

## بررسی ترجیح میزبانی و تغذیه لاروهای پروانه برگ‌خوار *Spodoptera littoralis* در چهار رقم چغندر قند در شرایط آزمایشگاهی

### Study on host preference and leaf damage of *Spodoptera littoralis* larvae in four sugar beet cultivars under laboratory conditions

عباس محمدی خرم آبادی\*<sup>۱</sup> و احمد ارزانی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۸۸/۱/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۲/۱۹

ع. محمدی خرم آبادی و ا. ارزانی. ۱۳۸۹. بررسی ترجیح میزبانی و تغذیه لاروهای پروانه برگ‌خوار *Spodoptera littoralis* در چهار رقم چغندر قند در شرایط آزمایشگاهی. مجله چغندر قند ۲۶(۱): ۴۳-۵۱

#### چکیده

پروانه برگ‌خوار چغندر قند (*Spodoptera littoralis* (Boisduval)) یکی از حشرات خسارت‌زای مهم چغندر قند در جنوب ایران است. استفاده از میزبان مقاوم یکی از اجزاء مهم مدیریت تلفیقی این آفت محسوب می‌شود. با توجه به مشکلات ناشی از ارزیابی مزرعه‌ای مقاومت رقم‌های چغندر قند، در تحقیق حاضر از دیسک‌های برگ‌ی و برگ کامل بریده‌شده چهار رقم چغندر قند شامل ۷۲۳۲، رسول، شیرین و جلگه در شرایط آزمایشگاهی استفاده شد. آزمون ترجیح میزبانی لاروهای نئونات با دیسک‌های برگ‌ی دایره‌ای شکل به قطر ۱۵ میلی‌متر روی کاغذ صافی در داخل تشتک پتری به قطر ۱۰ سانتی‌متر در پنج تکرار و با رهاسازی ۲۰ لارو صورت گرفت. در آزمایش بررسی خسارت لاروها روی رقم‌های چغندر قند، میزان خوردگی برگ کامل بریده‌شده در محیط آگار-آگار سه درصد داخل بشر ۵۰۰ میلی‌لیتری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار و پنج لارو اندازه‌گیری شد. پایان آزمایش زمانی بود که اولین برگ بیش از ۹۰ درصد مورد تغذیه قرار گرفت. درصد بقاء لاروها، وزن کل لاروها و متوسط وزن لاروها در هر بشر در پایان آزمایش اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد اگرچه رقم‌های مورد آزمایش از نظر ترجیح میزبانی لاروهای سن یک حشره تفاوت معنی‌داری نداشتند، ولی اختلاف میانگین خسارت لاروها روی رقم‌های آزمایشی معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) بود. رقم‌های ۷۲۳۲ و جلگه با میانگین ۵/۲۵ و رقم شیرین با میانگین ۸/۵ به ترتیب کمترین و بیشترین میزان خسارت را نشان دادند. درصد بقاء و وزن لاروها در رقم‌ها تفاوت معنی‌داری نداشت. با توجه به نتایج این مطالعه، ضمن ادامه تحقیقات در این زمینه، می‌توان از روش برگ‌بریده در زمان کوتاه و با هزینه کم جهت ارزیابی گسترده و غربال ژرم‌پلاسم چغندر قند استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: برگ‌بریده، ترجیح میزبانی، چغندر قند، دیسک‌های برگ‌ی، مقاومت، *Spodoptera littoralis*

۱- مربی پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب - نویسنده مسئول Mohamadk@shirazu.ac.ir

۲- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

## مقدمه

ارزیابی مقاومت رقم‌های چغندر قند به این حشره در شرایط مزرعه‌ای مستلزم صرف زمان و هزینه زیاد است و به دلیل وجود سایر حشرات خسارت‌زا مانند پروانه گاما، پروانه کارادرینا، بید چغندر قند و زنجرف‌ها، هم چنین تغییرات تراکم حشره در طول فصل، کاری مشکل است و نتیجه حاصل نیز قابل اطمینان نیست. علاوه بر این، به دلیل توارث چندژنی (کمی) و منابع محدود مقاومت ژنتیکی در ذخایر توارثی این گیاه و پیچیدگی‌های تولیدمثلی مانند آلوگامی و ناسازگاری باعث شده است تا برنامه‌های به‌نژادی برای مقاومت به حشرات خسارت‌زای این محصول از طریق روش‌های معمولی با مشکلات زیادی همراه باشد (Jafari et al. 2009). با این وجود، بررسی‌های متعددی روی گیاهان دیگر در زمینه مقاومت به این حشره صورت گرفته است (Stotz et al. 2002; Anderson et al. 2001; Heil et al. 2002). با توجه به این که امروزه روش‌های آزمایشگاهی سریع با استفاده از قسمت‌های بریده برگ گیاهان در بررسی مقاومت گیاهان به حشرات متعلق به این خانواده ابداع و به‌کار رفته است (Sharma et al. 2005; Rajapakse and Walter 2007) و نظر به لزوم پژوهش‌های بیشتر روی مقاومت ژرم‌پلاسما چغندر قند به این حشره، پژوهش حاضر به بررسی مقاومت چهار رقم چغندر قند با بهره‌گیری از دیسک‌های برگ و برگ کامل بریده‌شده در شرایط آزمایشگاهی پرداخته است.

پروانه برگ‌خوار چغندر قند *Spodoptera littoralis* (Boisduval) یکی از حشرات مهم با دامنه میزبانی وسیع شامل گیاهان زراعی مهمی چون پنبه، چغندر قند، تنباکو، سویا و بسیاری از سبزیجات در کشورهای آفریقایی و مدیترانه‌ای است (Mushtaq et al. 2008). در ایران، این حشره در نواحی خوزستان، فارس و گرگان روی چغندر قند انتشار داشته و تغذیه آن به‌ویژه در فصل پاییز از برگ‌ها باعث خسارت سنگین می‌شود (خیری ۱۳۷۰). طغیان این حشره و کاهش جمعیت آن با استفاده گسترده از حشره‌کش‌های مختلف موجب آلودگی محیط زیست، کاهش جمعیت دشمنان طبیعی و برهم خوردن تعادل اکولوژیک و مقاومت سریع این حشره به حشره‌کش‌ها شده است (Mushtaq et al. 2008). بنابراین، استفاده از روش‌های بیولوژیک و رقم‌های مقاوم در مدیریت تلفیقی این آفت از جایگاه ویژه‌ای برخوردار بوده و مورد توجه محققین قرار گرفته است. با وجود آن که امروزه تولید و کاشت گیاهان تراریخته مانند پنبه، توتون و چغندر قند، راه‌کاری اساسی و نوین در کنترل این آفت محسوب می‌شود (Jafari et al. 2006; Khan et al. 2009)، اما شناسایی و استفاده از رقم‌های مقاوم یا متحمل به این آفت به‌عنوان یک روش کارآ و از لحاظ زیست‌محیطی و اکولوژیک پایدار مدنظر قرار دارد (Sharma et al. 2005).

## مواد و روش‌ها

### مواد گیاهی

در این مطالعه از چهار رقم چغندرقد که از مؤسسه تحقیقات چغندرقد تهیه شده بود، استفاده شد. رقم‌های انتخابی شامل ۷۲۳۲، رسول، شیرین و جلگه بودند که در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در اردیبهشت سال ۱۳۸۷ کاشته شدند

لاروهای سن آخر پروانه *S. littoralis* از مزرعه چغندرقد (رقم زرقان) در دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب گردآوری شدند. لاروهای گردآوری شده در ظروفی که کف آن‌ها تا ارتفاع پنج سانتی‌متر با خاک پُر شده بود، به داخل انکوباتور با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۷۰-۶۰ درصد انتقال یافتند. پروانه‌ها پس از ظهور با آب‌عسل ۱۰ درصد تغذیه و پس از تخم‌ریزی روی دیواره ظروف پرورشی، دستجات تخم در انکوباتور نگهداری شدند تا لاروهای سن یک ظاهر شوند (Sharma et al. 2005; Rajapakse and Walter 2007).

### بررسی ترجیح میزبانی لاروهای نئونات به رقم‌های مختلف

یک دیسک برگی دایره‌ای شکل به قطر ۱۵ میلی‌متر از برگ‌های تازه هر رقم جدا شده و روی کاغذ صافی به قطر ۱۰ سانتی‌متر و درون یک تشتک پتری به قطر ۱۰ سانتی‌متر به صورت کاملاً تصادفی قرار داده

شد. هر کدام از دیسک‌های برگی به فاصله یکسان از مرکز تشتک پتری و در گوشه آن قرار گرفتند (در هر تشتک پتری، چهار دیسک برگی). سپس ۲۰ لارو سن یک گرسنه با عمر ۲۴ ساعت، بدون تغذیه قبلی در تاریخ ۸۷/۸/۲۷ در مرکز هر تشتک پتری رهاسازی شد. در این مطالعه، پنج تکرار (هر تشتک پتری به عنوان یک تکرار) و ۲۰ لارو در هر تکرار مورد استفاده قرار گرفت. در تشتک پتری‌ها به منظور حفظ رطوبت و جلوگیری از فرار لاروها به وسیله پارافیلیم پوشانده شد و به درون انکوباتور با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و بدون روشنایی انتقال یافت. حذف روشنایی به این دلیل بود که از تأثیر مستقیم نور روی حرکت لاروها جلوگیری شود (Rajapakse and Walter 2007). تشتک پتری‌ها به مدت ۲۴ ساعت و با رطوبت ۷۰ درصد در انکوباتور نگهداری شدند. پس از آن، لاروهای موجود روی هر دیسک برگی شمارش شد. تعداد لاروها به عنوان شاخص ترجیح میزبانی در نظر گرفته شد.

### بررسی خسارت لاروهای *S. littoralis* روی رقم‌های مختلف چغندرقد

به منظور ارزیابی خسارت لاروهای این حشره روی برگ، از برگ‌های تازه گیاه استفاده شد. بدین ترتیب که برگ‌هایی با اندازه تقریباً یکسان از مزرعه‌ای که این رقم‌ها در آن کاشته شده بودند، با تیغ تیز بریده و فوراً در محیط کشت (بشر ۵۰۰ میلی‌لیتری محتوی آگار—آگار سه درصد) قرار داده شدند. جهت ارزیابی از طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار استفاده شد. آزمون با لارو

تعداد رهاسازی شده محاسبه شد. علاوه بر این، لاروهای درون هر بشر از منابع غذایی ( برگ رقم‌های چغندر قند) جدا و درون تشتک پتری بدون غذا قرار دادند و پس از چهار ساعت با ترازوی دیجیتالی وزن شدند. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS 11.00 و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن صورت گرفت.

## نتایج

### نتایج رهاسازی لاروهای نئونات

رقم‌های مورد آزمایش از نظر ترجیح میزبانی لاروهای سن یک تفاوت معنی‌داری نداشتند ( $F=0.226$ ,  $df=3$ ,  $P<0.877$ ). میانگین تعداد لاروهای نئونات از  $1/21 \pm 4/2$  روی رقم شیرین تا  $5/6 \pm 1/21$  روی رقم جلگه متغیر بود (جدول ۱).

سن یک شروع شد و درون هر بشر، پنج عدد لارو سن یک روی هر برگ رهاسازی شد. انتخاب پنج لارو به منظور جلوگیری از ازدحام لاروها و هم‌خواری احتمالی بود. سپس روی بشرها، با پارافیلیم پوشانده شد تا ضمن حفظ رطوبت و تازگی برگ‌ها از فرار لاروها جلوگیری به عمل آید. بشرها درون انکوباتور با دمای  $25$  درجه سانتی‌گراد، رطوبت  $65-75$  درصد و دوره نوری  $12:12$  ساعت قرار داده شد (Sharma et al. 2005). پایان آزمایش زمانی بود که اولین برگ موجود در بشرها، بیش از  $90$  درصد توسط لاروها مورد تغذیه قرار گیرد. سپس برگ‌های هر رقم بر اساس میزان خوردگی و به صورت مشاهده‌ای در رده‌های یک تا نه قرار گرفت (یک کمتر از  $10$  درصد و نه بیش از  $90$  درصد). تعداد لاروهای زنده موجود در هر بشر شمارش و درصد بقاء لاروها نسبت به

جدول ۱ مقایسه میانگین رقم‌های چغندر قند از لحاظ ترجیح میزبانی لاروهای نئونات *S. littoralis* پس از  $24$  ساعت استقرار

روی دیسک‌های برگ‌های آن‌ها

رقم	میانگین تعداد لارو روی برگ $\pm$ خطای استاندارد
۷۲۳۲	$5 \pm 1/21^a$
رسول	$5 \pm 1/21^a$
شیرین	$4/2 \pm 1/21^a$
جلگه	$5/6 \pm 1/21^a$

میانگین‌ها با حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار آماری هستند.

معنی‌داری وجود نداشت ( $F=0.007$ ,  $df=4$ ,  $P<1.000$ ). این موضوع نشان‌دهنده عدم وجود هم‌خواری در بین لاروها و شرایط یکسان بین بلوک‌ها بود.

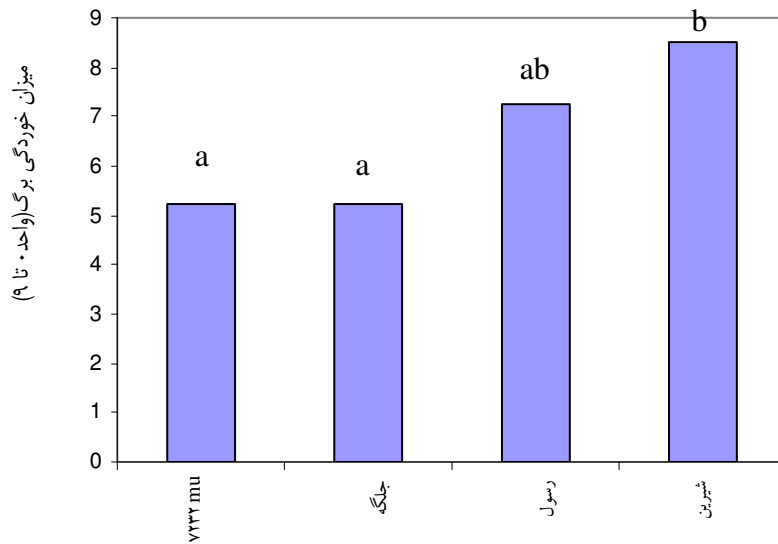
تعداد لاروهای رهاسازی شده با تعداد لاروهای شمارش شده پس از  $24$  ساعت در هر تشتک پتری مساوی بود. ضمن این که بین تشتک پتری‌ها (بلوک‌ها) نیز اختلاف

## نتایج آزمون بررسی خسارت لاروهای

*S. littoralis* روی رقم‌ها مختلف چغندرقد

اختلاف تغذیه برگی لاروها روی رقم‌های مورد آزمایش معنی‌دار بود. بدین ترتیب رقم‌های مورد آزمایش از لحاظ ترجیح میزبانی لاروهای سن یک تفاوت معنی‌داری داشتند ( $F= 3.928, df= 3, P< 0.036$ ). میانگین خسارت لاروها از ۵/۲۵ در رقم‌های ۷۲۳۲ و جلگه تا ۸/۵ در رقم شیرین متغیر بود (بر اساس معیار دسته‌بندی صفر تا نه) (شکل ۱). رقم‌های مورد مطالعه از نظر درصد بقاء لاروها در طول آزمایش اختلاف معنی‌داری نداشتند

( $F= 0.515, df= 3, P<0.68$ )، در حالی که وزن کل لاروهای موجود در هر بشر در رقم‌های مختلف در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). میانگین وزن کل لاروها در رقم ۷۲۳۲ با ۰/۳۸۵ گرم و رقم شیرین با ۰/۷۷۸ گرم به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را دارا بود (جدول ۲). متوسط وزن لاروها روی رقم‌های مختلف از ۰/۰۷۸ گرم روی رقم ۷۲۳۲ تا ۰/۱۴۴ گرم روی رقم جلگه متغیر بود، اگرچه اختلاف آن‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود ( $F= 2.605, df= 3, P<0.10$ ) (جدول ۲).



ارقام چغندرقد

شکل ۱ تغییرات میانگین ارقام چغندرقد از لحاظ معیار تغذیه برگی لاروهای *S. littoralis*

جدول ۲ گروه‌بندی میانگین رقم‌های چغندرقدند از لحاظ میزان خسارت، وزن کل لاروها و متوسط وزن لاروها

رقم	میزان خسارت روی برگ (واحد ۰ تا ۹)	درصد بقاء لاروها	وزن کل لاروها در هر بشر (گرم)	متوسط وزن لاروها در هر بشر (گرم / لارو)
۷۲۳۲	۵/۲۵ <sup>a</sup>	۸۷/۴۷۵ <sup>a</sup>	۰/۳۸۵ <sup>a</sup>	۰/۰۷۸ <sup>a</sup>
رسول	۷/۲۵ <sup>ab</sup>	۷۹/۱ <sup>a</sup>	۰/۵۳۲۵ <sup>ab</sup>	۰/۱۰۴۳ <sup>ab</sup>
شیرین	۸/۵ <sup>b</sup>	۹۱/۶۵ <sup>a</sup>	۰/۷۷۷۵ <sup>b</sup>	۰/۱۴۴۰ <sup>b</sup>
جلگه	۵/۲۵ <sup>a</sup>	۸۷/۴۷۵ <sup>a</sup>	۰/۷۷۷۵ <sup>ab</sup>	۰/۱۱۳۵ <sup>ab</sup>

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مختلف تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال پنج درصد دارند.

میزان خسارت روی برگ بر اساس ارزیابی از صفر تا نه می‌باشد.

## بحث

مهم ارزیابی کردند. علاوه بر این، استوتز و همکاران (Stotz et al. 2002) نیز نشان دادند که تیمار نوع وحشی آرابیدوپسیس (*Arabidopsis thaliana*) با جاسمونیک اسید مقاومت به *S. littoralis* را افزایش می‌دهد. بنابراین به نظر می‌رسد انجام پژوهش‌های تکمیلی در این زمینه مثمرتر باشد.

وزن متوسط و کل لاروها در هر بشر نیز در رقم ۷۲۳۲ در مقایسه با سایر رقم‌ها پایین‌تر بود. پایین بودن وزن لاروها، یکی از شاخص‌های مهم است و به دلیل دارا بودن اثرات تجمعی می‌تواند در نسل‌های بعدی از طریق ایجاد پروانه‌هایی با جثه کوچک‌تر و در نهایت، کاهش زادآوری و جمعیت حشره نقش ویژه‌ای ایفا کند. علاوه بر این، لاروهای کوچک‌تر، احتمالاً مقاومت کمتری در برابر دشمنان طبیع دارند و در برخی موارد،

نتایج این مطالعه نشان داد که علی‌رغم عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین رقم‌های آزمایشی از نظر ترجیح میزبانی لاروهای سن یک، میزان خسارت رقم‌ها و تغذیه لاروها روی رقم‌ها، متفاوت و معنی‌دار بود. میزان خسارت کمتر دو رقم ۷۲۳۲ و جلگه در مقایسه با دو رقم دیگر مورد مطالعه، مؤید تفاوت احتمالی ساختاری و عملکردی گیاه میزبان است که شناسایی و استفاده از عوامل ایجادکننده این تفاوت‌ها می‌تواند در برنامه‌های ایجاد رقم‌های مقاوم چغندرقدند به این حشره، بسیار مفید و حائز اهمیت باشد. در میزبان‌های دیگر این حشره عواملی مانند تانن‌ها مورد مطالعه قرار گرفته و اهمیت آنها روشن شده است (Heil et al. 2002). در بررسی مقاومت گیاه یونجه به این حشره آگرل و همکاران (Agrell et al. 2003) ساپونین‌ها را

لاروهای این حشره روی برگ‌های جوان گیاهان خسارت‌دیده در مقایسه با گیاهان خسارت ندیده، کمتر تغذیه می‌کنند. البته زمان و میزان تغییرات القاء شده به مقدار خسارت ایجاد شده بستگی دارد. بنابراین، در شرایط مزرعه چغندرقد باید این موضوع و حضور سایر حشرات برگ‌خوار، مورد مطالعه بیشتر قرار گیرد. شارما و همکاران (Sharma et al. 2005) با این تکنیک مقاومت چهار گیاه پنبه، بادام‌زمینی، ماش و لوبیا را به *Helicoverpa armigera* مورد ارزیابی قرار دادند و بیان کردند که با این تکنیک می‌توان بر مشکلات ناشی از تغییر تراکم حشره، مراحل مختلف رویشی گیاه و تغییرات فصلی و مناطق جغرافیایی مختلف فائق آمد. در مجموع، این تکنیک می‌تواند برای غربال سریع و گسترده ژرمپلاسم چغندرقد تحت فشار یکسان حشره و شرایط محیطی بهینه مورد استفاده قرار گیرد.

در مورد پروانه *H. armigera* که یک گونه پلی‌فاژ دیگر از این خانواده است، راجاپاکس و والتز (Rajapakse and Walter 2007) نشان دادند رفتار انتخاب و تشخیص میزبان به میزان زیادی به پراکنش جغرافیایی بستگی دارد. بنابراین، پیشنهاد می‌شود با توجه به اینکه *S. littoralis* (F.) نیز یک گونه پلی‌فاژ معرفی شده است و در گستره وسیع جغرافیایی انتشار دارد،

دوره نمو لاروی آن‌ها نیز طولانی‌تر است. لذا رقم‌هایی که قادر به القاء چنین خصوصیاتی در لاروها باشند، یکی از اجزاء مهم در برنامه‌های مدیریت تلفیقی محسوب می‌شوند.

استفاده از تکنیک برگ‌بریده چغندرقد در این آزمایش نشان داد که بهره‌گیری از این روش جهت ارزیابی به سهولت امکان‌پذیر است. ضمن اینکه شادابی برگ‌های چغندرقد جهت تغذیه لاروها در محلول آگار-آگار سه درصد تا پایان آزمایش به خوبی حفظ می‌شود (حدود یک هفته)، اما در صورت نیاز به نگهداری برگ‌ها و محیط آزمایش برای مدت طولانی‌تر لازم است به دلیل وجود فضولات لاروی در محیط، محلول آگار هر چند روز یک بار تعویض تا از بیماری و مرگ لاروها جلوگیری شود. این روش قبلاً توسط سامز و همکاران (Sams et al. 1975) برای ارزیابی مقاومت سیب‌زمینی به شته سبز هلو، توماس و همکاران (Thomas et al. 1966) در ارزیابی مقاومت یونجه به شته خال‌دار و اولسن و دالی (Olsen and Daly 2000) مورد استفاده قرار گرفته بود (Sharma et al. 2005). اما در بعضی مواقع، استفاده از تکنیک برگ‌بریده، موجب ایجاد مقاومت القایی می‌شود. در گیاه پنبه تغذیه لاروهای *S. littoralis* با تغییرات القاء خسارت تحت تأثیر قرار می‌گیرد. آندرسون و همکاران (Anderson et al. 2001) مشاهده کردند که

مطالعات لازم در خصوص ترجیح میزبانی، میزبان‌های اولیه و ثانویه این آفت در ایران صورت گیرد. دست اندرکاران آن مؤسسه تشکر می‌گردد. از کلیه عزیزانی نیز که در طول انجام این پژوهش، نگارندگان را کمک و راهنمایی کردند، سپاسگزاری می‌شود.

### سپاسگزاری

بذر رقم‌های مورد مطالعه چغندرقد از مؤسسه تحقیقات چغندرقد کشور تهیه شده بود که بدین‌وسیله از

### References:

### منابع مورد استفاده:

- خیری، م. ۱۳۷۰. آفات مهم چغندرقد و طرق مبارزه با آنها. انتشارات سازمان ترویج کشاورزی، ۱۲۶ صفحه.
- Agrell J, Oleszek W, Stochmal A, Olsen M, Anderson P. Herbivore-induced responses in alfalfa (*Medicago sativa*). *Journal of Chemical Ecology*. 2003; 29:303-320.
- Anderson P, Jonsson M, Morte U. Variation in damage to cotton affecting larval feeding preference of *Spodoptera littoralis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 2001; 101: 191–198.
- Edwards O, Singh KB. Resistance to insect pests: What do legumes have to offer? *Euphytica* . 2006; 147: 273–285.
- Heil M, Baumann B, Andary C, Linsenmair KE, McKey D. Extraction and quantification of condensed tannins as a measure of plant anti-herbivore defence? Revisiting an old problem. *Naturwissenschaften*. 2002; 89:519–524.
- Jafari M, Norouzi P, Malboobi MA, Ghareyazie B, Valizadeh M, Mohammadi SA, Mousavi M. Enhanced resistance to a Lepidopteran pest in transgenic sugar beet plants expressing synthetic cry1Ab gene. *Euphytica*. 2009; 165:333–344.
- Khan SA, Zafar Y, Briddon RW, Malik KA, Mukhtar Z. Spider venom toxin protects plants from



- insect attack. *Transgenic Research*. 2006; 15:349–357.
- Mushtaq AS, Munir A, Mushtagh A, Muhammad A, and Sayyed AH. Resistance to selected organochlorine, Organophosphate, Carbamate and Pyrethroid in *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae ) from Pakistan. *Journal of Economic Entomology*. 2008; 101:1667-1675.
- Rajapakse CNK, Walter GH. Polyphagy and primary host plants: oviposition preference versus larval performance in the lepidopteran pest *Helicoverpa armigera*. *Arthropod-Plant Interactions*. 2007; 1:17-26.
- Sharma HC, Pamparathy G, Dhillon MK, Ridsdill-smith JT. Detached leaf assay to screen for host plant resistance to *Helicoverpa armigera*. *Journal of Economic Entomology*. 2005; 98: 568-576.
- Stotz HU, Koch T, Biedermann A, Weniger K, Boland W, Mitchell-Olds T. Evidence for regulation of resistance in Arabidopsis to Egyptian cotton worm by salicylic and jasmonic acid signaling pathways. *Planta*. 2002; 214: 648-652.