

## مقایسه‌ی ویژگی‌های زیستی و پارامترهای جدول زندگی دوجنسی بید غلات، *Sitotroga cerealella* Olivier (Lepidoptera: Gelechiidae) روی ۱۲ هیبرید مختلف ذرت

قدیر نوری قبیلانی<sup>۱\*</sup>، سیده محدثه میرنژاد<sup>۲</sup>، عسگر عبداللهی<sup>۳</sup>، سید علی اصغر فتحی<sup>۴</sup> و مژگان مردانی-طلایی<sup>۵</sup>

- ۱- نویسنده مسوول: استاد گروه گیاه پزشکی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران (gadirnouri@yahoo.com)
- ۲- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد حشره‌شناسی، گروه گیاه پزشکی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
- ۳- استادیار گروه علوم گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
- ۴- استاد گروه گیاه پزشکی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
- ۵- دانشجوی سابق دکتری حشره‌شناسی، گروه گیاه پزشکی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۱۰

### چکیده

بید غلات، *Sitotroga cerealella* Olivier، یکی از آفات انباری و با گسترش جهانی است که خسارات قابل توجهی به دانه‌های غلات وارد می‌کند. در پژوهش حاضر، تأثیر ۱۲ هیبرید مختلف ذرت شامل AS71، AR89، BC678، DC370، KSC260، KSC703، KSC704، KSC705، KSC400، PL72، SC71 و Simon روی ویژگی‌های زیستی و پارامترهای جدول زندگی بید غلات تحت شرایط آزمایشگاهی (دمای  $25 \pm 2$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $65 \pm 5$  درصد و دوره‌ی نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی) مطالعه شد. طولانی‌ترین دوره‌ی رشدی قبل از بلوغ روی هیبریدهای PL72 ( $34/91 \pm 0/24$  روز) و SC71 ( $34/39 \pm 0/25$  روز) و کوتاه‌ترین مقدار آن روی هیبریدهای DC370 ( $27/08 \pm 0/24$  روز)، KSC704 ( $27/53 \pm 0/45$  روز) و KSC260 ( $27/76 \pm 0/28$  روز) برآورد شد. کم‌ترین و بیش‌ترین نرخ خالص تولیدمثل ( $R_0$ ) آفت به ترتیب روی هیبریدهای PL72 ( $10/40 \pm 0/09$  نتاج) و DC370 ( $28/06 \pm 0/17$  نتاج) مشاهده شد. هم‌چنین کم‌ترین نرخ ذاتی افزایش جمعیت ( $r_m$ ) روی هیبرید PL72 ( $0/0023 \pm 0/0060$  بر روز) و بیش‌ترین مقدار آن روی هیبرید DC370 ( $0/0022 \pm 0/0091$  بر روز) بود. با توجه به نتایج پژوهش حاضر، هیبرید PL72 در میان هیبریدهای مطالعه شده ذرت به‌عنوان هیبرید با مطلوبیت کم برای تغذیه‌ی بید غلات شناسایی شد و می‌تواند در مدیریت تلفیقی این آفت مورد استفاده قرار گیرد.

کلید واژه‌ها: بید غلات،  $r_m$ ، نرخ بقا، هیبریدهای ذرت، مقاومت گیاهان

### مقدمه

بید غلات، (Lepidoptera: Gelechiidae) *Sitotroga cerealella* Olivier، یکی از حشرات آفت انباری با گسترش جهانی است که به دانه‌های غلات در انبار و هم‌چنین به دانه‌های ذرت قبل (در مزرعه) و پس از برداشت (در انبار) خسارت می‌زند (Rizwana et al., 2011; Togola et al., 2010).

لاروها با ایجاد دالان‌هایی در داخل دانه‌های ذرت انبار شده خسارت قابل توجهی ایجاد کرده و آن‌ها را مستعد ابتلا به آفات و بیماری‌های ثانویه می‌کنند (Ashamo, 2010; Weston and Rattlingourd, 2000). هم‌چنین در اثر خسارت این آفت قدرت جوانه‌زنی دانه‌ی ذرت کاهش می‌یابد (Santos et al., 1990). حشرات بالغ بید غلات قادر به پرواز هستند و مزارع غلات مجاور را

یکی از روش‌های اندازه‌گیری آنتی‌بیوز بررسی پارامترهای زیستی حشره روی گیاهان میزبان می‌باشد. مقایسه‌ی مراحل زیستی یک حشره و محاسبه‌ی پارامترهای زیستی آن از طریق تهیه‌ی جدول زندگی باروری بر روی ارقام گیاهی موردنظر یکی از مؤثرترین راهکارهای مقایسه‌ی مکانیسم آنتی‌بیوز ارقام است (Smith, 1991). بنابراین، هدف از انجام پژوهش حاضر شناسایی هیبرید(های) مقاوم ذرت نسبت به بید غلات از بین هیبریدهای متداول موجود در کشور برای استفاده در مدیریت صحیح آفت و کاهش مصرف سموم شیمیایی بوده است.

## مواد و روش‌ها

### هیبریدهای میزبان

این تحقیق با ۱۲ هیبرید تجاری ذرت شامل KSC703، KSC704، KSC705، KSC260، KSC400، DC370، SC71، AS71، PL472، AR89، BC678 و Simon که از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (دشت مغان) و موسسه‌ی تحقیقات اصلاح و تهیه‌ی نهال و بذر کرج تهیه شدند، در آزمایشگاه گروه گیاه‌پزشکی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی انجام گرفت.

### پرورش بید غلات

به منظور پرورش انبوه بید غلات در آزمایشگاه، تخم‌های یک روزه‌ی بید غلات از کلنی آزمایشگاهی پرورش‌یافته روی جو در آزمایشگاه گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه محقق اردبیلی تهیه و روی هیبریدهای مختلف ذرت پرورش داده شدند. به منظور تشکیل کلنی روی هر هیبرید، تخم‌ها روی کاغذهای صافی گذاشته شده و درون ظروف پلاستیکی گرد با قطر ۲۱ و ارتفاع ۷ سانتی‌متر روی دانه‌های ذرت قرار داده شدند. این ظروف در اتاقک رشد با دمای  $25 \pm 2$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $65 \pm 5$  درصد و دوره‌ی نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی نگهداری شدند. حشرات کامل تازه ظاهر شده برای تخم‌گیری به ظروف

نیز می‌توانند آلوده کنند (Boldt, 1974). حشره‌ی ماده تخم‌های خود را به‌صورت انفرادی و یا گروهی روی دانه یا کنار دانه‌ی غلات قرار می‌دهد و لاروهای تفریخ شده، به‌طور مستقیم و یا از طریق شکاف‌های پوسته دانه وارد آن می‌شوند. دوره‌ی لاروی و شفیرگی حشره در داخل دانه تکمیل می‌شود. قبل از شفیرگی، لارو مجرایی برای خروج حشره‌ی کامل در داخل دانه ایجاد می‌کند و معمولاً سوراخی کوچک و مشخص در قسمت تاج دانه در محل خروج حشرات کامل بر جای می‌ماند (Wongo, 1990).

آفت‌کش‌های شیمیایی تدخینی روش کنترل رایج کنترل بید غلات هستند ولی مصرف مداوم چنین سمومی خطرات زیست‌محیطی و عوارض زیان‌باری برای سلامتی انسان را در پی داشته است. لذا استفاده از روش‌هایی غیر از روش کاربرد سموم سنتزی برای کنترل این آفت انباری ضروری می‌باشد (Nouri-Ganbalani et al., 2012). استفاده از ارقام مقاوم یکی از روش‌های کم‌خطر کنترل آفات در برنامه‌ی مدیریت تلفیقی می‌باشد (Butron et al., 2008; Ashamo and Khanna, 2006; Irshad and Talpur, 1993). تهیه ارقام مقاوم معمولاً نیاز به زمان طولانی دارد اما در درازمدت از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه بوده و روشی بی‌خطر برای محیط‌زیست می‌باشد (Heinrichs et al., 1985).

در سال‌های گذشته تحقیقاتی در زمینه مقاومت ذرت به بید غلات انجام شده است (Din et al., 2013; Fouad et al., 2013). برای مثال Consoli and Filho (1995) زیست‌شناسی بید غلات را روی پنج ژنوتیپ ذرت بررسی کرده و نشان دادند که طولانی‌ترین دوره‌ی رشدی و کم‌ترین تعداد تخم‌های گذاشته شده در ژنوتیپ Shrunken<sub>2</sub> بوده است. در تحقیقی دیگر Ahmad and Raza (2010) اثر ویژگی‌های فیزیکی هشت هیبرید و لاین ذرت را روی بید غلات بررسی کرده و نشان دادند که طولانی‌ترین دوره‌ی رشدی در China1 و 32N43 بیش‌ترین درصد خسارت در EV-1098 بود.

### تجزیه آماری داده‌ها

داده‌های به دست آمده از مراحل زیستی بید غلات روی ۱۲ هیبرید ذرت طبق روش Chi (1988) تنظیم و با استفاده از نرم افزار TWOSEX-MSChart تجزیه شد (Chi, 2013). برای تکراردار کردن داده‌های پارامترهای رشد جمعیت از روش Bootstrap و برای رسم نمودارها از نرم افزار SigmaPlot 12.0 استفاده شد. داده‌های پارامترهای جدول زندگی تجزیه‌ی واریانس شده و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه ای (SNK) Student-Newman-Keuls در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

### نتایج و بحث

میانگین طول دوره‌ی نشو و نمای مراحل نابالغ بید غلات روی هیبریدهای مختلف ذرت در جدول ۱ ارایه شده است: طول دوره‌ی نشو و نمای جنینی حشره روی هیبریدهای مورد مطالعه ذرت به طور معنی داری متفاوت بود ( $F= 5.99$ ;  $df= 11, 972$ ;  $P < 0.0001$ ). طولانی‌ترین دوره‌ی نشو و نمای جنینی روی هیبرید PL72 ( $4/99 \pm 0/06$  روز) مشاهده شد، طول این دوره روی هیبریدهای SC71، KSC400، AS71، AR89 و KSC705 تفاوت معنی داری با PL72 نداشت. کوتاه‌ترین طول دوره‌ی جنینی روی هیبرید DC370 ( $4/02 \pm 0/07$  روز) به دست آمد که تفاوت معنی داری با هیبریدهای KSC703، KSC 704، KSC260 و Simon نداشت.

از نظر طول دوره‌ی مرحله‌ی لاروی-شفیرگی آفت نیز بین هیبریدهای مختلف اختلاف معنی داری مشاهده شد ( $F=104.82$ ;  $df= 11, 707$ ;  $P < 0.0001$ ). طولانی‌ترین طول دوره‌ی لاروی-شفیرگی روی دو هیبرید PL72 ( $30/07 \pm 0/24$  روز) و SC71 ( $29/49 \pm 0/24$  روز) و کوتاه‌ترین طول دوره‌ی لاروی-شفیرگی روی هیبریدهای DC370 ( $23/03 \pm 0/23$  روز)، KSC704 ( $23/03 \pm 0/23$  روز) و KSC260 ( $23/51 \pm 0/23$  روز) مشاهده شد (جدول ۱).

استوانه‌ای به قطر ۱۲ و ارتفاع ۲۲ سانتی متر انتقال داده شدند و این مراحل برای دو نسل روی بذر هر یک از هیبریدها تکرار شد.

### بررسی ویژگی‌های زیستی و رشد جمعیت پایدار بید غلات

به منظور محاسبه‌ی ویژگی‌های زیستی بید غلات روی هیبریدهای مختلف ذرت در شرایط آزمایشگاهی، تعداد ۱۰۰ عدد تخم هم‌سن به دست آمده از حشرات ماده پرورش داده شده روی هر هیبرید که حداکثر ۱۲ ساعت از عمر آن‌ها گذشته بود انتخاب و به صورت انفرادی در ظروف پتری با قطر ۶ سانتی متری روی همان هیبرید قرار داده شد. ظروف پتری به صورت روزانه مورد بازدید قرار گرفتند و تعداد تخم‌های تفریخ شده، طول دوره‌ی تفریخ تخم و طول دوره‌ی لاروی-شفیرگی ثبت شد. بعد از ظهور افراد بالغ، حشرات نر و ماده به صورت جفت انتخاب و به داخل ظروف پلاستیکی حاوی بذور ذرت منتقل شدند. حشرات بالغ نر کوچک‌تر بوده و دارای شکمی تیره و باریک می‌باشند. با انجام بازدیدهای روزانه از ظروف پرورش تعداد تخم‌های تولید شده در روز، تعداد کل تخم‌های تولید شده توسط حشرات ماده و طول عمر حشرات کامل نر و ماده روی هر هیبرید تا زمان مرگ آخرین حشره به صورت روزانه بررسی و ثبت شد. جدول زندگی دو جنسی برای هر دو جنس نر و ماده با در نظر گرفتن طول دوره‌های رشدی طراحی شد. پارامترهای جدول زندگی برای دو جنس نر و ماده شامل نرخ بقای ویژه‌ی سنی-مرحله‌ای ( $S_{xj}$ )، نرخ باروری ویژه‌ی سنی-مرحله‌ای ( $f_{xj}$ )، نرخ بقاء ویژه‌ی سنی ( $l_x$ ) و نرخ باروری ویژه‌ی سنی ( $m_x$ ) و پارامترهای رشد جمعیت شامل نرخ خالص تولیدمثل ( $R_0$ )، نرخ ناخالص تولیدمثل (GRR)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت ( $r_m$ )، نرخ متناهی افزایش جمعیت ( $\lambda$ ) و میانگین مدت زمان یک نسل (T) بر اساس Chi and Liu (1985) و Chi and Su (2006) محاسبه شدند.

۵/۰۴ ± ۰/۱۵) AS71 و (۵/۰۴ ± ۰/۱۳) BC678 (روز) مشاهده شد، اگرچه از نظر طول دوره‌ی تخم‌ریزی بین این هیبریدها با KSC400 تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. طولانی‌ترین دوره‌ی تخم‌ریزی روی سه هیبرید DC370 (۶/۲۶ ± ۰/۲۸ روز)، KSC 704 (۶/۱۹ ± ۰/۱۲ روز) و KSC260 (۶/۱۹ ± ۰/۱۴ روز) مشاهده شد، اگرچه از نظر طول دوره‌ی تخم‌ریزی بین این هیبریدها با Simon، KSC703، AR89 و KSC705 تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

از نظر تعداد تخم گذاشته شده به ازای یک ماده بین ۱۲ هیبرید ذرت مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ( $F= 48.42$ ;  $df= 11, 351$ ;  $P < 0.0001$ ). کم‌ترین تعداد تخم گذاشته شده روی هیبریدهای PL72 (۴۵/۵۲ ± ۱/۳۸ تخم بر حشره‌ی ماده) و SC71 (۴۵/۹۲ ± ۱/۲۹ تخم بر حشره‌ی ماده) و بیش‌ترین تعداد آن در حشرات پرورش‌یافته روی بذور هیبریدهای DC370 (۸۰/۱۷ ± ۱/۵۳ تخم بر حشره‌ی ماده)، KSC704 (۷۶/۲۲ ± ۲/۰۱ تخم بر حشره‌ی ماده) و KSC260 (۷۴/۷۸ ± ۱/۹۶ تخم بر حشره‌ی ماده) ثبت شد و بقیه‌ی هیبریدها از این نظر در وضعیت بینابین قرار گرفتند (جدول ۲).

طول عمر حشرات کامل ماده ( $F= 15.85$ ;  $df= 11, 351$ ;  $P < 0.0001$ ) و نر ( $F= 4.48$ ;  $df= 11, 354$ ;  $P < 0.0001$ ) بید غلات نیز بین هیبریدهای مختلف ذرت تفاوت معنی‌داری را نشان داد. کوتاه‌ترین و طولانی‌ترین طول دوره‌ی زندگی افراد ماده به ترتیب روی هیبریدهای PL72 (۶/۶۱ ± ۰/۲۰ روز) و DC370 (۹/۰۶ ± ۰/۲۳ روز) مشاهده شد. هم‌چنین، کوتاه‌ترین طول دوره‌ی زندگی افراد نر روی هیبریدهای SC71 (۶/۰۴ ± ۰/۱۹ روز) و PL72 (۶/۰۵ ± ۰/۲) حاصل شد که با هیبریدهای KSC400 و BC678 تفاوت معنی‌داری نداشت. طولانی‌ترین دوره‌ی زندگی افراد نر روی هیبرید DC370 (۸/۰۰ ± ۰/۱۶ روز) حاصل شد که با هیبریدهای BC678، KSC400، PL72 و SC71 تفاوت آماری معنی‌داری داشت (جدول ۲).

از نظر طول مجموع دوره‌ی مراحل نابالغ نیز بین هیبریدهای مختلف ذرت اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ( $F= 92.14$ ;  $df= 11, 707$ ;  $P < 0.0001$ ). به‌طوری‌که طولانی‌ترین طول دوره‌ی مراحل نابالغ روی هیبریدهای PL72 (۳۴/۹۱ ± ۰/۲۴ روز) و SC 71 (۳۴/۳۹ ± ۰/۲۵ روز) و کوتاه‌ترین طول این دوره روی هیبریدهای DC370 (۲۷/۰۸ ± ۰/۲۴ روز)، KSC704 (۲۷/۵۳ ± ۰/۴۵ روز) و KSC260 (۲۷/۷۶ ± ۰/۲۸ روز) مشاهده شد (جدول ۱).

میانگین طول دوره‌ی قبل از تخم‌ریزی حشرات کامل (فاصله‌ی زمانی بین ظهور حشرات کامل تا اولین تخم‌ریزی)، مجموع طول دوره‌ی قبل از تخم‌ریزی (فاصله‌ی زمانی بین تولد تا اولین تخم‌ریزی)، طول دوره‌ی تخم‌ریزی حشرات ماده، تعداد تخم گذاشته شده به ازای یک ماده و طول عمر حشرات کامل ماده و نر بید غلات روی هیبریدهای مختلف ذرت در جدول ۲ ارایه شده است. از نظر طول دوره‌ی قبل از تخم‌ریزی افراد ماده بالغ تفاوت معنی‌داری بین هیبریدهای ذرت مشاهده نشد ( $F= 0.95$ ;  $df= 11, 351$ ;  $P= 0.49$ )، زیرا حشرات کامل روی بذور همه‌ی هیبریدها پس از ظاهر شدن در همان روز اول زندگی خود جفت‌گیری نموده و شروع به تخم‌ریزی کردند. اما طول مجموع دوره‌ی قبل از تخم‌ریزی برای افراد ماده‌ی پرورش‌یافته روی هیبریدهای مختلف ذرت با یکدیگر متفاوت بود ( $F= 64.63$ ;  $df= 11, 351$ ;  $P < 0.0001$ ). مدت این دوره در دو هیبرید PL72 (۳۶/۳۹ ± ۰/۳۶ روز) و SC71 (۳۵/۷۱ ± ۰/۳۰ روز) و کوتاه‌ترین مدت در چهار هیبرید DC370 (۲۷/۹۱ ± ۰/۳۵ روز)، KSC260 (۲۸/۴۲ ± ۰/۳۶ روز)، KSC704 (۲۸/۴۴ ± ۰/۴۴ روز) و KSC703 (۲۹/۵۳ ± ۰/۳۴ روز) مشاهده گردید.

بین هیبریدهای مختلف ذرت از نظر طول دوره‌ی تخم‌ریزی بید غلات نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ( $F= 8.64$ ;  $df= 11, 351$ ;  $P < 0.0001$ ). کوتاه‌ترین طول دوره‌ی تخم‌ریزی روی چهار هیبرید PL72 (۴/۹۱ ± ۰/۱۵ روز)، SC71 (۵/۰۰ ± ۰/۱۵ روز)،

جدول ۱- میانگین ( $\pm$  خطای معیار) طول مراحل مختلف رشدی قبل از بلوغ (روز) *S. cerealella* روی ۱۲ هیبرید مختلف ذرت

Table 1. Mean ( $\pm$  SE) developmental time of immature stages (days) of *S. cerealella* on 12 different corn hybrids

Corn hybrids	Incubation period	Larval-pupal period	Developmental time
AR89	4.70 $\pm$ 0.09 <sup>abc</sup>	26.03 $\pm$ 0.17 <sup>d</sup>	30.72 $\pm$ 0.19 <sup>e</sup>
AS71	4.73 $\pm$ 0.08 <sup>abc</sup>	28.78 $\pm$ 0.24 <sup>b</sup>	33.52 $\pm$ 0.28 <sup>bc</sup>
BC678	4.61 $\pm$ 0.08 <sup>abc</sup>	27.03 $\pm$ 0.21 <sup>dc</sup>	31.64 $\pm$ 0.26 <sup>dc</sup>
DC370	4.02 $\pm$ 0.07 <sup>d</sup>	23.03 $\pm$ 0.23 <sup>f</sup>	27.08 $\pm$ 0.24 <sup>g</sup>
KSC260	4.23 $\pm$ 0.1 <sup>cd</sup>	23.51 $\pm$ 0.26 <sup>ef</sup>	27.76 $\pm$ 0.28 <sup>gf</sup>
KSC703	4.42 $\pm$ 0.07 <sup>bcd</sup>	24.36 $\pm$ 0.21 <sup>e</sup>	28.84 $\pm$ 0.23 <sup>f</sup>
KSC704	4.38 $\pm$ 0.29 <sup>bcd</sup>	23.03 $\pm$ 0.32 <sup>f</sup>	27.53 $\pm$ 0.45 <sup>g</sup>
KSC705	4.62 $\pm$ 0.09 <sup>abc</sup>	26.00 $\pm$ 0.22 <sup>d</sup>	30.63 $\pm$ 0.23 <sup>e</sup>
KSC400	4.78 $\pm$ 0.08 <sup>ab</sup>	27.48 $\pm$ 0.23 <sup>c</sup>	32.28 $\pm$ 0.24 <sup>de</sup>
PL72	4.99 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>	30.07 $\pm$ 0.24 <sup>a</sup>	34.91 $\pm$ 0.24 <sup>a</sup>
SC71	4.91 $\pm$ 0.08 <sup>ab</sup>	29.49 $\pm$ 0.24 <sup>ab</sup>	34.39 $\pm$ 0.25 <sup>ab</sup>
Simon	4.43 $\pm$ 0.07 <sup>bcd</sup>	24.46 $\pm$ 0.17 <sup>e</sup>	28.92 $\pm$ 0.19 <sup>f</sup>

The means followed by same letters in the same column are not significantly different (SNK,  $p < 0.05$ ). The number of eggs used for each hybrid was 100.

جدول ۲- میانگین ( $\pm$  خطای معیار) طول دوره‌ی قبل از تخم‌ریزی حشرات کامل، طول مجموع دوره‌ی قبل از تخم‌ریزی، طول دوره‌ی تخم‌ریزی، باروری و طول عمر حشرات کامل ماده و نر

*S. cerealella* روی ۱۲ هیبرید مختلف ذرت

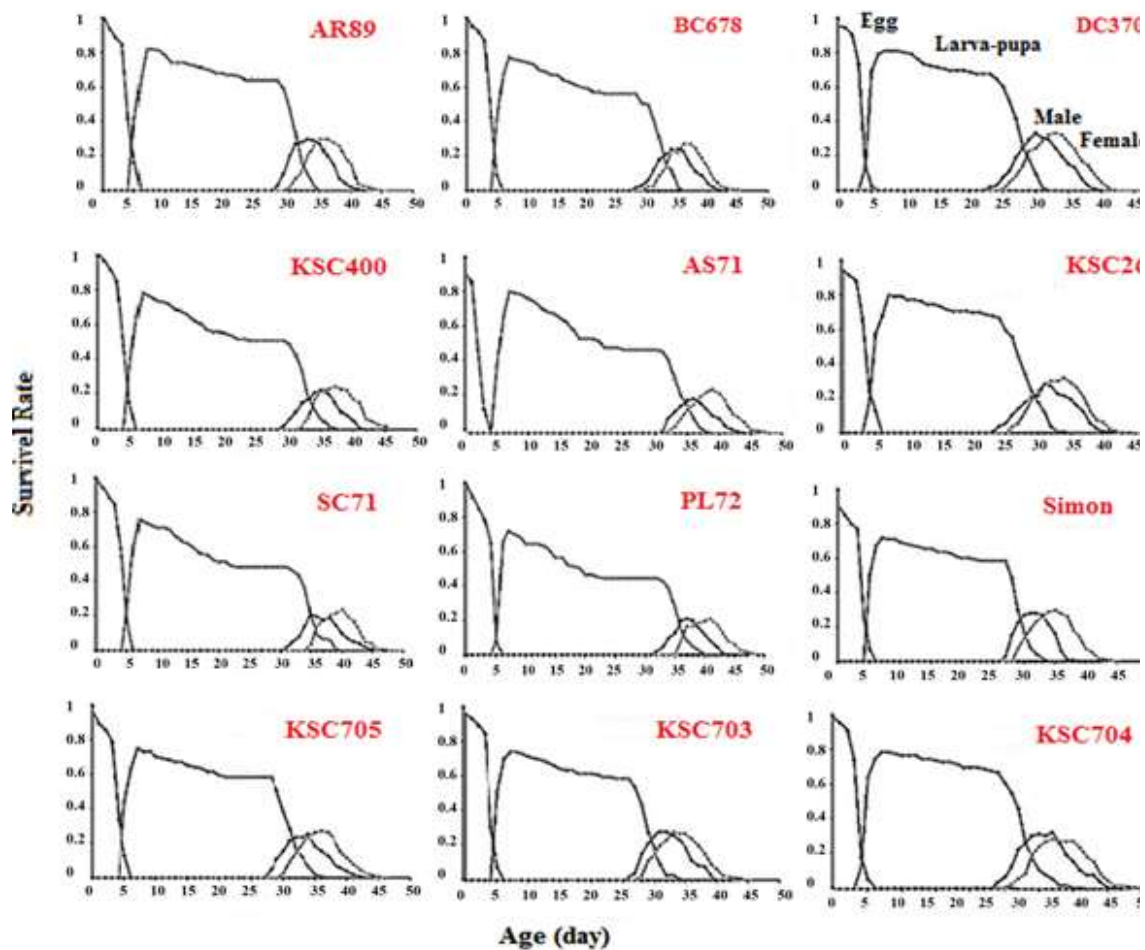
Table 2. Mean ( $\pm$ SE) pre-oviposition period, total pre-oviposition period, oviposition period, fecundity and adult longevity of *Sitotroga cerealella* on 12 different corn hybrids

Corn hybrids	Pre-oviposition period	Total pre-oviposition period	Oviposition period	Fecundity	Longevity	
					Female	Male
AR89	1.00 $\pm$ 0 <sup>a</sup>	31.80 $\pm$ 0.27 <sup>dc</sup>	5.53 $\pm$ 0.13 <sup>abc</sup>	60.13 $\pm$ 1.60 <sup>de</sup>	7.40 $\pm$ 1.61 <sup>bc</sup>	6.55 $\pm$ 0.18 <sup>abc</sup>
AS71	1.00 $\pm$ 0 <sup>a</sup>	34.64 $\pm$ 0.41 <sup>bc</sup>	5.04 $\pm$ 0.15 <sup>c</sup>	50.20 $\pm$ 0.99 <sup>df</sup>	7.12 $\pm$ 0.18 <sup>c</sup>	7.62 $\pm$ 1.39 <sup>abc</sup>
BC678	1.00 $\pm$ 0 <sup>a</sup>	32.44 $\pm$ 0.32 <sup>d</sup>	5.04 $\pm$ 0.13 <sup>c</sup>	55.85 $\pm$ 2.74 <sup>ef</sup>	7.00 $\pm$ 0.23 <sup>c</sup>	6.21 $\pm$ 0.24 <sup>bc</sup>
DC370	1.02 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	27.91 $\pm$ 0.35 <sup>g</sup>	6.26 $\pm$ 0.28 <sup>a</sup>	80.17 $\pm$ 1.35 <sup>a</sup>	9.06 $\pm$ 0.23 <sup>a</sup>	8.00 $\pm$ 0.16 <sup>a</sup>
KSC260	1.00 $\pm$ 0 <sup>a</sup>	28.42 $\pm$ 0.36 <sup>g</sup>	6.19 $\pm$ 0.14 <sup>a</sup>	74.78 $\pm$ 1.96 <sup>ab</sup>	8.64 $\pm$ 0.24 <sup>a</sup>	7.71 $\pm$ 0.17 <sup>ab</sup>
KSC703	1.00 $\pm$ 0 <sup>a</sup>	29.53 $\pm$ 0.34 <sup>gf</sup>	5.93 $\pm$ 0.18 <sup>ab</sup>	68.73 $\pm$ 1.87 <sup>bc</sup>	8.20 $\pm$ 1.6 <sup>ab</sup>	7.48 $\pm$ 0.23 <sup>abc</sup>
KSC704	0.97 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>	28.44 $\pm$ 0.44 <sup>g</sup>	6.19 $\pm$ 0.12 <sup>a</sup>	76.22 $\pm$ 2.01 <sup>ab</sup>	8.87 $\pm$ 0.22 <sup>a</sup>	7.81 $\pm$ 0.19 <sup>ab</sup>
KSC705	1.00 $\pm$ 0 <sup>a</sup>	31.70 $\pm$ 0.35 <sup>de</sup>	5.47 $\pm$ 0.18 <sup>abc</sup>	62.60 $\pm$ 1.85 <sup>cde</sup>	7.43 $\pm$ 0.21 <sup>bc</sup>	6.57 $\pm$ 0.21 <sup>abc</sup>
KSC400	1.00 $\pm$ 0 <sup>a</sup>	33.35 $\pm$ 0.31 <sup>cd</sup>	5.15 $\pm$ 0.15 <sup>bc</sup>	55.04 $\pm$ 1.45 <sup>ef</sup>	7.08 $\pm$ 0.22 <sup>c</sup>	6.33 $\pm$ 0.23 <sup>bc</sup>
PL72	1.00 $\pm$ 0 <sup>a</sup>	36.39 $\pm$ 0.36 <sup>a</sup>	4.91 $\pm$ 0.15 <sup>c</sup>	45.52 $\pm$ 1.38 <sup>g</sup>	6.61 $\pm$ 0.20 <sup>c</sup>	6.05 $\pm$ 0.2 <sup>c</sup>
SC71	1.00 $\pm$ 0 <sup>a</sup>	35.71 $\pm$ 0.30 <sup>ab</sup>	5.00 $\pm$ 0.15 <sup>c</sup>	45.92 $\pm$ 1.29 <sup>g</sup>	6.71 $\pm$ 0.18 <sup>c</sup>	6.04 $\pm$ 0.19 <sup>c</sup>
Simon	1.00 $\pm$ 0 <sup>a</sup>	30.15 $\pm$ 0.32 <sup>ef</sup>	5.97 $\pm$ 0.17 <sup>ab</sup>	68.32 $\pm$ 1.49 <sup>bcd</sup>	8.14 $\pm$ 0.17 <sup>ab</sup>	7.03 $\pm$ 0.21 <sup>abc</sup>

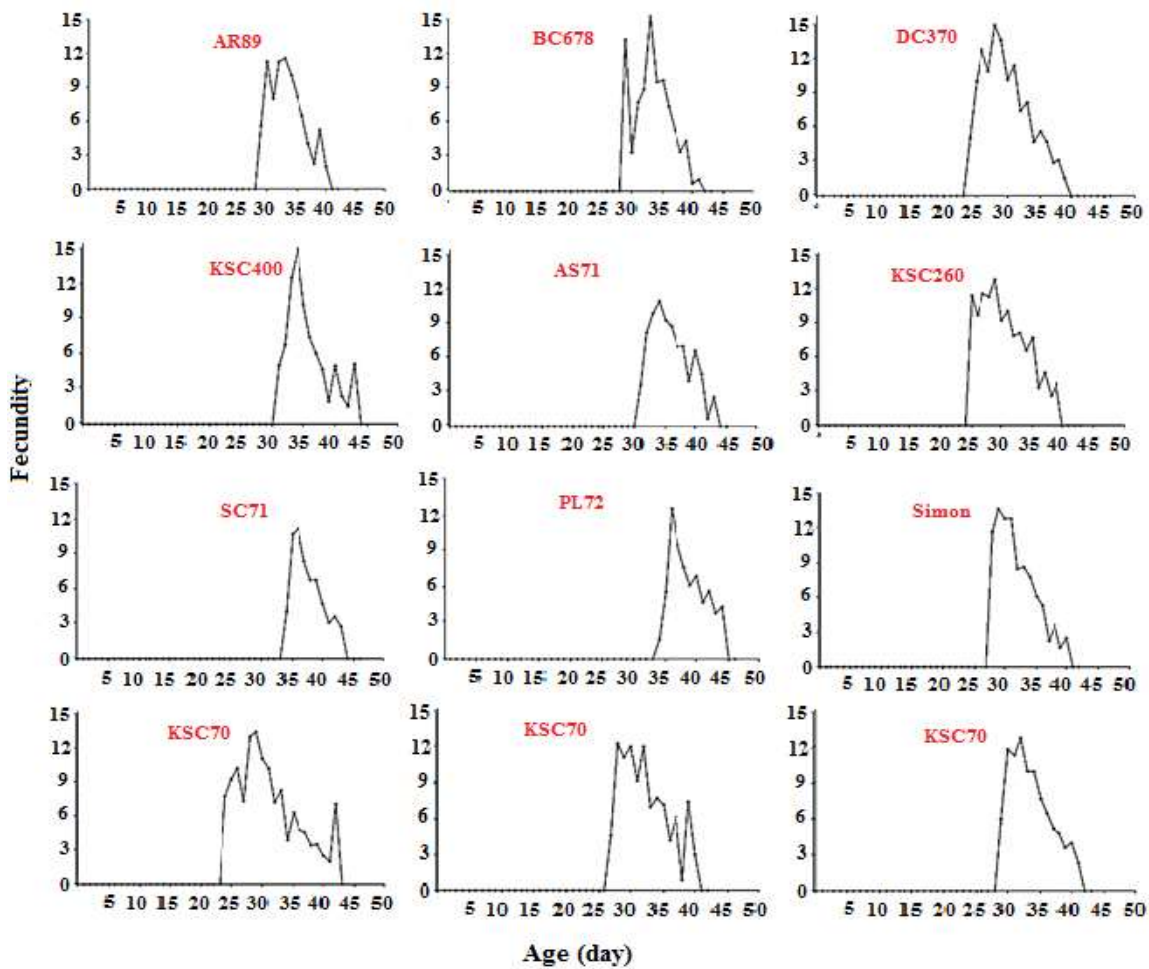
The means followed by different letters in the same column are significantly different (SNK,  $p < 0.05$ ).

و بیش‌ترین مقدار آن روی هیبرید DC370 (به‌ترتیب ۰/۳۲ و ۰/۳۳) بود. کم‌ترین باروری ویژه‌ی سنی مرحله‌ای ( $f_{xj}$ ) این حشره روی هیبرید AS71 معادل ۱۰ تخم بود که در روز ۳۵ اتفاق افتاد. نتایج حاصل از محاسبه‌ی پارامترهای رشد جمعیت پایدار بید غلات روی دوازده هیبرید ذرت در جدول ۳ ارائه شده است: از نظر نرخ ناخالص تولیدمثلی بین هیبریدهای ذرت مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ( $F=$  کم‌ترین نرخ ناخالص تولیدمثلی جمعیت بید غلات روی هیبرید SC71  $0.18 \pm 29.73$  نتاج) و بیش‌ترین مقدار آن روی هیبرید KSC704  $0.38 \pm 50.59$  نتاج) مشاهده شد.

منحنی بقای ویژه‌ی سنی-مرحله‌ای ( $S_{xj}$ ) و باروری ویژه‌ی سنی-مرحله‌ای ( $f_{xj}$ ) حشرات کامل ماده‌ی بید غلات روی ۱۲ هیبرید ذرت به‌ترتیب در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. بقای ویژه‌ی سنی-مرحله‌ای بید غلات روی هیبریدهای مختلف ذرت مورد مطالعه روند متفاوتی داشت، اگرچه در همه‌ی هیبریدها، نرخ بقای آفت با افزایش سن کاهش یافت. کم‌ترین نرخ بقای ویژه‌ی سنی-مرحله‌ای لارو-شفیره روی هیبرید PL72 DC370 (۰/۷۵) و بیش‌ترین مقدار آن در هیبریدهای (۰/۸۴) و (۰/۸۳) KSC260 مشاهده شد. هم‌چنین، کم‌ترین نرخ بقای ویژه‌ی سنی-مرحله‌ای حشرات کامل ماده و نیز روی هیبرید PL72 (به‌ترتیب ۰/۲۰ و ۰/۲۱)



شکل ۱- نرخ بقای ویژه سنی-مرحله‌ای رشدی *S. cerealella* روی ۱۲ هیبرید مختلف ذرت  
Figure. 1. Age-stage survival rate ( $s_{xj}$ ) of *Sitotroga cerealella* on 12 different corn hybrids



شکل ۲- باروری ویژه سنی - مرحله‌ای رشدی *S. cerealella* روی ۱۲ هیبرید مختلف ذرت.

Figure 2. Age-stage specific fecundity of *Sitotroga cerealella* on 12 different corn hybrids

هم چنین اختلاف معنی داری بین مقادیر نرخ منتهای افزایش جمعیت بید غلات ( $\lambda$ ) روی ۱۲ هیبرید ذرت مشاهده شد ( $F= 5744.73$ ;  $df= 11, 5999$ ;  $P < 0.0001$ ). کم ترین مقدار نرخ منتهای افزایش جمعیت بید غلات روی هیبرید PL72 ( $1/061 \pm 0/00024$ ) بر روز) و بیش ترین مقدار آن روی هیبرید DC370 ( $1/114 \pm 0/00024$ ) بر روز) به دست آمد (جدول ۳).

متوسط مدت زمان یک نسل ( $T$ ) بید غلات روی دوازده هیبرید ذرت مورد آزمایش اختلاف معنی داری را نشان داد ( $F= 34841.3$ ;  $df= 11, 5999$ ;  $P < 0.0001$ ). کوتاه ترین و طولانی ترین مدت زمان یک نسل به ترتیب روی هیبریدهای DC370 ( $30/60 \pm 0/015$ ) بر روز) و PL72 ( $38/86 \pm 0/015$ ) بر روز) مشاهده شد (جدول ۳).

میانگین نرخ خالص تولیدمثل ( $R_0$ ) نیز روی هیبریدهای مختلف اختلاف معنی داری را نشان داد ( $F= 2072.43$ ;  $df= 11, 5999$ ;  $P < 0.0001$ ) به طوری که کم ترین مقدار آن روی هیبرید PL72 ( $10/40 \pm 0/09$ ) و بیش ترین مقدار آن روی هیبرید DC370 ( $28/06 \pm 0/17$ ) به دست آمد (جدول ۳). بین هیبریدهای مختلف ذرت از نظر میانگین های نرخ ذاتی افزایش جمعیت ( $r_m$ ) نیز اختلاف معنی داری مشاهده شد ( $F= 5741.72$ ;  $df= 11, 5999$ ;  $P < 0.0001$ ). کم ترین نرخ ذاتی افزایش جمعیت بید غلات روی هیبرید PL72 ( $0/060 \pm 0/00023$ ) بر روز) و بیش ترین مقدار آن روی هیبرید DC370 ( $0/109 \pm 0/00022$ ) بر روز) به دست آمد (جدول ۳).

جدول ۳- میانگین ( $\pm$  خطای معیار) پارامترهای زیستی دوجنسی پایدار *S. cerealella* روی ۱۲ هیبرید مختلف ذرتTable 3. Mean ( $\pm$  SE) two-sex life parameters of *Sitotroga cerealella* on 12 corn hybrids

Corn hybrids	Gross reproductive rate (GRR)	Net reproductive rate ( $R_0$ )	Intrinsic rate of increase ( $r_m$ )	Finite rate of increase ( $\lambda$ )	Mean generation time (T)
AR89	36.01 $\pm$ 22 <sup>f</sup>	18.12 $\pm$ 0.12 <sup>f</sup>	0.084 $\pm$ 0.0002 <sup>f</sup>	1.088 $\pm$ 0.0002 <sup>g</sup>	34.26 $\pm$ 0.012 <sup>f</sup>
AS71	35.39 $\pm$ 0.23 <sup>f</sup>	12.62 $\pm$ 0.09 <sup>i</sup>	0.068 $\pm$ 0.0002 <sup>i</sup>	1.071 $\pm$ 0.0002 <sup>j</sup>	36.81 $\pm$ 0.019 <sup>c</sup>
BC678	23.30 $\pm$ 0.21 <sup>g</sup>	15.57 $\pm$ 0.12 <sup>g</sup>	0.079 $\pm$ 0.0002 <sup>g</sup>	1.082 $\pm$ 0.0002 <sup>h</sup>	34.75 $\pm$ 0.014 <sup>e</sup>
DC370	48.53 $\pm$ 0.27 <sup>b</sup>	28.06 $\pm$ 0.17 <sup>a</sup>	0.109 $\pm$ 0.0002 <sup>a</sup>	1.114 $\pm$ 0.0002 <sup>a</sup>	30.60 $\pm$ 0.015 <sup>k</sup>
KSC260	47.85 $\pm$ 0.28 <sup>b</sup>	27.03 $\pm$ 0.17 <sup>b</sup>	0.106 $\pm$ 0.0002 <sup>b</sup>	1.111 $\pm$ 0.0002 <sup>c</sup>	31.12 $\pm$ 0.016 <sup>j</sup>
KSC703	45.67 $\pm$ 0.33 <sup>c</sup>	20.52 $\pm$ 0.15 <sup>e</sup>	0.093 $\pm$ 0.0002 <sup>e</sup>	1.097 $\pm$ 0.0002 <sup>e</sup>	32.33 $\pm$ 0.014 <sup>i</sup>
KSC704	50.59 $\pm$ 0.38 <sup>a</sup>	24.04 $\pm$ 0.16 <sup>c</sup>	0.102 $\pm$ 0.0002 <sup>c</sup>	1.107 $\pm$ 0.0002 <sup>b</sup>	31.07 $\pm$ 0.016 <sup>j</sup>
KSC705	41.75 $\pm$ 0.27 <sup>d</sup>	18.47 $\pm$ 0.13 <sup>f</sup>	0.085 $\pm$ 0.0002 <sup>f</sup>	1.089 $\pm$ 0.0002 <sup>f</sup>	34.06 $\pm$ 0.016 <sup>g</sup>
KSC400	39.72 $\pm$ 0.30 <sup>e</sup>	14.23 $\pm$ 0.11 <sup>h</sup>	0.074 $\pm$ 0.0002 <sup>h</sup>	1.077 $\pm$ 0.0002 <sup>i</sup>	35.63 $\pm$ 0.012 <sup>d</sup>
PL72	35.78 $\pm$ 0.25 <sup>f</sup>	10.40 $\pm$ 0.09 <sup>k</sup>	0.060 $\pm$ 0.0002 <sup>k</sup>	1.061 $\pm$ 0.0002 <sup>l</sup>	38.86 $\pm$ 0.015 <sup>a</sup>
SC71	29.73 $\pm$ 0.18 <sup>h</sup>	11.23 $\pm$ 0.09 <sup>j</sup>	0.063 $\pm$ 0.0002 <sup>j</sup>	1.065 $\pm$ 0.0002 <sup>k</sup>	38.04 $\pm$ 0.013 <sup>b</sup>
Simon	47.48 $\pm$ 0.26 <sup>b</sup>	23.21 $\pm$ 0.15 <sup>d</sup>	0.096 $\pm$ 0.0002 <sup>d</sup>	1.101 $\pm$ 0.0002 <sup>d</sup>	32.54 $\pm$ 0.013 <sup>h</sup>

The means followed by different letters in the same column are significantly different (SNK,  $p < 0.05$ ). The number of eggs used for each hybrid was 100.

تفاوت مشاهده شده می‌تواند ناشی از نوع غلات استفاده شده در این دو آزمایش باشد. بیش‌ترین طول دوره‌ی لاروی-شفیرگی روی دو هیبرید PL72 و SC71 مشاهده شد. تفاوت در طول دوره‌ی لاروی-شفیرگی ممکن است به دلیل وجود مهارکننده‌های آنزیمی در رژیم‌های غذایی مورد تغذیه‌ی حشره باشد زیرا مهارکننده‌های موجود در غذای حشره، می‌توانند فعالیت آنزیم‌ها را کاهش دهند (Borzoui and Naseri, 2016; Harsulkar et al., 1999). ترشح بیش از حد آنزیم، در پاسخ به مهارکننده‌های آنزیمی سبب می‌شود که حشره انرژی زیادی را برای ترشح آنزیم صرف کند و این مسئله سبب تأخیر در رشد و نمو لاروی می‌شود (Broadway and Duffey, 1986). پایین بودن پروتئین رژیم غذایی نیز می‌تواند یکی دیگر از دلایل افزایش طول دوره‌ی لاروی یا شفیرگی باشد. بال‌پولک‌داران نمی‌توانند هر پروتئینی را به هر مقداری جذب نمایند و همواره سطح پروتئین آن‌ها بین یک کمینه و بیشینه حفظ می‌شود (Lwalaba et al., 2010). اگر محتوی پروتئین غذا پایین باشد، برای جبران کمبود پروتئین دریاقتی، طول دوره‌ی لاروی و شفیرگی

پژوهش حاضر نشان داد که ویژگی‌های متعددی از جمله طول دوره‌ی نشو و نمای مراحل زیستی نابالغ و بالغین نر و ماده، نرخ بقای مراحل نابالغ، میزان باروری و پارامترهای رشد جمعیت حشره تحت تأثیر نوع هیبرید ذرت قرار دارد. تغذیه‌ی لاروهای بید غلات از بذور هیبریدهای PL72 و SC71 روی طول دوره‌ی مراحل زیستی نابالغ حشره تأثیر منفی نشان داد که دلیل احتمالی آن ممکن است تفاوت در کیفیت غذایی موجود در بذور هیبریدهای مزبور و یا وجود متابولیت‌های ثانویه با تأثیر منفی روی نشو و نمای مراحل نابالغ آفت باشد. طول دوره‌ی جنینی بید غلات روی هیبرید PL72 بیش‌ترین مقدار بود. نوع غذای مورد تغذیه‌ی حشرات در دوره‌ی لاروی و سطح انرژی که لارو دریافت می‌کند و به حشره‌ی کامل منتقل می‌کند از عوامل موثر بر میزان باروری حشرات کامل ماده و طول دوره‌ی تخم در نسل بعد می‌باشد (Tisdale and Sappington, 2001). Borzoui and Naseri (2016) نشان دادند که طول دوره‌ی جنینی بید غلات روی ارقام مختلف گندم از ۲/۹ تا ۴/۳ روز متغیر بوده است که در برخی ارقام کم‌تر از مقدار گزارش شده برای ذرت در این پژوهش می‌باشد.



Borzoui and Naseri. (Hamilton et al., 2005) نشان دادند که میزان تخم‌ریزی بید غلات با وزن دانه و محتوای نشاسته رابطه‌ی مثبت و با سطح مهارکننده‌های آنزیمی رابطه‌ی منفی دارد. در آزمایش حاضر، از آنجا که اندازه‌ی تمام دانه‌ها بیش از نیاز حشره بود و مشاهدات شخصی نشان داد که حشره تمام دانه را مورد مصرف قرار نمی‌دهد، تفاوت در سطح مهارکننده‌های آنزیمی و محتوای نشاسته‌ی دانه‌ها احتمالاً می‌تواند دلایل اصلی در کاهش تعداد تخم بید غلات تغذیه شده روی هیبریدهای SC71 و PL72 باشد.

نرخ خالص تولیدمثل بیان‌گر میانگین کل تخم‌های ماده‌ای است که یک فرد ماده در صورت زنده‌ماندن تا آخرین روز ممکن در طول یک نسل تولید می‌کند. پایین بودن نرخ خالص تولیدمثل بید غلات روی هیبرید PL72 بیانگر پایین بودن کیفیت و مقاومت نسبی این هیبرید در مقایسه با سایر هیبریدها می‌باشد. نرخ ذاتی افزایش جمعیت بهترین و معتبرترین پارامتر برای بیان ویژگی‌های زیستی یک حشره می‌باشد. زیرا اطلاعات مربوط به بقا و باروری ویژه‌ی سن در این پارامتر خلاصه شده است و هرگونه تغییر در این ویژگی‌ها، در  $r_m$  نمایان می‌شود (Carey, 1993). در پژوهش حاضر کم‌ترین مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت و بیش‌ترین مدت زمان یک نسل بید غلات نیز روی هیبرید PL72 مشاهده شد. طولانی بودن نسبی مدت زمان یک نسل بید غلات روی این هیبرید می‌تواند یکی از عوامل مؤثر در پایین بودن نسبی نرخ ذاتی افزایش جمعیت آفت روی آن باشد. در مقابل، بالاتر بودن مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت روی هیبرید DC370 بیانگر مطلوب بودن آن در مقایسه با هیبریدهای دیگر برای تولیدمثل و افزایش جمعیت بید غلات می‌باشد. بالا بودن نرخ ذاتی افزایش جمعیت یک حشره روی گیاه میزبان یا رژیم غذایی نشان‌دهنده‌ی حساس بودن آن گیاه و یا مناسب بودن آن رژیم غذایی و پایین بودن این پارامتر نشان‌دهنده‌ی مقاومت گیاه میزبان یا نامناسب بودن آن رژیم غذایی

بال‌پولک‌داران افزایش و وزن لارو و شفیره کاهش می‌یابد. به علاوه، افزایش زمان شفیرگی به دلیل دریافت مواد غذایی در مقدار متفاوت توسط لارو می‌باشد که تأثیر خود را روی طول زمان شفیرگی نیز اعمال می‌کند. زیرا کارایی شفیره به‌طور مستقیم تحت تأثیر مقدار غذای خورده شده توسط لارو، قرار می‌گیرد (Sarate et al., 2012). بیش‌ترین طول دوره‌ی نشو و نما‌ی مراحل نابالغ بید غلات در هیبرید PL72 مشاهده گردید. Consoli and Filho (1995) بیش‌ترین طول مراحل نابالغ بید غلات را در دمای  $30 \pm 1$  درجه‌ی سلسیوس روی ژنوتیپ Shrunken<sub>2</sub> ذرت ( $43/5 \pm 1/2$  روز) گزارش کردند. طول دوره‌ی نشو و نما‌ی مراحل نابالغ بید غلات در پژوهش حاضر تا حدودی کم‌تر از مقدار گزارش شده توسط آن‌ها می‌باشد که ممکن است به دلیل تفاوت در هیبریدهای مورد مطالعه، تفاوت در شرایط آزمایشی و یا تفاوت در نژاد جمعیت حشره‌ی مورد استفاده باشد.

هم‌چنین شایان ذکر است که حشرات ماده‌ای که مراحل لاروی خود را روی بذور هیبریدهای PL72، SC71، BC678 و AS71 سپری کرده بودند، دوره‌ی تخم‌ریزی کوتاه‌تری داشتند. کوتاه‌تر بودن طول دوره‌ی تخم‌ریزی ماده‌ها می‌تواند از وجود اختلاف در کیفیت گیاه میزبان، تفاوت در عناصر غذایی ضروری برای رشد و نمو حشره یا میزان و نوع ترکیبات شیمیایی ثانوی جیره‌ی غذایی ناشی شده باشد (Golizadeh and Abedi, 2016).

تعداد تخم گذاشته شده‌ی حشرات کامل ماده‌ی بید غلات پرورش‌یافته روی بذور هیبریدهای SC71 و PL72 پایین‌تر از سایر ارقام بود. دلیل احتمالی این موضوع پایین بودن ارزش غذایی (به‌ویژه پروتئین و کربوهیدرات) بذور این هیبریدها در مقایسه با سایر هیبریدهای مورد مطالعه برای تخم‌ریزی حشرات بالغ ماده‌ی بید غلات می‌باشد. در پژوهش‌های متعددی نشان داده شده است که تعداد تخم‌های گذاشته شده توسط یک حشره روی گیاهان میزبان فقیر از نظر ارزش غذایی کاهش می‌یابد (Borzoui et al., 2015)؛

رشدی قبل از بلوغ بید غلات روی آن، پایین بودن میزان باروری، پایین بودن میزان بقای افراد نابالغ، پایین بودن نرخ ذاتی افزایش جمعیت، نرخ متناهی افزایش جمعیت و نرخ خالص تولیدمثل آفت در مقایسه با سایر هیبریدها، برای نشو و نمای بید غلات نامناسب بوده و دارای مقاومت نسبی نسبت به آفت می‌باشد. به نظر می‌رسد که می‌توان از این هیبرید در مدیریت تلفیقی بید غلات استفاده کرد. بر همین اساس هیبرید DC370 به‌عنوان هیبرید حساس و هیبریدهای Simon، KSC705 و AR89 می‌توانند به‌عنوان هیبریدهای نیمه مقاوم معرفی شوند.

### سپاس‌گزاری

از حمایت‌های مالی دانشگاه محقق اردبیلی جهت انجام این پژوهش تشکر می‌گردد.

برای حشره می‌باشد (Golizadeh & Abedi, 2016؛ Smith et al., 2005؛ Nouri-Ganbalani et al., 2012). کیفیت و کمیت مواد غذایی و وجود متابولیت‌های ثانویه و مهارکننده‌ها در گیاه میزبان جزو عوامل کلیدی مؤثر بر میزان بقا و رشد و نمو لاروهای حشرات گیاه‌خوار می‌باشد، به طوری که درشت مغذی‌ها و مهارکننده‌ها به‌طور مستقیم روی پتانسیل باروری حشره و در نتیجه پارامترهای جدول زندگی حشره تأثیر می‌گذارند (Awmack & Leather, 2002).

بر اساس نتایج به‌دست آمده از مطالعه‌ی پارامترهای زیستی بید غلات روی بذور ۱۲ هیبرید ذرت می‌توان نتیجه گرفت که هیبرید PL72 که یک هیبرید لهستانی بوده و فقط به نمونه‌ای از بذر آن برای انجام این آزمایش دسترسی حاصل شد به دلیل طولانی‌تر بودن دوره‌ی

## REFERENCES

- Ahmad, S., and Raza, A. 2010. Role of physical properties of maize grains towards resistance to *Sitotroga cerealella* (Olivier.) (Gelechiidae: Lepidoptera) in no choice test. *Pakistan Entomologist*, 32: 37-42.
- Ashamo, M.O. 2010. Relative resistance of paddy varieties to *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Biologia-Section Zoology*, 65: 333-337.
- Ashamo, M.O., and Khanna, S.C. 2006. Resistance to Angoumois grain moth, *Sitotroga cerealella* (Olivier) in paddy varieties. *Annals of Plant Protection Sciences*, 14: 368-373.
- Awmack, C.S., and Leather, S.R. 2002. Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. *Annual Review of Entomology*, 47: 817-844.
- Boldt, P.E. 1974. Effects of temperature and humidity on development and oviposition of *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 47: 30-36.
- Borzoui, E., and Naseri, B. 2016. Wheat cultivars affecting life history and digestive amyolytic activity of *Sitotroga cerealella* Olivier (Lepidoptera: Gelechiidae). *Bulletin of Entomological Research*, 106: 464-473.
- Borzoui, E., Naseri, B., and Namin, F.R. 2015. Different diets affecting biology and digestive physiology of the Khapra beetle, *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae). *Journal of Stored Products Research*, 62: 1-7.
- Broadway, R.M., and Duffey, S.S. 1986. Plant proteinase inhibitors: mechanism of action and effect on the growth and digestive physiology of larval *Heliothis zea* and *Spodoptera exigua*. *Journal of Insect Physiology*, 32: 827-833.

Butron, A., Romay, M.C., Ordas, A., Malvar, R.A., and Revilla, P. 2008. Genetic and environmental factors reducing the incidence of the storage pest, *Sitotroga cerealella* in wheat. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 128: 421-428.

Carey, J.R. 1993. *Applied Demography for Biologists*. Oxford University Press, UK. P. 224.

Chi, H. 1988. Life table analysis incorporating both sexes and variable development rate among individuals. *Environmental Entomology*, 17: 26-34.

Chi, H. 2013. TWOSEX-MSChart: A computer program for the age-stage, two sex life table analysis. Available from: (<http://140.120.197.173/Ecology/Download/TWOSEX-MSChart.rar> accessed 21 March 2013).

Chi, H., and Liu, H. 1985. Two new methods for the study of insect population ecology. *Bulletin of the Institute of Zoology, Academia Sinica*, 24: 225-240.

Chi, H., and Su, H.Y. 2006. Age-stage, two-sex life tables of *Aphidius gifuensis* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) and its host *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) with mathematical proof of the relationship between female fecundity and the net reproductive rate. *Environmental Entomology*, 35(1): 10-21.

Consoli, F.L., and Filho, B.F. 1995. Biology of *Sitotroga cerealella* (Olivier.) (Lepidoptera: Gelechiidae) reared on five corn (maize) genotypes. *Journal of Stored Products Research*, 31: 139-143.

Din, S.U., Khan, A.A., Mehmood, K., Mohsin, A.I., Khan, A.M., and Afzal, M. 2013. Impact of Angoumois grain moth, *Sitotroga cerealella* Olivier (Lepidoptera: Gelechiidae) on the viability of maize seed. *International Journal of Plant & Soil Science*, 2: 127-132.

Fouad, H.A., Antonio Faroni, L.R.D., de Lima, E.R., and Vilela, E.F. 2013. Relationship between physical-chemical characteristics of corn kernels and susceptibility to *Sitotroga cerealella*. *Maydica*, 58: 169-172.

Golizadeh, A., Abedi, Z. 2016. Comparative performance of the Khapra beetle, *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) on various wheat cultivars. *Journal of Stored Products Research*, 69: 159-165.

Hamilton, J.G., Dermody, O., Aldea, M., Zangerl, A.R., Rogers, A., Berenbaum, M.R., and DeLucia E.H. 2005. Anthropogenic changes in tropospheric composition increase in susceptibility of soybean to insect herbivore. *Environmental Entomology*, 34: 479-485.

Harsulkar, A.M., Giri, A.P., Patankar, A.G., Gupta, V.S., Sainani, M.N., Ranjekar, P.K., and Deshpande, V.V. 1999. Successive use of non-host plant proteinase inhibitors required for effective inhibition of *Helicoverpa armigera* gut proteinases and larval growth. *Plant Physiology*, 121: 497-506.

Heinrichs, E.A., Medrano, F.G., and Rapusas, H.R. 1985. Genetic evaluation for insect resistance in rice. *International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines*. P. 186.

Irshad, M., and Talpur, S. 1993. Interaction among three coexisting species of stored grain insect pests. *Pakistan Journal of Zoology*, 25: 131-133.

- Lwalaba, D., Hoffmann, K.H., and Woodring, J. 2010. Control of the release of digestive enzymes in the larvae of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. Archives of Insect Biochemistry and Physiology, 73: 14-29.
- Nouri-Ganbalani, G., Hosseini, M., and Yaghmai, F. 2012. Plant resistance to insects. University of Mashhad Press, Mashhad. P. 2622. (In Farsi).
- Rizwana, S., Hamed, M., Naheed, A., and Afghan, S. 2011. Resistance in stored rice varieties against Angoumois grain moth *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Lepidoptera: Gelechiidae). Pakistan Journal of Zoology, 43: 343-348.
- Santos, J.P., Maia, J.D.G., and Cruz, I. 1990. Damage to germination of seed corn caused by maize weevil (*Sitophilus zeamais*) and Angoumois grain moth (*Sitotroga cerealella*). Pesquisa Agropecuaria Brasileira, 25: 1687-1692.
- Sarate, P.J., Tamhane, V.A., Kotkar, H.M., Ratnakaran, N., Susan, N., Gupta, V.S., and Giri, A.P. 2012. Developmental and digestive flexibilities in the midgut of a polyphagous pest, the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*. Journal of Insect Science, 12: 42.
- Smith, C.M., Khan, Z.R., and Pathak, M.D. 2005. Techniques for evaluating insect resistance in crop plants. CRC Press. USA.
- Smith, R.H. 1991. Genetic and phenotypic aspects of life-history evolution in animals. In M., Begon, A.H. Fitterand, and A. Macfadyen (Eds), Advances in Ecological Methods. Academic Press, London. pp. 63-113.
- Tisdale, R.A., and Sappington, T.W. 2001. Realized and potential fecundity, egg fertility, and longevity of laboratory-reared female beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) under different adult diet regimes. Annals of the Entomological Society of America, 94: 415-419.
- Togola, A., Nwilene, F.E., Chougourou, D.C., and Agunbiade, T. 2010. Presence, populations and damage of the Angoumois grain moth, *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Lepidoptera, Gelechiidae), on rice stocks in Benin. Cahiers Agricultures, 19: 205-209.
- Weston, P.A., and Rattlingourd, P.L. 2000. Progeny production by *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae) in maize previously infested by *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae). Journal of Economic Entomology, 93: 533-536.
- Wongo, L.E. 1990. Factors of resistance in sorghum against *Sitotroga cerealella* (Olivier) and *Sitophilus oryzae* (L.). Insect Science and its Application, 11: 179-188.

## Comparison of biological characteristics and two-sex life table parameters of grain moth, *Sitotroga cerealella* Olivier (Lepidoptera: Gelechiidae), on 12 corn hybrids

G. Nouri Ganbalani<sup>1\*</sup>, S.M. Mirnezhad<sup>2</sup>, A. Ebadollahi<sup>3</sup>, S.A.A. Fathi<sup>4</sup> and M. Mardani-Talae<sup>5</sup>

1. **\*Corresponding Author:** Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agricultural Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran (gadirmouri@yahoo.com)
2. Former M.Sc. student of Entomology, Department of Plant Protection, Faculty of Agricultural Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
3. Assistant Professor, Department of Plant Sciences, Moghan Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
4. Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agricultural Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
5. Former M.Sc. student of Entomology, Department of Plant Protection, Faculty of Agricultural Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Received: 1 August 2017

Accepted: 15 January 2018

### Abstract

#### Background and Objectives

Grain moth, *Sitotroga cerealella* Olivier, is a cosmopolitan pest of stored products that causes significant damage to the cereal grains. Utilization of synthetic fumigant pesticides is a common method for control of *S. cerealella*, but continuous application of such chemicals has resulted in numerous side-effects such as environmental hazards, insect pest resistance and the outbreak of secondary pests. Therefore, the use of alternative potential methods for management of this detrimental insect pest is necessary.

#### Materials and Methods

In the present study, the effect of 12 different maize hybrids including AR89, AS71, BC678, DC370, KSC260, KSC703, KSC704, KSC705, KSC400, PL72, SC71 and Simon was assessed on the biological characteristics and life table parameters of *S. cerealella* under laboratory conditions (25±1 °C, 65±5% RH, and photoperiod of 12L: 12D h).

#### Results

The longest developmental time of *S. cerealella* was observed on hybrids PL72 (34.91 ± 0.24 days) and SC71 (34.39 ± 0.25 days) and its shortest value was achieved on hybrids DC730 (27.08 ± 0.24 days), KSC704 (27.53 ± 0.45 days) and KSC260 (27.76 ± 0.28 days). The lowest and highest net reproductive rates ( $R_0$ ) of pest were observed on hybrids PL72 (10.40±0.09 female/female/generation) and DC730 (28.06 ± 0.17 female/female/generation), respectively. The lowest intrinsic rate of natural increase ( $r_m$ ) was calculated on PL72 (0.060 ± 0.00023 day<sup>-1</sup>) and its highest amount was observed on DC370 (0.109 ± 0.00022 day<sup>-1</sup>).

#### Discussion

According to the results of present study, among the studied hybrids, PL72 was identified as the less suitable host for feeding *S. cerealella* and it can be used in the integrated management of this pest.

**Keywords:** Grain moth,  $r_m$ , survival rate, Corn hybrids, Plant resistance