests in cereal grains. In "Proceedings of the International DiVuse Spectroscopy Conferences, August 1992" (R.A. Taylor, ed.), pp. 96–100. The Council of Near Infrared Spectroscopy, Gaithersburg, MD.
- 6- Chambers J. and Ridgway C. 1996. Rapid detection of contaminants in cereals. In "Near Infrared Spectroscopy. The Future Waves" (A.M.C. Davies and P. Williams, eds), pp. 484–489. NIR Publications, Chichester, UK.
- 7- Chambers J., Ridgway C., and Davies E.R. 2001. Design of an Integrated Machine Vision System Capable of Detecting Hidden Infestation in Wheat Gains. Home-Grown Cereals Authority Project report no. 262. London, UK.
- 8- Chambers J., Ridgway C., Davies E.R. Mason D.R. and Bateman M.W. 1998. Rapid Automated Detection of Insects and Certain Other Contaminants in Cereals. Home-Grown Cereals Authority Project report no. 152. London, UK.

- 9- Davey P.M., Hall D.W., Coveney P.L.K., and Raymond W.D. 1959. The effect of insect infestation on the quality of decorticated groundnuts with special reference to storage at low and high humidities. *Trop. Sci.* 1, 296–307.
- 10- Dent R.G. and Brickey P.M. 1984. Physical and chemical methods for detecting insect filth in foods. In “Insect Management for Food Storage and Processing” (F.J. Baur, ed.), pp. 323–328. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
- 11- Dowell F.E., Throne J.E., Wang D., and Baker J.E. 1998. Automated nondestructive detection of internal insect infestation of wheat kernels by using near-infrared reflectance spectroscopy. *J. Econ. Entomol.* 91, 899–904.
- 12- Fargo W.S., Cuperus G.W., Bonjour E.L., Burkholder W.E., Clary B.L., and Payton E. 1994. Influence of probe trap type and attractants on the capture of four stored-grain Coleoptera. *J. Stored Prod. Res.* 30, 237–241.
- 13- Fleurat-Lessard F., Andrieu A.J., and Wilkin D.R. 1994. New trends in stored-grain infestation detection inside storage bins for permanent infestation risk monitoring. In “Stored Product Protection: Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored-product Protection” (E. Highley, E.J. Wright, H.J. Banks, and B.R. Champ, eds), pp. 397–402. CAB International, Wallingford, UK.
- 14- Latifian M. 2003. The technology of Date palm stored pests control. Ahangghalam publication. Mashhad. 100 pp.
- 15- Perez-Mendoza J., Throne J.E., Dowell F.E., and Baker J.E. 2003. Detection of insect fragments in wheat flour by near-infrared spectroscopy. *J. Stored Prod. Res.* 39, 305–312.
- 16- Ridgway C. and Chambers J. 1996. Detection of external and internal insect infestation in wheat by near-infrared reflectance spectroscopy. *J. Sci. Food Agric.* 71, 251–264.
- 17- Ridgway C. and Chambers J. 1998. Detection of insects inside wheat kernels by NIR imaging. *J. Near Infrared Spectrosc.* 6, 115–119.
- 18- Ridgway C. and Chambers J. 1999. Detection of grain weevils inside single wheat kernels by a very near infrared two-wavelength model. *J. Near Infrared Spectrosc.* 7, 213–221.
- 19- Ridgway C., Chambers J., Portero-Larragueta E., and Prosser O. 1999. Detection of mite infestation in wheat by electronic nose with transient flow sampling. *J. Sci. Food Agric.* 79, 2067–2074.
- 20- Ridgway C., Davies R., and Chambers J. 2001. Imaging for the high-speed detection of pest insects and other contaminants in cereal grain in transit. ASAE Annual International Meeting, California, July 30–Aug. 1, 2001.
- 21- Ridgway C., Davies E.R., Chambers J., Mason D.R., and Bateman M. 2002. Rapid machine vision method for the detection of insects and other particulate bio-contaminants of bulk grain in transit. *Biosystems Eng.* 83, 21–30.
- 22- Shuman D., Epsky N.D., and Crompton D.R. 2003. Commercialization of a species-identifying automated stored-product insect monitoring system. In “Proceedings of the 8th International Working Conference on Stored-product Protection” (P.F. Credland, D. M. Armitage, C. H. Bell, P. M. Cogan, and E. Highley, eds), pp. 144–150. CAB International, Wallingford, UK.
- 23- Throne J.E., Dowell F.E., Perez-Mendoza J., and Baker J.E. 2003. Entomological applications of near-infrared spectroscopy. In “Proceedings of the 8th International Working Conference on Stored-product Protection” (P. F. Credland, D. M. Armitage, C. H. Bell, P. M. Cogan, and E. Highley, eds), pp. 131–134. CAB International, Wallingford, UK.
- 24- Tpkarev A., Beteay K., Taras A. 2013. Probing viscosity of nanolites droplets of butterfly saliva by magnetic ratalional spectroscopy. *Applied physics letters.* 12(3): 33701-4.
- 25- Tollner E.W. 1993. X-ray technology for detecting physical quality attributes in agricultural produce. *Postharvest News Information* 4, 149N–155N.
- 26- Wilkin D.R., Cowe I.A., Thind B.B., McNicol J.W., and Cuthbertson D.C. 1986. The detection and measurement of mite infestation in animal feed using near infra-red reflectance. *J. Agric. Sci.* 107, 439–448.
- 27- Williams P. and Norris K. 2001. Near-infrared Technology in the Agricultural and Food Industries. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
- 28- Young L.J. and Young J.H. 1998. Statistical ecology. Kluwer academic press. 565pp.
- 29- Zayas I.Y. and Flinn P.W. 1998. Detection of insects in bulk wheat samples with machine vision. *Trans. ASAE* 41, 883–888.