

ارزیابی جمعیت گونه‌های رایج آفات انباری در میوه خرماي رقم زاهدی براساس روش طیف سنجی

مسعود لطیفیان✉

پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری کشور، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
(تاریخ دریافت: شهریور ۱۳۹۸؛ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹۸)

چکیده

این پژوهش برای تدوین برنامه نمونه‌برداری آفات انباری خرما شامل: شپشه دندانه‌دار *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus)، شب پره آرد *Ephestia kueheniella* (Zeller) و شب پره هندی *Plodia interpunctella* (Hübner) در خرماي رقم زاهدی با استفاده از روش طیف سنجی نوری انجام شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و به‌صورت فاکتوریل انجام شد. فاکتور اول شامل مراحل تخم، لارو، شفیره و حشره کامل و فاکتور دوم ده تراکم ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰، ۴۵ و ۵۰ عدد از هر مرحله بود. نتایج نشان داد که طول موج حداکثر جذب برای تخم، لارو، شفیره و حشره کامل شپشه دندانه‌دار به‌ترتیب معادل ۱۲۲۰، ۱۲۴۰، ۱۲۸۰، ۱۳۰۰، شب پره آرد ۱۲۱۰، ۱۲۷۰، ۱۳۲۰، ۱۳۶۰ و شب پره هندی ۱۳۱۰، ۱۳۲۰، ۱۳۸۰، ۱۴۰۰ نانومتر بود. تعداد نمونه لازم (هر نمونه ۱۱۰ گرم میوه) برای ارزیابی صحیح تخم، لارو، شفیره و حشره کامل به‌ترتیب برای شپشه دندانه‌دار معادل ۱، ۲، ۱، ۳، شب پره خشکبار ۱، ۲ و ۳ نمونه بود. از دو مؤلفه تغییرات نسبی (RV) و دقت نسبی شبکه (RNP) برای ارزیابی کارایی استفاده شد. مقدار شاخص RV برای آفات در مراحل رشدی به‌ترتیب برای شپشه دندانه‌دار ۲/۲۳، ۳/۲۶، ۳/۱۵، ۲/۵۲، شب پره آرد ۱/۶۴، ۱/۷۸، ۳/۷۱ و شب پره هندی ۲/۲۳، ۳/۲۷، ۳/۱۵ و ۳/۵۲ بود. در تمام موارد، خطای نمونه‌برداری کم‌تر از ۱۰ درصد بود. مقدار شاخص RNP در چهار مرحله رشدی به‌ترتیب برای شپشه دندانه‌دار ۳۹/۷۹، ۱۸/۰۶، ۳۲/۳۹، ۲۲/۳۷ شب پره آرد ۲۲/۵۴، ۲۷/۵۸، ۳/۱۵، ۱۰/۳۳ و شب پره هندی ۳۶/۵۱، ۲۳/۷۱، ۱۵/۵۸ و ۱۰/۹۹ بود. با توجه به نتایج، روش طیف سنجی، توانایی تشخیص مراحل پنهان (تخم و شفیره) آفات را با حداکثر دقت و حداقل هزینه دارد. واژه‌های کلیدی: آفات انباری، خرما، طیف سنجی نوری، نمونه‌برداری.

Population assessment of common storage pest species in Zahedi date cultivar using spectroscopic method

M. LATIFIAN✉

Date Palm and Tropical Fruits Research Center, Horticulture Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization

Abstract

This study aimed to define sampling programs for pests, *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus), *Ephestia kueheniella* (Zeller) and *Plodia interpunctella* (Hübner) using spectrophotometer in date Zahedi cultivar. The experiments were conducted in a completely randomized design with factorial arrangement. The first factor consisted of eggs, larvae, pupae and adult and the second including 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 and 50 densities of the above stages. Results showed that the maximum absorption wavelength for egg, larva, pupa and adult of *O. surinamensis*, was 1220, 1240, 1280, 1300 nm, for *E. kueheniella* 1210, 1270, 1320, 1360 nm and for *P. interpunctella* 1310, 1320, 1380, 1400 nm, respectively. The lowest number of sampling (each sample 110 g date fruits) for an accurate estimation of the egg, larva, pupa and adult of *O. surinamensis* were 1, 2, 1, 2, for *E. kueheniella* 1, 1, 3, 3 and for *P. interpunctella* 1, 1, 2, 3, 2 samples, respectively. Relative Variation (RV) and Relative net precision (RNP) indices were used to validate the sampling accuracy. The RV for development stages of *O. surinamensis* were 2.23, 3.26, 3.15, 2.52, for *E. kueheniella* 2.52, 1.42, 1.64, 1.78, 3.71 and for *P. interpunctella* 2.23, 3.27, 3.15, 3.52 respectively. The accuracy level of samplings was lower than 10 in all cases, The RNP values for *O. surinamensis* were 39.79, 18.06, 32.29, 22.37, for *E. kueheniella* 22.54, 27.58, 13.15, 10.33 and for *P. interpunctella* 36.51, 23.71, 15.58, 10.99 respectively. Based on the results, the spectrophotometer could detect the hidden pest stages (egg and pupa) with maximum accuracy and minimum cost.

Keywords: Date palm, sampling, spectrophotometer, storage pests.

مقدمه

تشخیص و تعیین تراکم آفات انباری در مراحل اولیه آلودگی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. روش طیف سنجی یکی از روش‌هایی است که برای تشخیص دقیق آفات انباری در مراحل اولیه آلودگی، در دهه‌های اخیر از آن استفاده می‌شود (Wilkin et al., 1986). نمونه‌برداری میدانی باید پس از انتخاب روش نمونه‌برداری، ابزار اندازه‌گیری و تعیین طول موج حداکثر جذب آغاز شود، همچنین نمونه‌برداری باید دارای تکرار باشد تا برآوردهای حاصل از آن قابل اعتماد و از نظر آماری قابل ارزیابی باشد. دقت نمونه‌برداری از طریق تعداد نمونه لازم برای ارزیابی مشخص می‌شود (Wilkin et al., 2003; Throne et al., 1991). طرح نمونه‌برداری، شیوه انتخاب نمونه از کل جامعه و روش ارزیابی فراوانی آفت در هر نمونه است. در روش نمونه‌برداری تکنیک خاصی طراحی می‌شود تا بتوان با استفاده از مؤلفه‌های به‌دست آمده، وضعیت جامعه را با قابلیت اعتماد بالا ارزیابی نمود (Morrison et al., 2019).

روش اسپکتروسکوپی مادون قرمز (NIRS) در صنایع غذایی برای تشخیص مقادیر آب، پروتئین و روغن موجود در مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Williams and Norris, 2001). در این روش از طول موج‌های بین ۷۰۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر استفاده می‌شود. بقایای حشرات موجود در مواد غذایی نیز از طریق NIRS قابل تشخیص است. نوع همولنف، چربی‌ها یا مقدار کیتین بدن حشرات در تعیین طول موج مناسب اثر گذار است. از آنجا که در بافت قارچ نیز کیتین وجود دارد، از این روش برای تشخیص آلودگی‌های قارچی محصولات کشاورزی انباری نیز استفاده می‌شود. روش NIRS^۱ برای تشخیص کنه آرد (*Acarus siro* (Linnaeus) و حشرات مختلف آفت انباری از جمله *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus), *Sitophilus granarius* (Linnaeus), *Sitotroga cerealella* (Olivier), *Rhyzopertha dominica* (Fabricius), *granarius* (Linnaeus), *Prostephanus truncates* (Horn),

Tribolium castaneum (Herbst), *Sitophilus oryzae* (Linnaeus), *Amyelois transitella* (Walker), *Drosophila melanogaster* (Meigen) و *P. interpunctella* مورد استفاده قرار گرفته است (Ridgway et al., 2003; Mendoza, 2003; Burks et al., 2000; Throne et al., 2001; Zayas and Flinn, 1998; Chambers et al., 2001).

سیستم NIR قدرت تشخیص چربی‌های کوتیکولی مختلف گونه‌های حشرات را دارد. ترکیباتی از کوتیکول حشرات که می‌تواند در شناسایی به‌کار رود شامل پیگمان‌ها، پروتئین‌ها، کاتاکول‌ها^۲ و اوکسالات‌ها^۳ هستند (Williams and Norris, 2001). تفاوت‌های زیادی بین میزان جذب طول موج دستگاه طیف سنج توسط اسکروتین و ملانین موجود در کوتیکول حشرات وجود دارد (Burks et al., 2000). بنابراین بر اساس تفاوت در ترکیب شیمیایی کوتیکول و تراکم جمعیت مراحل مختلف رشدی هر گونه درون محصول انباری، سطح انرژی و طول موج جذب شده متفاوت خواهد بود (Ridgway et al., 2001).

از تکنیک طیف سنجی همچنین برای تمایز اندام‌های سالم و آسیب دیده در میزبان‌های گیاهی استفاده شده است. به‌عنوان مثال از این روش برای تشخیص خسارت آفات مکنده گوجه‌فرنگی در محدوده ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ نانومتر استفاده شده است (Lu et al., 2017). همچنین از این روش برای تشخیص انواع عوامل بیمارگر گیاهی از جمله ویروس‌ها، ویروئیدها و فایتوپلاسماها نیز استفاده شده است (Huang et al., 2018; Jinendra et al., 2010; Mahlein, 2016; Naidu et al., 2010; Sankaran et al., 2009).

مواد و روش‌ها

پرورش حشرات

حشرات مورد بررسی با نمونه‌برداری از انبارهای خرماي استان خوزستان جمع‌آوری شدند. پرورش آفات در دمای ۲۷±۲ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۶۰±۵ درصد درون اتاقک رشد و درون ظروف پلاستیکی درب دار به ابعاد

2 - Pigments

3- Catechols

4- Oxalates

1- Near-infrared spectroscopy

قرائت در دستگاه قرار داده شد. لوله‌های آزمایش حاوی تراکم مراحل رشدی آفات را قبل از قرائت به مدت یک دقیقه تکان داده و مواد محتوی سوسپانسیون یکنواخت گردید. سپس با استفاده از میکروپیپت، یک میلی‌لیتر از مخلوط و سه میلی‌لیتر آب مقطر در سل دستگاه ریخته شد. پس از همگن شدن، سل در جایگاه مخصوص دستگاه طیف سنج قرار گرفت. در هر مرحله پس از اعمال و تعریف طول موج‌های انتخابی به فواصل ۵۰ نانومتر و از ۸۰۰ تا ۱۹۰۰ نانومتر اعداد جذب (Absorbtion) نمایش داده شده قرائت و ثبت شدند. برای هر مرحله رشدی کلیه آزمایش‌ها سه بار تکرار شد (Latifian et al., 2013 and 2015).

روش تحلیل داده‌ها

ابتدا منحنی تغییرات سطح جذب برای هر مرحله رشدی در حشرات مختلف نسبت به تغییرات طول موج رسم گردید. با کمک این منحنی حدود جذب دستگاه در طول موج‌های مختلف مشخص شد. با وجود احتمال بروز هم‌پوشانی در حدود جذب حداکثر برای مراحل مختلف رشدی حشرات مختلف می‌بایست مناسب‌ترین طول موج با حداکثر جذب برای مرحله رشدی هر کدام از گونه‌ها 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 در حشره مورد آزمایش 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 (Huang et al., 2018).

تعیین مدل کالیبراسیون (Calibration model)

تعداد ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰، ۴۵ و ۵۰ عدد از مراحل مختلف رشدی تخم، لارو، شفیره و حشره کامل از سه گونه شپشه دنداندار، شب‌پره هندی و شب‌پره آرد جداسازی شدند. در هر مرحله قرائت پس از اعمال و تعریف طول موج‌های انتخابی حاصل از نتایج آزمایش، سه نمونه از هر

۷/۵×۸/۵ سانتی‌متر که در قسمت درب آن‌ها سوراخی جهت تهویه در نظر گرفته شده بود، روی خرمای رقم زاهدی انجام شد. برای تغذیه حشرات کامل شب‌پره‌ها در هنگام جفت‌گیری از مخلوط آب و عسل استفاده شد. به این صورت که یک فتیله‌ی پنبه‌ای تهیه شده را در نوک تیپ میکروپیپت قرار داده و مقداری از آب و عسل تهیه شده با سرنگ وارد آن گردید. فتیله‌ی تهیه شده سپس به دیواره‌ی ظرف پرورش چسبانده شد.

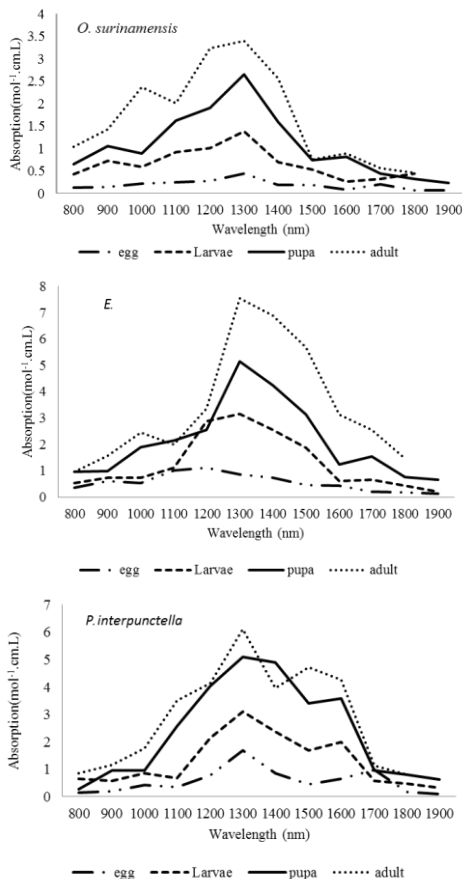
آماده‌سازی نمونه‌ها

۱۱۰ گرم از خرمای رقم زاهدی هسته‌گیری شده، قطعه قطعه شده و با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ وزن گردید و در ارلن یک لیتری حاوی محلول شامل ۲۰ گرم کلرید سدیم، ۳۰ میلی‌لیتر سود سوزآور و ۴۰ میلی‌لیتر آب ریخته شد. محتویات ارلن پس از ۱۰ دقیقه جوشاندن روی هیتر (Heater) از صافی عبور داده شد. سپس به ترتیب تعداد ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰، ۴۵ و ۵۰ عدد از مراحل مختلف رشدی (تخم، لارو، شفیره و حشره کامل) سه گونه شپشه دنداندار، شب‌پره هندی و شب‌پره آرد جداسازی شدند. مقدار ۲۵ میلی‌لیتر از عصاره (محلول حاوی مرحله رشدی به تعداد مشخص) به دست آمده در یک بشر کوچک ریخته شد و هر بار تعداد شمارش شده از هر مرحله رشدی به صورت جداگانه در هم‌وزنایزر قرار داده و با ۲۵ میلی‌لیتر عصاره مخلوط گردید. سپس سوسپانسیون حاصله با میکروپیپت به لوله‌های آزمایش منتقل شدند (Latifian et al., 2013 and 2015).

تعیین مناسب‌ترین طول موج برای تشخیص گونه و مراحل رشد نمونه دستگاه طیف سنج مورد استفاده در این پژوهش از نوع دستگاه طیف سنج ماورای بنفش قابل رویت (UV-Visible spectrophotometer) مدل کری ۱۰۰ اسکن (CARY 100 Scan) از شرکت واریان (VARIAN) بود. در این روش ابتدا تراکم ۲۵ عدد از هر مرحله رشدی و از هر گونه تهیه شد. طرز تهیه نمونه‌ها مشابه روش آماده‌سازی نمونه‌ها بود که در قسمت قبلی توضیح داده شده است. سپس برای صفر کردن دستگاه، سل (Cell) پر شده با آب مقطر جهت

نتایج

تعیین مناسب‌ترین طول موج برای تشخیص مراحل رشدی آفات تغییرات میزان جذب در تراکم ۲۵ عدد در کیلوگرم بر اساس طول موج‌های بین ۸۰۰ تا ۱۹۰۰ نانومتر در (شکل ۱)



شکل ۱- تغییرات میزان جذب بین طول موج‌های ۸۰۰ تا ۱۹۰۰ نانومتر برای مراحل رشدی شپشه دندانه‌دار، شب‌پره آرد و شب‌پره هندی در خرماي رقم زاهدی.

Fig. 1. Variation in the spectrophotometer absorption level for different development stages of sawtoothed beetle, flour moth and Indian moth in Zahedi date cultivar in the range of 800 to 1900 nm
 برای حشرات مورد آزمایش در مراحل رشدی مختلف رسم گردیده است. براساس نتایج به دست آمده حداکثر میزان جذب برای تخم لارو، شفیره و حشره کامل شپشه دندانه‌دار به ترتیب بین طول موج‌های ۱۱۰۰ تا ۱۳۰۰ نانومتر، ۱۲۰۰ تا ۱۴۰۰ نانومتر، ۱۱۰۰ تا ۱۴۰۰ نانومتر و ۱۰۰۰ تا ۱۴۰۰ نانومتر بوده است. این مقادیر برای تخم لارو، شفیره و حشره کامل

تراکم تهیه و درون دستگاه قرار داده شدند. اعداد جذب نمایش داده شده ذخیره شدند. کلیه آزمایش‌ها برای هر تراکم از مرحله رشدی حشرات سه بار تکرار گردید (Dudhe et al., 2017).

روش تحلیل داده‌ها

آزمایش مزبور در قالب طرح کاملاً تصادفی و به صورت فاکتوریل در دو سطح انجام شد. فاکتور اول در ۴ سطح شامل مراحل مختلف رشدی (تخم، لارو، شفیره و حشره کامل) و فاکتور دوم در ۱۰ سطح شامل ۱۰ تراکم مختلف (تعداد ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰، ۴۵ و ۵۰ عدد) از هر مرحله رشدی حشرات مورد آزمایش بود. آزمایش‌ها در سه تکرار انجام گردید. میانگین‌ها پس از تجزیه واریانس با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شدند.

پس از این مرحله رابطه بین سطح جذب هر مرحله رشدی در تراکم‌های مختلف آفات مورد آزمایش بررسی شد. برای تحلیل داده‌ها از روش آنالیز pls regression Partial least squares) استفاده شد. بر اساس این تجزیه و تحلیل مدل کالیبراسیون با استفاده از نرم‌افزار اکسل (Exell) بر مبنای مدل رگرسیون خطی طراحی شد (Arbogast and Mankin, 1999). شاخص‌های مورد استفاده در تحلیل داده‌ها به شرح زیر محاسبه گردیدند (Bowditch and Madden, 1996):

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

خطای معیار

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

تغییرات نسبی (RV= Relative Variation)

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

دقت نسبی شبکه

(RNP= Relative net precision)

در این روابط S انحراف معیار نمونه‌ها، n تعداد نمونه، \bar{x} میانگین نمونه‌برداری، $s_{\bar{x}}$ واریانس میانگین‌ها و C (cost per sample) هزینه نمونه‌برداری می‌باشد. در مدیریت تلفیقی آفات اگر RV و RNP به ترتیب کم‌تر از ۲۵ و ۱۰ باشند، روش نمونه‌برداری رضایت بخش تلقی می‌شود (Bowditch and Madden, 1996).

به ترتیب معادل ۱۳۰۰، ۱۳۶۰ و ۱۴۰۰ نانومتر و کم‌ترین آن مربوط به تخم و به ترتیب معادل ۱۲۲۰، ۱۲۱۰ و ۱۳۱۰ نانومتر بوده است. با توجه به طول موج‌های برآورد شده حد متوسط ۱۲۶۰، ۱۲۹۰ و ۱۳۵۰ نانومتر به ترتیب برای برآورد تراکم مراحل مختلف رشدی شپشه‌دندانه‌دار، شب پره آرد و شب پره هندی بر روی رقم زاهدی مناسب بوده است.

مقایسه میزان جذب دستگاه طیف سنجی در تعیین سطح آلودگی همان‌گونه که ملاحظه می‌شود بین میزان جذب دستگاه بر اساس نوع آفت ($df=2$ و $ms=209.94$)، مرحله رشدی ($df=6$ و $ms=21.08$) و اثرات متقابل آن‌ها ($df=3$ و $ms=399.15$)، در سطح احتمال یک درصد، اختلاف معنی‌دار وجود دارد. از آنجا که هدف از برآورد جذب، تعیین نوع آفت و مرحله رشدی می‌باشد، اثرات متقابل میانگین جذب این دو عامل با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شد که نتایج آن در شکل (۳) نشان داده شده است. براساس نتایج مقایسه میانگین جذب دستگاه طیف سنج در کلیه مراحل رشدی آفات مورد بررسی اختلاف معنی‌دار در میزان جذب وجود داشته و هیچ‌گونه همپوشانی مشاهده نشد. به عبارت دیگر با استفاده از این روش، امکان تشخیص نوع آفات و مرحله رشدی آن‌ها وجود دارد.

کالیبراسیون رابطه بین میزان جذب و تراکم جمعیت

برازش خطی منحنی کالیبراسیون ارتباط بین تراکم و جذب در چهار مرحله رشدی تخم، لارو، شفیره و حشره کامل برای سه آفت در شکل ۴ نشان داده شده است. بر اساس نتایج به دست آمده در چهار مرحله رشدی سه آفت، منحنی برازش شده دارای ضریب تبیین بالای ۹۰ درصد می‌باشد. خطای روش به ترتیب برای مرحله رشدی تخم، لارو، شفیره و حشره کامل شپشه‌دندانه‌دار معادل ۶، ۴، ۶ و ۲ درصد، شب پره آرد معادل ۲، ۵، ۱ و ۸ درصد و شب پره هندی معادل ۲، ۹، ۸ و ۹ درصد بوده است که نشان دهنده توانایی بالای روش در برآورد تراکم جمعیت آفات در هر چهار مرحله رشدی می‌باشد.

شب پره آرد به ترتیب بین طول موج‌های ۱۱۰۰ تا ۱۴۰۰ نانومتر، ۱۲۰۰ تا ۱۵۰۰ نانومتر، ۱۳۰۰ تا ۱۵۰۰ نانومتر و ۱۳۰۰ تا ۱۶۰۰ نانومتر و برای تخم لارو، شفیره و حشره کامل شب پره هندی به ترتیب بین طول موج‌های ۱۳۰۰ تا ۱۵۰۰ نانومتر، ۱۲۰۰ تا ۱۶۰۰ نانومتر، ۱۱۰۰ تا ۱۶۰۰ نانومتر و ۱۱۰۰ تا ۱۷۰۰ نانومتر بوده است.

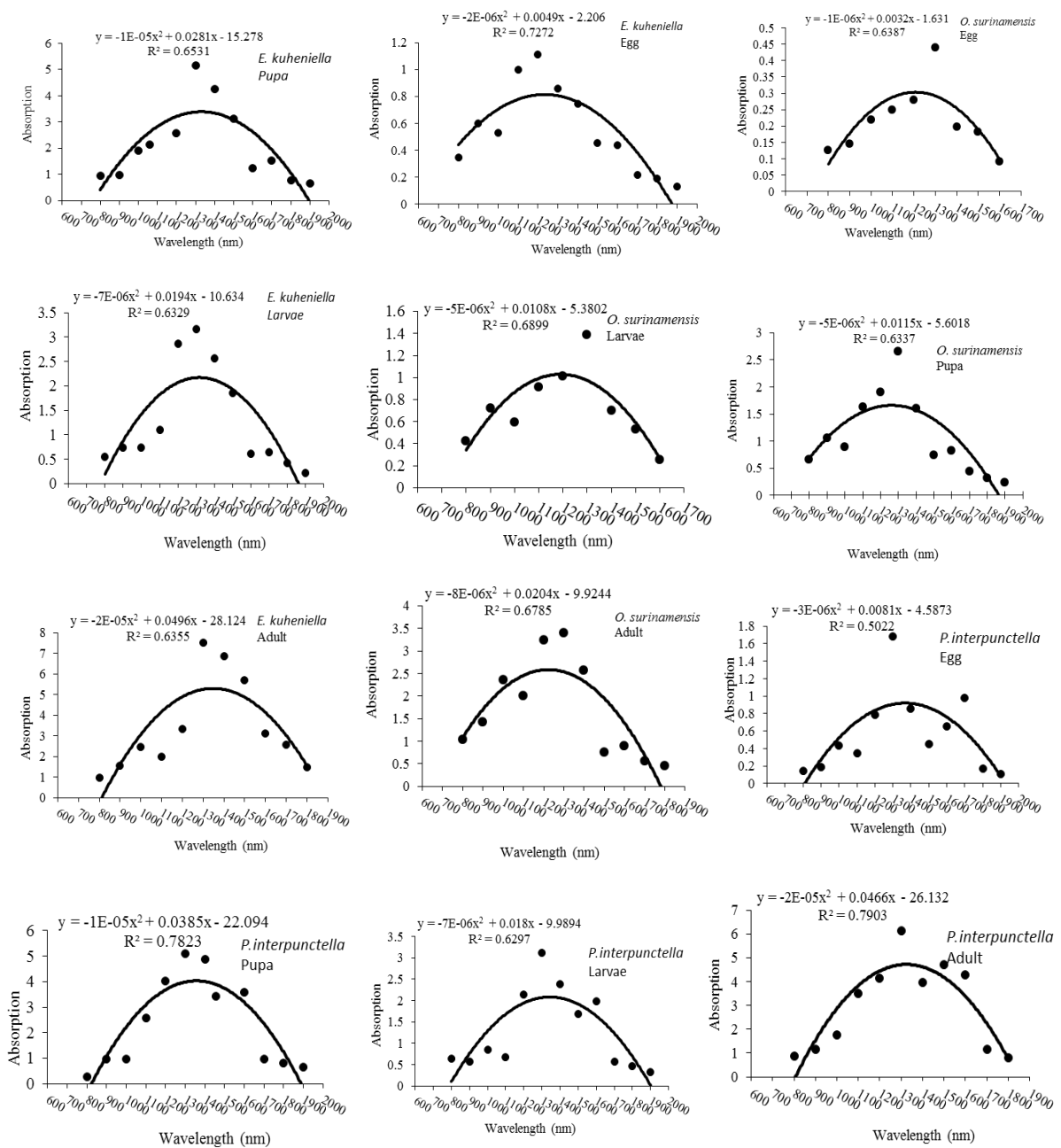
به منظور تعیین مناسب‌ترین طول موج رابطه درجه دوم بین طول موج و میزان جذب برازش شد که در (شکل ۲) نشان داده شده است. برای تعیین مناسب‌ترین طول موج، نقطه عطف منحنی محاسبه شد که معادل طول موجی است که در مدل نهایی حداکثر جذب را برای مرحله رشدی مورد نظر نشان می‌دهد. مناسب‌ترین طول موج محاسبه شده برای تشخیص مرحله رشدی و تراکم مربوط به آن براساس شکل ۲ محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۱ درج گردیده است.

جدول ۱- مناسب‌ترین طول موج محاسبه شده جهت تشخیص مراحل رشدی مختلف شپشه‌دندانه‌دار، شب پره آرد و شب پره هندی در خرما رقم زاهدی.

Table 1. The most appropriate wavelength for identification of growth stages of sawtoothed beetle, flour moth and Indian moth in date Zahedi cultivar.

Pests	Development stages	Wavelength (nm)
<i>Oryzaephilus surinamensis</i>	Egg	1220
	Larvae	1240
	Pupa	1280
<i>Ephestia kuhniella</i>	Adult	1300
	Egg	1210
	Larvae	1270
<i>Plodia interpunctella</i>	Pupa	1320
	Adult	1360
	Egg	1310
	Larvae	1340
	Pupa	1380
	Adult	1400

همان‌طور که در جدول ۱ ملاحظه می‌گردد، بالاترین طول موج برای رسیدن به حداکثر تشخیص برای مرحله حشره کامل شپشه‌دندانه‌دار، شب پره آرد و شب پره هندی



شکل ۲- منحنی‌های برازش رابطه بین طول موج با جذب در مراحل رشدی شیشه دنداندار، شب پره آرد و شب پره هندی در خرماي رقم زاهدی.

Fig. 2. Fitting curves of the relationship between wavelength and absorption for different development stages of sawtoothed beetle, flour moth and Indian moth in Zahedi date cultivar.

تعیین کارایی و تعداد نمونه

برای مقایسه تعداد نمونه لازم و کارایی روش طیف سنجی از دو شاخص RV و RNP استفاده شد که نتایج محاسبات انجام شده در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- محاسبه تعداد نمونه و کارایی طیف سنجی برای برآورد تراکم جمعیت مراحل رشدی شپشه دندانه‌دار، شب‌پره آرد و شب‌پره هندی در خرماي رقم زاهدی

Table 2. The sample size and spectrophotometric efficiency for estimating population density of the different development stages of sawtoothed beetle, flour moth and Indian moth in Zahedi date cultivar.

Pests	Development stages	S ²	\bar{x}	$\frac{S}{\bar{x}}$	C	RV	RNP	Number of samples
<i>O. surinaemensis</i>	Egg	0.52	11.83	0.15	2	1.26	39.79	1
	Larvae	2.63	27.42	0.76	2	2.77	18.06	2
	Pupa	0.45	8.5	0.13	2	1.54	32.39	1
	Adult	0.62	8.08	0.18	2	2.25	22.27	2
<i>E. kuhniella</i>	Egg	0.87	42.5	0.87	2	2.04	24.54	1
	Larvae	1.15	18.32	0.33	2	1.81	27.58	3
	Pupa	1.17	8.92	0.34	2	3.80	13.15	3
<i>P. interpunctella</i>	Egg	2.99	63.08	0.86	2	1.37	36.51	1
	Larvae	2.08	28.58	0.60	2	2.10	23.76	1
	Pupa	0.99	9.08	0.29	2	3.15	15.85	2
	Adult	1.18	7.5	0.34	2	4.54	10.99	3

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، روش طیف سنجی در برآورد تراکم جمعیت چهار مرحله رشدی دارای RV کوچک‌تر از ۱۰ می‌باشد. بنابراین می‌توان از این روش در برآورد تراکم جمعیت مراحل مختلف رشدی حشرات مورد مطالعه در موارد تحقیقاتی و کاربردی استفاده نمود. این روش در ۸ مورد از ۱۲ مورد دارای RNP کوچک‌تر از ۲۵ نیز بود. بنابراین این روش نه تنها از لحاظ دقت بلکه از نظر هزینه نیز دارای مزیت نسبی می‌باشد.

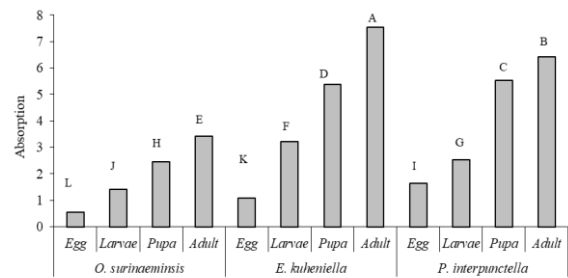


Figure 3. Mean comparison of absorption of spectrophotometer device for different development stages of sawtoothed beetle, flour moth and Indian moth in date Zahedi cultivar

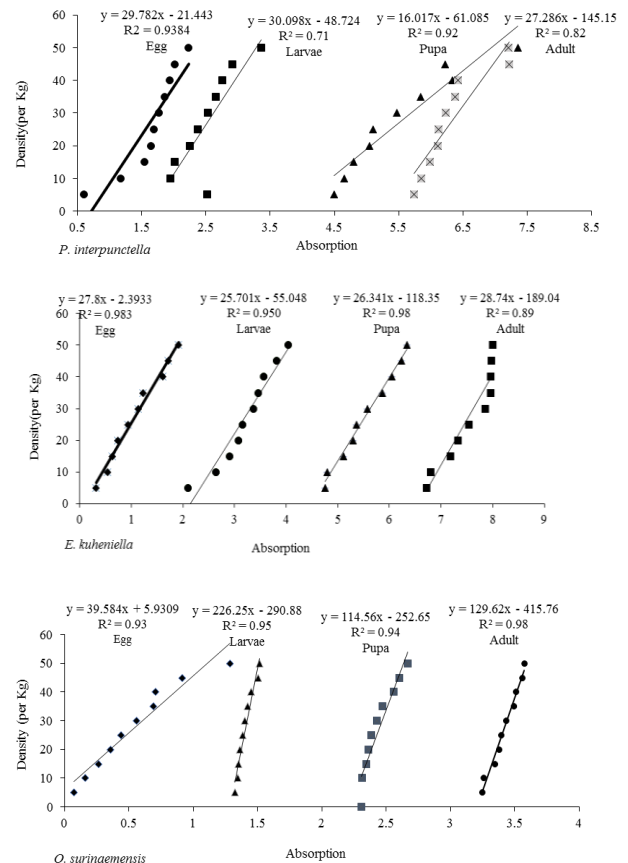


Fig. 2. Fitting curves of the relationship between absorption and density for growth stages of sawtoothed beetle, flour moth and Indian moth in date Zahedi cultivar.

بحث

نتایج این پژوهش نشان داد که هیچ‌گونه هم‌پوشانی از نظر میزان جذب بین مراحل مختلف رشدی سه گونه آفت انباری مورد مطالعه در خرما در رقم زاهدی وجود ندارد. به عبارت دیگر روش طیف سنجی دارای توانایی تشخیص نوع گونه و مراحل مختلف رشدی آن در خرما در رقم زاهدی می‌باشد. نکته دیگر برآورد دقت روش در تشخیص گونه و مراحل مختلف رشدی است. ضریب تبیین مدل که بیان‌گر قدرت تشخیص مراحل مختلف رشدی آفات مختلف است، بالاتر از ۰/۵ بود که نشانگر مناسب بودن طول موج حداکثر جذب برای تشخیص است.

مطالعات مشابه متعددی توسط سایر پژوهشگران در رابطه با طول موج حداکثر جذب برای آفات انباری مختلف روی محصولات مختلف انباری انجام شده است. به عنوان مثال طول موج ۱۱۰۰ نانومتر برای تشخیص *Ahasverus advena*، ۱۴۵۰ تا ۱۴۴۰ نانومتر برای تشخیص حشرات بالغ *O. surinamensis* در غلات انباری، ۱۰۱۴ نانومتر برای *S. granaries* در ذرت، ۱۶۸۰ نانومتر برای *R. doménica* در غلات انباری مناسب تشخیص داده شده‌اند (Chambers and Ridgway 1996). روش طیف سنجی برای تعیین سطح تراکم و تشخیص گونه‌های حشرات در گندم انباری با موفقیت استفاده شده است. در غلات از طیف سنجی در شناسایی آفات مختلفی از جمله *O. oryzaephilus meicator* (Fauvel), *O. Tribolium Cryptolestes pusillus* (Schönherr), *suranamensis*, *T. castaneum*, *P. truncatus*, *Sitophilus confusum* (Duval), *Sitophilus granarius* *S. oryzae*, (Motschulsky). *zaemais*, استفاده شده است (Perez-Mendoza et al., 2003, Burks et al., 2000; Chambers and Ridgway, 1996; 1998, 2001; Dowell et al., 1998; Chambers et al., 1998). در پژوهش حاضر طول موج ۱۳۰۰ نانومتر برای تشخیص حشرات بالغ *O. surinamensis* مناسب تشخیص داده شد که حدود ۱۵۰ نانومتر اختلاف نشان می‌دهد. علت اختلاف می‌تواند به تفاوت در محیط

غذایی محل فعالیت آفت مربوط شود که در خرما در رقم زاهدی باعث کاهش طول موج حداکثر جذب گردیده است. در رقم کبکاب بیشترین و کمترین قدرت تشخیص به ترتیب در مرحله حشره کامل و تخم گزارش شده است (Heidary et al., 2014) در حالی که در این آزمایش در رقم زاهدی در مراحل رشدی تخم و لارو بیشترین توانایی تشخیص وجود داشت.

در روش طیف سنجی تعداد نمونه برداری کمی برای دستیابی به دقت کافی مهم است به طوری که در اکثر مواقع این تعداد از سه نمونه تجاوز نمی‌کند. به هر حال با افزایش مرحله رشدی تعداد نمونه لازم نیز افزایش پیدا می‌کند. بر همین اساس در این روش مرحله رشدی تخم حداقل و حشره کامل حداکثر تعداد نمونه لازم را به خود اختصاص داده است. این موضوع به افزایش تفاوت ترکیب جلد بدن حشره مربوط می‌شود. زیرا عمده پرتوها در محدوده طول موج دستگاه توسط کیتین جذب می‌شوند. با افزایش تراکم جمعیت در نمونه گرچه احتمال قدرت تشخیص زیادتر می‌شود اما احتمال بروز خطا نیز زیاد شده و نیاز به تکرار نمونه برداری افزایش می‌یابد.

در روش طیف سنجی به همان ترتیبی که نمونه برداری حائز اهمیت است، اندازه‌گیری نمونه نیز مهم می‌باشد. در این روش اندازه‌گیری مؤلفه‌های جمعیت در دو مرحله انجام می‌شود. در مرحله اول جذب توسط دستگاه خوانده می‌شود. در مرحله دوم به کمک منحنی کالیبراسیون عدد جذب به تراکم جمعیت تبدیل می‌گردد. در فاز اول که فاز قرائت جذب است، عملیات دستگاهی به صورت دیجیتالی و با دقت ۰/۰۰۰۰۱ انجام شده و با اطمینان بالا از کیفیت داده‌ها می‌توان آن‌ها را کد گذاری و برای پردازش وارد معادله منحنی کالیبراسیون نمود. در این فاز آشنایی کارشناس اندازه‌گیری با روش‌های طیف سنجی برای جمع‌آوری داده‌های معتبر و قابل اعتماد لازم است. این کار مستلزم اجرای دوره آموزش کار با دستگاه طیف سنج می‌باشد. تخمین تراکم از روی جذب با

مراحل رشدی آفات مورد مطالعه به کار برد. اما نکته مهم‌تر این است که بالاترین دقت و کم‌ترین هزینه در این روش مربوط به مراحل رشدی پنهان است. این نکته نیز روش طیف سنجی را از سایر روش‌ها نظیر تکنیک پی سی سی (PCR) و الایزا (ELIZA) متمایز می‌کند. زیرا سایر روش‌ها هزینه بسیار بالایی داشته و از دقت بالاتری نسبت به این روش برخوردار نیستند (Sola, 2016).

پژوهش‌های مشابهی به منظور تخمین جمعیت شپشه دندانه‌دار و شب پره مدیترانه‌ای آرد در خرماي رقم صادراتی سایر با استفاده از روش طیف سنجی توسط سایر پژوهشگران انجام شده است. در این پژوهش‌ها نیز در تمام موارد خطای نمونه برداری RV کم‌تر از ۱۰ و RNP بیشتر از ۲۵ بوده که مشابه یافته‌های پژوهش حاضر می باشد (Latifian et al., 2013; Latifian and Rad, 2015). نتایج این پژوهش نشان داد که روش طیف سنجی را می‌توان برای تشخیص و تعیین تراکم جمعیت مراحل پنهان، لاروهای بزرگ، شفیره‌ها و حشرات کامل آفات انباری شپشه دندانه‌دار، شب پره مدیترانه‌ای آرد و شب پره هندی در میوه خرماي رقم زاهدی استفاده کرد. در شرایط کاربردی لازم است پژوهش‌های بیشتری برای بررسی اثرات کیفیت خرما و تفاوت جمعیت‌های آفات انباری در مناطق مختلف کشور انجام شود تا تأثیر آنها در صحت و دقت روش طیف سنجی مشخص گردد.

استفاده از منحنی کالیبراسیون نیز دارای حدود اطمینانی است. برازش‌های انجام شده در قسمت نتایج حاکی از استاندارد بودن منحنی‌های کالیبراسیون است. زیرا در تمام موارد ضریب تبیین بالای ۰/۹ نشان داده‌اند. به عبارت دیگر احتمال بروز خطای ناشی از این مرحله از تبدیل مؤلفه‌های جمعیت شناختی کم‌تر از ۱۰ درصد بوده که به کارگیری آن را در برنامه نمونه برداری از جمعیت شپشه دندانه دار، شب پره آرد و شب پره هندی قابل قبول می‌نماید.

در این پژوهش شاخص دقت نمونه برداری برای تمام مراحل مختلف رشدی سه آفت انباری مورد مطالعه مناسب بوده و از حد مجاز که معادل ۱۰ در نظر گرفته شده بسیار پایین‌تر بوده است. نکته مهم و قابل توجه که روش طیف سنجی را از سایر روش‌ها متمایز می‌کند، دقت این روش در ارزیابی مراحل پنهان نظیر تخم و شفیره است که در این روش حتی از دقت بالاتری نسبت به مراحل آشکار نظیر لارو و حشره کامل برخوردار است. این موضوع به کارگیری روش طیف سنجی را در موارد خاص نظیر گمرکات و پست‌های قرنطینه به عنوان روشی ایده آل پر رنگ می‌نماید.

شاخص RNP ارزیابی شده برای مراحل رشدی شپشه دندانه دار، شب پره آرد و شب پره هندی در خرماي رقم زاهدی بیشتر از حداقل مورد نیاز بوده و این موضوع بیانگر این است که این روش را می‌توان برای ارزیابی تراکم جمعیت

References

- (Lepidoptera: Pyralidae) in a confectionary factory: Causal factors and management implications. *Journal of Stored Products Research*. 32, 123-130.
- BURKS, C. S., DOWELL, F. E., and XIE, F. 2000. Measuring fig quality using near-infrared spectroscopy. *Journal of Stored Products Research*. 36, 289-296.
- 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.
- ARBOGAST, R. T. and MAKIN, 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 and Technology, Chengdu, China.
- BOWDITCH, T. G. and MADDEN, J. L. 1996. Spatial and temporal distribution of *Ephestia cautella* (Walker)

- CHAMBERS, J. and RIDGWAY, C. 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.
- CHAMBERS, J. and RIDGWAY, C. and DAVIES, E. R. 2001. Design of an Integrated Machine Vision System Capable of Detecting Hidden Infestation in Wheat Grains. Home-Grown Cereals Authority Project report no. 262. London, UK.
- 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. *Journal of Economic Entomology*, 91, 899-904.
- DUDHE P.B., CHAVARE P. D., and SHELKE P. S. 2017. Spectrophotometric Determination of Febuxostat from Bulk and Tablet Dosage Form by Area Under Curve Method, *International Journal of ChemTech Research*, 10 (6): 183-189.
- HEIDARY, N. LATIFIAN, M., and FALLAHZADEH, M. 2014. The spectrophotometry method to evaluating in the infestation level of developmental stages of *Ephestia kuheniella* in type date palm Kabkab. *Plant Protection Journal*. 6(1): 17-28.
- HUANG, J. DONG, M. LU, S. LI, W. Lu, J. LIU, C. YOO, J.H. 2018. Estimation of the mechanical properties of steel via LIBS combined with canonical correlation analysis (CCA) and support vector regression (SVR). *JAAS*, 33, 720-729.
- JINENDRA, B., TAMAKI, K., KUROKI, S., VASSILEVA, M., YOSHIDA, S. and TSENKOVA, R. 2010. Near infrared spectroscopy and aquaphotomics: Novel approach for rapid in vivo diagnosis of virus infected soybean. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 397: 685-90.
- LATIFIAN, M. RAD, B. and GHAMARI, M. 2013. Determination the population density of different development stages of Mediterranean meal moth *Ephestia kuheniella* Zell. in Date fruit Sayer cultivar based on spectrophotometry. *Journal of Plant Protection*, 27(4), 491-510. (in Persian with English summary)
- LATIFIAN, M. and RAD, B. 2015. Determination of the population densities of different development stages of Sawtoothed beetle *Oryzaephilus surinamensis* L. in Date fruit) Sayer cultivar basing spectrophotometry method. *Journal of Entomology Research*. 6(4): 353-365. (in Persian with English summary)
- LU, J., ZHOU, M., GAO, Y., and JIANG, H. 2017. Using hyperspectral imaging to discriminate yellow leaf curl disease in tomato leaves. *Precision Agriculture*, 1-16.
- MAHLEIN, A. K. 2016. Plant disease detection by imaging sensors parallels and specific demand for precision agriculture and plant phenotyping. *Plant disease*, 100: 241-251.
- MORRISON, W. R. BRUCE, A. WILKINS, R. V. and ALBIN, C. E. 2019. Influences of Stored Product Insect Movements on Integrated Pest Management Decisions. *Insects*. 77(10): 1-20.
- NAIDU, R. A., PERRY, E. M., PIERCE, F. J. and MEKURIA, T. 2009. The potential of spectral reflectance technique for detecting Grapevine leafroll-associated virus-3 in two red-berried wine grape cultivars. *Computers and Electronics in Agriculture*, 66: 38-45.
- 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. *Journal of Stored Products Research*. 39, 305-312.
- 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. Paper presented at the 2001 ASAE Annual International Meeting, California, July 30-Aug. 1, 2001.
- SANKARAN, S., MISHRA, A., EHSANI, R. and DAVIS, C. 2010. A review of advanced techniques for detecting plant diseases. *Computers and Electronics in Agriculture*, 72: 1-13.

- SOLA, M. 2016. Detection, identification, and quantification of insect infestation in stored products using PCR approaches. 10.1603/ICE.2016.111999.
- 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.
- 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. *Journal of Agricultural Science*, 107, 439-448.
- WILKIN, D. R. and FLEURAT-LESSARD, F. 1991. The detection of insects in grain using conventional sampling spears. In "Proceedings of the 5th International Working Conference on Storedproduct Protection" (F. Fleurat-Lessard and P. Ducom, eds), pp. 1445-1453. Bordeaux, France.
- WILLIAMS, P. and NORRIS, K. 2001. "Near-infrared Technology in the Agricultural and Food Industries". American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
- ZAYAS, I. Y. and FLINN, P. W. 1998. Detection of insects in bulk wheat samples with machine vision. *Transactions of the ASAE*, 41, 883-888.