

Research Article

بررسی شاخص های تغذیه ای و رشدی *Leucania loreyi* (Lepidoptera: Noctuidae) روی هیبریدهای

مختلف ذرت

حسن جعفری^{id}، سید علی همتی^{id}، مهدی اسفندیاری^{id} و آرش راسخ^{id}

گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

چکیده: کرم ذرت، *Leucania loreyi* (Duponchel)، یکی از آفات اقتصادی و مهم ذرت است که مقاومت گیاه میزبان می تواند نقش مهمی در کنترل جمعیت آن داشته باشد. در تحقیق حاضر، شاخص های تغذیه ای و رشدی مجموع سنین لاروی (سن سوم تا پنجم) این آفت روی ۱۰ هیبرید مختلف ذرت (SC705، SC704، BC678، BK66، BK65، SC706، SC201، SC260، SC400 و SC410) مورد بررسی قرار گرفت. از برگ های هیبریدهای کاشته شده در مزرعه برای تغذیه لاروهای سن سوم تا پنجم استفاده شد. بر اساس نتایج به دست آمده، مقدار شاخص هضم پذیری نسبی (AD) روی هیبریدهای SC400، SC706 و SC705 بیشتر و روی هیبریدهای BC678 و SC704 کمتر بود. کارایی تبدیل غذای خورده شده (ECI) روی هیبرید SC706 کمترین و در هیبریدهای SC705، BC678 و SC704 بیشتر بود. کارایی تبدیل غذای هضم شده (ECD) روی تیمارهای مختلف بین ۲۳/۹۳ تا ۶۱/۶۰ درصد متغیر بود که کمترین و بیشترین مقدار آن به ترتیب روی هیبریدهای SC706 و BC678 مشاهده شد. بیشترین و کمترین هزینه متابولیکی (MC) به ترتیب روی هیبریدهای SC706 و BC678 به دست آمد. کمترین وزن لاروها و شفیره ها روی هیبرید SC706 ثبت شد. وزن لاروها روی هیبریدهای SC705، BC678 و SC704 و وزن شفیره ها روی هیبرید BC678 بیشتر بود. نرخ رشد نسبی (RGR) لاروها روی هیبریدهای SC706، SC410 و SC260 کمتر و روی هیبرید BC678 بیشتر بود. کمترین مقادیر شاخص سازگاری (FI) و شاخص رشد-حشره استاندارد (SII) به ترتیب روی هیبریدهای SC706 و SC704 و کمترین شاخص کیفیت گیاه (IPQ) در هیبرید SC704 به دست آمد. نتایج تجزیه خوشه ای هیبریدهای ذرت مورد بررسی نشان داد که هیبریدهای SC706، SC410 و SC260 میزبان های نامناسبی برای *L. loreyi* بودند، بنابراین، می توانند در برنامه های مدیریتی کرم ذرت با هدف کاهش خسارت آفت مورد استفاده قرار گیرند.

اطلاعات مقاله

دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۳۱

پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۱۳

انتشار: ۱۴۰۴/۰۸/۰۲

دبیر تخصصی: جلال جلالی سندی

نویسنده مسئول: سید علی همتی

ایمیل: sa.hemmati@scu.ac.ir

کلمات کلیدی: کارایی تبدیل غذای خورده شده، هزینه متابولیکی، شاخص سازگاری، نرخ رشد نسبی، کرم ذرت

DOI: <https://doi.org/10.22034/jesi.45.4.12>

مقدمه

آفات بالپولکدار به ویژه شب پره های خانواده Noctuidae جزء مهمترین آفات گیاه ذرت (*Zea mays* L.) می باشند. این گیاه یکی از گیاهان تامین کننده غذای انسان می باشد و به طور گسترده در مناطق مختلف دنیا برای مصرف انسان و یا برای تغذیه دام و طیور مورد استفاده قرار می گیرد (Qi et al., 2024; Eckhoff et al., 2003). کرم ذرت، *Leucania* (= *Mythimna*) *loreyi* (Duponchel)، یک گونه مهم از شب پره های خانواده Noctuidae است که انتشار وسیعی در کشورهای آفریقایی، آسیایی، استرالیا و خاورمیانه دارد (Ben Jemâa et al., 2023; Hill et al., 1988). ذرت، برنج، گندم و سورگوم جزو میزبان های اصلی *L. loreyi* هستند، ولی نیشکر و طیف وسیعی از گندمیان نیز ممکن است به عنوان میزبان جایگزین، به ویژه به هنگام طغیان گسترده آفت مورد استفاده قرار گیرند (Ravan et al., 2024; Jalaiean et al., 2017; Esfandiari et al., 2011). حشرات کامل این آفت، دستجات تخم ۱۲۷-۲ عددی خود را در سطح زیرین برگ ها یا در سطح داخلی غلاف برگ ها قرار می دهد. آفت دارای شش سن لاروی است که لارو سن ششم آن، مرحله پیش شفیرگی بوده و فاقد تغذیه می باشد. لاروها اغلب از برگ های گیاهان میزبان تغذیه می کنند، ولی در زمان آلودگی شدید ممکن است به سمت اندام های تولیدمثلی گیاهان نیز حرکت کنند و از دانه ها تغذیه کنند. حمله آفت موجب از بین رفتن شدید برگ ها و تخریب کامل گیاه می گردد (El-Sherif, 1972). لاروهای *L. loreyi* شب فعال بوده و قدرت پراکنش و مهاجرت بالایی دارند و به صورت گروهی از مزرعه ای به مزرعه ای دیگر، حتی از کشوری به کشور دیگر برای یافتن منابع غذایی تازه و مناسب حرکت می کنند. در طول روز نیز، اغلب در قسمت های داخلی گیاهان، زیر برگ ها و بقایا و یا در خاک مخفی می شوند (Jung et al., 2020; El-Sherif, 1972). به دلیل چرخه زندگی نسبتاً کوتاه و سازگاری بالا به شرایط آب و هوایی مختلف، *L. loreyi* می تواند تهدید جدی برای امنیت غذایی مصرف کنندگان باشد، به ویژه در کشورهای در حال توسعه که غلات به عنوان غذای اصلی است و هر گونه آلودگی شدید آفات می تواند منجر به کاهش قابل توجه محصول گردد (El-Sherif, 1972).

کنترل طغیان‌های مکرر *L. loreyi* در بیشتر مناطق، فصل‌ها و سال‌ها به دلیل تولیدمثل بالا، مهاجرت در مسافت‌های طولانی، قدرت مخفی شدن در مکان‌های مختلف، وابستگی بالا به شرایط آب و هوایی و فقدان دشمن طبیعی موثر می‌تواند یک چالش عظیم باشد (Ebrahimi et al., 2024; Ben Jemaa et al., 2023; Lockwood et al., 2007). اگرچه استفاده از حشره‌کش‌ها روش موثری برای کنترل جمعیت این آفت می‌باشد، ولی کاربرد ارقام مقاوم می‌تواند روش مکمل ایده‌آلی برای به حداقل رساندن جمعیت و خسارت *L. loreyi* باشد و حتی می‌تواند نیاز به استفاده از سایر روش‌های مدیریت آفت مانند مصرف آفت‌کش‌ها را کاهش دهد. کاهش هزینه‌های تولیدکننده و مصرف‌کننده و کاهش خطرات زیست محیطی ناشی از مصرف آفت‌کش‌های شیمیایی از مزایای دیگر استفاده از ارقام مقاوم می‌باشد (da Silva et al., 2004).

ذرت به عنوان غذای مرجع *L. loreyi* به صورت ارقام و هیبریدهای مختلف بومی یا تجاری کاشته می‌شود. هیبریدهای ذرت تولید شده در طی برنامه‌های اصلاح نباتات، علاوه بر این که دارای ژنتیک اصلاح شده مانند عملکرد بالا، رنگ دانه مطلوب، کیفیت فرآوری بالا و مقاومت به شرایط رشدی مختلف می‌باشند (MacRobert et al., 2014; Thapa et al., 2022)، پتانسیل مقاومت بالایی به انواع آفات و بیماری‌های گیاهی نشان می‌دهند (Fathipour et al., 2021; de Paiva et al., 2016; Tavakkoli et al., 2013). بنابراین، جایگزینی ارقام ذرت بومی حساس و دارای عملکرد پایین با هیبریدهای اصلاح شده می‌تواند ضمن افزایش عملکرد گیاه ذرت در سیستم‌های زراعی کشاورزی، موجب کاهش شیوع آفات گردد. با این وجود، کیفیت هیبریدهای مختلف ذرت به دلیل تفاوت ویژگی‌های ریخت‌شناختی و غلظت ترکیبات شیمیایی اولیه و ثانویه آنها ممکن است متفاوت باشد و لذا، می‌تواند الگوهای رشد، مصرف و استفاده از غذا، خصوصیات زیستی و فیزیولوژی آفات گیاه‌خوار را به طور متفاوتی تحت تاثیر قرار دهد (Schoonhoven et al., 2005; Alekaram et al., 2024). پر واضح است که حشرات در چنین مواقعی گیاهانی را انتخاب می‌کنند که تمام نیازهای تغذیه‌ای و رشدی آنها را تامین کنند و برای تغذیه، مطمئن و بی‌خطر باشند. به عبارت دیگر، سمی نبوده و مانع تغذیه نشوند (مانند مهارکننده‌های آنزیمی) و یا در رشد آنها ایجاد اختلال نکنند (Asmoro et al., 2021). یکی از متداول‌ترین روش‌ها برای مطالعه برهمکنش گیاه-گیاه‌خوار، مطالعه شاخص‌های تغذیه‌ای حشرات است که معیار مهمی برای تعیین میزان مصرف غذا و کارایی استفاده از آن در حشرات می‌باشد (Rayapuram et al., 2006). از موارد عملی کاربرد شاخص‌های تغذیه‌ای، مقایسه کارایی حشره روی میزبان‌های گیاهی، ارقام یا هیبریدهای مختلف است تا مشخص شود که چگونه مقاومت یا حساسیت گیاه ممکن است رفتار و متابولیسم حشره را تحت تاثیر قرار دهد (Slansky, 1990; Hemati et al., 2012; Jafari et al., 2023). شاخص‌های تغذیه‌ای شب‌پره‌های خانواده Noctuidae روی هیبریدهای مختلف ذرت توسط پژوهشگران مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است. به عنوان مثال، Hosseini et al. (2015) شاخص‌های تغذیه‌ای و رشدی کرم قوزه پنبه، *Helicoverpa armigera* (Hubner) را روی ۱۱ هیبرید مختلف ذرت بررسی و گزارش کردند که هیبریدهای K36*K35 و K18*K48 هیبریدهای نامناسبی برای تغذیه این آفت بودند. بررسی شاخص‌های تغذیه‌ای کرم برگ‌خوار *Spodoptera exigua* (Hübner) روی ۱۰ هیبرید تجاری ذرت نشان داد که هیبرید Keynes540 تاثیر منفی بر کارایی تغذیه‌ای این آفت داشت (Mardani-Talaei et al., 2013). در مطالعه انجام شده توسط Alekaram et al. (2024) نیز، دانه‌های هیبریدهای مختلف ذرت در غذای مصنوعی لاروهای کرم برگ‌خوار *Spodoptera littoralis* (Boisd) استفاده و گزارش شد که هیبرید SC703 میزبان مناسبی برای تغذیه این آفت بود، ولی هیبرید Oteel درجاتی از مقاومت را به این آفت نشان داد. علاوه بر این، شاخص‌های رشدی مانند شاخص سازگاری (FI)، شاخص رشد-حشره استاندارد (SII) و غیره جزو شاخص‌های مهمی هستند که اهمیت نرخ زنده‌مانی و طول دوره نشو و نما را در سنجش کیفیت غذا نشان می‌دهند (Setamou et al., 1999). این شاخص‌ها در تحقیقات مختلف برای ارزیابی کیفیت میزبان‌های گیاهی مختلف (Amer & El-Sayed, 2014)، انواع جیره‌های غذایی مصنوعی (Ashouri et al., 2022) و ارقام مختلف یک گیاه (Goudarzi et al., 2024) مورد استفاده قرار می‌گیرند.

طبق بررسی منابع صورت گرفته، مطالعاتی در زمینه ارزیابی شاخص‌های تغذیه‌ای و رشدی *L. loreyi*، به ویژه روی هیبریدهای مختلف ذرت انجام نشده است. با توجه به فقدان اطلاعات کافی در این زمینه، ارزیابی اثر هیبریدهای مختلف ذرت روی جنبه‌های مختلف تغذیه‌ای و رشدی این آفت ضروری به نظر می‌رسد. در مطالعه پیشین، زیست‌شناسی، فراسنجه‌های رشد جمعیت، آنزیم‌های گوارشی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی *L. loreyi* روی هیبریدهای مختلف ذرت مورد مطالعه قرار گرفت و تاثیر کیفیت متفاوت این برگ‌ها از نظر غلظت ترکیبات شیمیایی اولیه (نیترژن، پروتئین، نشاسته) و ثانویه (فنل، فلاونوئید و آنتوسیانین) در تحت تاثیر قرار دادن فراسنجه‌های مختلف زیستی ارزیابی شد (Jafari et al., 2025). در مطالعه حاضر نیز، شاخص‌های تغذیه‌ای و رشدی *L. loreyi* روی برگ هیبریدهای مختلف ذرت با هدف تعیین میزان حساسیت یا مقاومت آنها به این آفت مورد بررسی قرار گرفت که در تکمیل مطالعه پیشین می‌باشد. نتایج مطالعه حاضر می‌تواند قدم ارزشمندی برای شناسایی هیبرید یا هیبریدهای مقاوم ذرت به *L. loreyi* و نیز، طراحی یک برنامه مدیریت تلفیقی مناسب برای جلوگیری از خسارت بیشتر این آفت در مزارع ذرت باشد.

مواد و روش‌ها

تهیه و کشت هیبریدهای ذرت. در پژوهش حاضر، ۱۰ هیبرید مختلف ذرت شامل هیبریدهای BK65، BK66، BC678، SC704، SC705، SC706، SC201، SC260، SC400 و SC410 استفاده شد. این هیبریدها جزء هیبریدهای تجاری متداول کشت شده در اکثر مناطق ایران و نیز، سازگار با اقلیم استان خوزستان می‌باشند. هیبریدهای مورد نظر به صورت بذر از مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شدند. کاشت این بذور در مزرعه‌ای واقع در شمال شرق شهرستان بهبهان، خوزستان، ایران در مرداد ماه ۱۴۰۳ انجام گرفت. برای هر هیبرید دو پشته (در مجموع ۲۰ پشته) به طول ۳۰ متر، ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر، فاصله ردیف ۷۵ سانتی‌متر و فاصله کاشت ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کود پایه بر اساس عرف منطقه (اوره ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، فسفات ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، پتاس ۵۰ کیلوگرم در هکتار و گوگرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار) قبل از کشت گیاهان در خاک استفاده شد. تمام عملیات کشاورزی توصیه شده شامل وجین علف‌های

هرز، تنک کردن و آبیاری به غیر از استفاده از آفت‌کش‌ها در طی رشد گیاهان در مزرعه انجام گرفت. پس از رسیدن گیاهان به مرحله ۱۰ برگی، برگ‌ها جهت تغذیه لاروها مورد استفاده قرار گرفتند.

تهیه و پرورش حشره. لاروهای *Lecania loreyi* از مزارع ذرت شهرستان بهبهان، خوزستان، ایران جمع‌آوری گردید. لاروهای جمع‌آوری شده به ۱۰ گروه (هر گروه برای هر هیبرید ذرت) تقسیم و به مدت یک نسل روی برگ‌های تازه هر هیبرید ذرت پرورش داده شدند (در مجموع ۱۰ کلنی). برای تغذیه حشرات کامل نیز از محلول آب عسل ۱۰ درصد استفاده گردید. غذا به طور روزانه در اختیار حشرات پرورشی قرار می‌گرفت. پرورش حشره و آزمایشات مربوطه در اتاقک رشد با دمای 25 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام گرفت.

شاخص‌های تغذیه‌ای *L. loreyi* روی هیبریدهای مختلف ذرت. برای اندازه‌گیری شاخص‌های تغذیه‌ای مجموع سنین لاروی (سن سوم تا پنجم) *L. loreyi*، لاروهای تازه ظاهر شده از تخم‌های هم‌سن نسل دوم از هر کلنی جدا و تا رسیدن به سن سوم لاروی روی هر هیبرید ذرت پرورش داده شدند. گروه‌های ۲۵ عددی از لاروهای سن سوم به طور تصادفی از هر هیبرید انتخاب و به طور انفرادی در ظروف پتری پلاستیکی (قطر ۱۰ سانتی‌متر، ارتفاع ۱/۵ سانتی‌متر) پرورش یافتند. برای تامین تهویه، در سرپوش هر ظرف منفذی به قطر دو سانتی‌متر ایجاد و با توری ظریف پوشانده شد. روزانه قطعاتی از برگ‌های تازه هر هیبرید ذرت برای تغذیه در اختیار لاروها در هر تیمار قرار می‌گرفت. وزن لاروها پیش و پس از تغذیه تا رسیدن به مرحله پیش‌شیرگی روزانه در هر هیبرید ذرت توزین شد. علاوه بر این، وزن غذای داده شده، وزن غذای باقیمانده و وزن فضولات تولید شده روزانه در هر تیمار ذرت تعیین شد. برای تعیین شاخص‌های تغذیه‌ای که بر اساس وزن خشک نمونه‌ها محاسبه می‌شود، ۲۰ نمونه از برگ‌ها، لاروها و فضولات در هر تیمار ذرت همزمان با انجام آزمایش اصلی انتخاب و پس از توزین اولیه، در داخل آون با دمای ۶۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت کاملاً خشک و سپس، وزن آنها دوباره اندازه‌گیری شد. تمام اندازه‌گیری‌ها با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ انجام گرفت (Sartorius AG Germany GCA803S). این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. شاخص‌های تغذیه‌ای مجموع سنین لاروی (سن سوم تا پنجم) *L. loreyi* روی هیبریدهای مختلف ذرت با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شدند (Waldbauer, Scriber & Slansky, 1981):

نرخ مصرف (CR= Consumption rate)

$$CR = \frac{E}{T}$$

شاخص مصرف (CI= Consumption index)

$$CI = \frac{E}{A}$$

شاخص هضم‌پذیری نسبی (AD= Approximate digestibility)

$$AD = \frac{E - F}{E} \times 100$$

کارایی تبدیل غذای خورده شده (ECI= Efficiency of conversion of ingested food)

$$ECI = \frac{P}{E} \times 100$$

کارایی تبدیل غذای هضم شده (ECD= Efficiency of conversion of digested food)

$$ECD = \frac{P}{E - F} \times 100$$

شاخص مصرف نسبی (RCR= Relative consumption rate)

$$RCR = \frac{E}{W_0 \times T}$$

نرخ متابولیسم نسبی (RMR= Relative metabolic rate)

$$RMR = \frac{M}{W_0 \times T}$$

هزینه متابولیسمی (MC= Metabolic cost)

$$MC = 100 - ECD$$

در این فرمول‌ها، E وزن غذای مصرف شده، T دوره تغذیه، A میانگین وزن لارو در طی دوره تغذیه، F وزن فضولات تولید شده، P وزن کسب شده توسط لارو، W_0 وزن اولیه لارو و M غذای متابولیزه شده می‌باشد. وزن غذای مصرف شده، حاصل تفاوت بین وزن غذای تازه ارائه شده و وزن غذای باقیمانده پس از ۲۴ ساعت می‌باشد. وزن کسب شده با محاسبه تفاوت بین وزن لارو در طی ۲۴ ساعت به دست می‌آید. غذای متابولیزه شده نیز، با فرمول $M = (E - F) - P$ محاسبه می‌شود.

وزن پیش‌شیره و شفیره و شاخص‌های رشدی *L. loreyi* روی هیبریدهای مختلف ذرت. برای تعیین وزن پیش‌شیره‌ها و شفیره‌های *L. loreyi*، وزن هر یک از این مراحل رشدی (۲۵ عدد)، ۲۴ ساعت پس از ظهور در هر تیمار ذرت اندازه‌گیری شد. شاخص‌های رشدی *L. loreyi* روی هیبریدهای مختلف ذرت با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شدند (Itoyama *et al.*, 1999؛ Waldbauer, 1968؛ Pretorius, 1976):

شاخص سازگاری (FI= Fitness index)

$$FI = \frac{(P \times P_w)}{(L + P_d)}$$

شاخص رشد لارو (LGI= Larval growth index)

$$LGI = \frac{I_x}{L}$$

شاخص رشد-حشره استاندارد (SII= Standardized insect-growth index)

$$SII = \frac{P_w}{L}$$

در این فرمول‌ها، P درصد تشکیل شفیره، P_w وزن شفیره، P_d طول دوره شفیره، L طول دوره لاروی و I_x نرخ زنده‌مانی لارو می‌باشد.

شاخص رشد نسبی (RGR= Relative growth rate)

$$RGR = \frac{P}{W_0 \times T}$$

در این فرمول، P وزن کسب شده توسط لارو، W_0 وزن اولیه لارو و T دوره تغذیه است.

شاخص کیفیت گیاه. برای محاسبه شاخص کیفیت گیاه (IPQ= Index of plant quality) از فرمول زیر استفاده شد (Koricheva & Haukioja, 1992):

$$IPQ = \frac{P_w}{F}$$

که در این فرمول، P_w وزن شفیره و F وزن فضولات تولید شده می‌باشد.

تجزیه داده‌ها. پیش از تجزیه داده‌ها، نرمال بودن باقیمانده‌ها (Residuals) و همگنی واریانس داده‌ها به ترتیب با استفاده از آزمون‌های کولموگروف-اسمیرنف و لون (Levene's test) در نرم‌افزار SPSS v. 16.0 مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه داده‌های شاخص‌های تغذیه‌ای و رشدی *L. loreyi* با تغذیه از هیبریدهای ذرت مورد بررسی با استفاده از تجزیه واریانس یک طرفه (one-way ANOVA) در نرم‌افزار SPSS v. 16.0 انجام شد. اختلاف آماری بین میانگین‌ها نیز، با آزمون توکی در سطح احتمال یک درصد در نرم‌افزار مذکور مورد بررسی قرار گرفت. نمودارها در نرم‌افزار Excel رسم شدند. تجزیه خوشه‌ای هیبریدهای مختلف ذرت بر اساس شاخص‌های تغذیه‌ای و رشدی *Leucania loreyi* به روش Ward در نرم‌افزار SPSS v. 16.0 انجام گرفت.

نتایج

شاخص‌های تغذیه‌ای *L. loreyi* روی هیبریدهای مختلف ذرت. نقشه حرارتی شاخص‌های تغذیه‌ای مجموع سنین لاروی (سن سوم تا پنجم) *L. loreyi* روی هیبریدهای مختلف ذرت در **جدول ۱** ارائه شده است. نرخ مصرف (CR) لارو در هیبرید SC704 بیشترین و در هیبرید SC706 کمترین بود ($P < 0.01$ ؛ $F_{9,134} = 9.075$) (**جدول ۱**). بیشترین و کمترین مقدار شاخص مصرف (CI) لاروهای *L. loreyi* به ترتیب روی هیبریدهای SC706 و BC678 به دست آمد ($P < 0.01$ ؛ $F_{9,134} = 16.019$). لاروهای *L. loreyi* روی هیبریدهای SC400، SC706 و SC705 مقدار شاخص هضم‌پذیری نسبی (AD) بیشتر و روی هیبریدهای BC678 و SC704 کمتر این شاخص را داشتند ($P < 0.01$ ؛ $F_{9,134} = 3.864$). کارایی تبدیل غذای خورده شده (ECI) روی هیبرید SC706 کمترین و روی هیبریدهای SC705، BC678 و SC704 بیشتر بود ($P < 0.01$ ؛ $F_{9,134} = 28.188$). کارایی تبدیل غذای هضم شده (ECD) نیز، روی هیبرید SC706 کمترین و روی هیبرید BC678 بیشترین بود ($P < 0.01$ ؛ $F_{9,134} = 19.776$). لاروهای *L. loreyi* به هنگام تغذیه از هیبرید SC400 بیشترین نرخ مصرف نسبی (RCR) و به هنگام تغذیه از هیبرید BC678 کمترین مقدار این شاخص را داشتند ($P < 0.01$ ؛ $F_{9,134} = 15.626$). نرخ متابولیسم نسبی (RMR) روی هیبرید SC706 بیشترین و روی هیبریدهای BC678 و SC704 کمتر بود ($P < 0.01$ ؛ $F_{9,134} = 12.162$). بیشترین و کمترین هزینه متابولیسمی (MC) نیز، به ترتیب روی هیبریدهای SC706 و BC678 به دست آمد ($P < 0.01$ ؛ $F_{9,134} = 19.776$).

وزن غذای مصرف شده توسط لاروها به هنگام تغذیه از هیبرید BK65 بیشترین و به هنگام تغذیه از هیبریدهای SC410 و BK66 کمتر بود ($P < 0.01$ ؛ $F_{9,134} = 2.367$). مقدار فضولات تولید شده توسط لاروها با تغذیه از هیبریدهای BC678 و SC704 بیشتر و با تغذیه از هیبریدهای SC400، SC410 و

BK66 کمتر بود ($F_{9,34} = 5/476$; $P < 0/01$) (شکل ۱b). وزن کسب شده لاروها در هیبریدهای SC705، BC678 و SC704 بیشتر و در هیبریدهای SC706 و SC410 کمتر بود ($F_{9,34} = 31/167$; $P < 0/01$) (شکل ۱c).

وزن لارو، پیش‌سفیره و شفیره و شاخص‌های رشدی *L. loreyi* روی هیبریدهای مختلف ذرت. لاروهای *L. loreyi* روی هیبریدهای SC705، BC678 و SC704 دارای وزن بیشتر بودند. با این وجود، لاروهای این آفت روی هیبرید SC706 کمترین وزن را داشتند ($F_{9,34} = 17/924$; $P < 0/01$) (شکل ۲). پرورش لاروهای *L. loreyi* روی هیبریدهای BC678 و SC704 منجر به افزایش وزن پیش‌سفیره‌ها شد، ولی پرورش آنها روی هیبریدهای SC706، SC260 و SC260 موجب کاهش وزن پیش‌سفیره‌ها شد ($F_{9,34} = 4/069$; $P < 0/01$) (شکل ۲). بیشترین و کمترین وزن شفیره‌ها نیز، به ترتیب روی هیبریدهای BC678 و SC706 به دست آمد ($F_{9,34} = 3/481$; $P < 0/01$) (شکل ۲). شاخص سازگاری (FI) آفت با تغذیه از هیبرید SC706 کمترین و با تغذیه از هیبرید BC678 بیشترین بود ($F_{9,34} = 84/703$; $P < 0/01$) (جدول ۲). شاخص رشد لاروی (LGI) روی هیبریدهای SC706 و SC260 کمتر و روی هیبرید BC678 بیشترین بود ($F_{9,34} = 47/436$; $P < 0/01$) (جدول ۲). کمترین شاخص رشد-حشره استاندارد (SII) *L. loreyi* روی هیبرید SC706 و بیشترین آن روی هیبرید BC678 به دست آمد ($F_{9,34} = 21/044$; $P < 0/01$) (جدول ۲). مقدار نرخ رشد نسبی (RGR) لاروهای تغذیه کرده از هیبریدهای SC706، SC410 و SC260 کمتر و در لاروهای تغذیه کرده از هیبرید BC678 بیشترین بود ($F_{9,34} = 76/288$; $P < 0/01$) (جدول ۲).

شاخص کیفیت گیاه. نتایج به دست آمده نشان داد که شاخص کیفیت گیاه (IPQ) به طور معنی‌داری متاثر از تیمارهای مختلف مورد بررسی بود ($F_{9,34} = 2/484$; $P < 0/01$). به طوری که، کمترین و بیشترین مقدار این شاخص در هیبریدهای SC704 و BK66 به دست آمد (شکل ۳).

تجزیه خوشه‌ای هیبریدهای مختلف ذرت. دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای هیبریدهای مختلف ذرت بر اساس شاخص‌های تغذیه‌ای و رشدی مجموع سنین لاروی (سن سوم تا پنجم) *L. loreyi* در شکل ۴ نشان داده شده است. بر این اساس، هیبریدهای مختلف ذرت از نظر سطح حساسیت یا مقاومت در برابر آفت به دو گروه اصلی A و B تقسیم شدند. گروه A شامل دو زیرگروه A1 (BK65، BK66، SC400، SC201 و SC705) (به عنوان هیبریدهای حد واسطه) و A2 (SC410، SC260 و SC706) (به عنوان هیبریدهای مقاوم به آفت به دلیل داشتن شاخص‌های تغذیه‌ای و رشدی پایین) بودند. گروه B نیز، شامل هیبریدهای BC678 و SC704 (به عنوان هیبریدهای حساس به آفت به دلیل دارا بودن شاخص‌های تغذیه‌ای و رشدی بالا) بود.

جدول ۱- نقشه حرارتی شاخص‌های تغذیه‌ای مجموع سنین لاروی (سن سوم تا پنجم) *Leucania loreyi* روی هیبریدهای مختلف ذرت

Table 1. Heat map of nutritional indices (mean $\pm$ SE) of total larval instars (third to fifth instar) of *Leucania loreyi* on different maize hybrids

Maize (Hybrids)	CR (mg day ⁻¹)	CI (mg mg ⁻¹)	AD (%)	ECI (%)	ECD (%)	RCR (mg mg ⁻¹ day ⁻¹)	RMR (mg mg ⁻¹ day ⁻¹)	MC (%)	
SC400	16.15 $\pm$ 0.54bcd	2.77 $\pm$ 0.09bc	35.51 $\pm$ 2.316a	9.77 $\pm$ 0.35b	36.12 $\pm$ 2.36cd	1.38 $\pm$ 0.05a	3.02 $\pm$ 0.28b	63.88 $\pm$ 2.36bc	H
SC706	14.31 $\pm$ 0.45d	3.54 $\pm$ 0.13a	34.81 $\pm$ 2.15a	7.12 $\pm$ 0.38e	23.93 $\pm$ 1.65e	1.18 $\pm$ 0.04bc	4.43 $\pm$ 0.42a	76.07 $\pm$ 1.65a	
SC410	14.85 $\pm$ 0.39cd	3.04 $\pm$ 0.10b	31.25 $\pm$ 1.76ab	7.61 $\pm$ 0.29cde	27.07 $\pm$ 1.91de	1.01 $\pm$ 0.03cde	3.30 $\pm$ 0.32ab	72.92 $\pm$ 1.91ab	
SC705	16.99 $\pm$ 0.44abc	2.51 $\pm$ 0.08cd	34.32 $\pm$ 2.09a	12.30 $\pm$ 0.51a	41.07 $\pm$ 2.96bc	1.25 $\pm$ 0.04ab	1.95 $\pm$ 0.24bc	58.92 $\pm$ 2.96cd	
SC201	16.05 $\pm$ 0.52bcd	2.76 $\pm$ 0.10bc	31.58 $\pm$ 2.28ab	9.30 $\pm$ 0.42bc	35.99 $\pm$ 3.20cd	1.10 $\pm$ 0.04bcd	2.64 $\pm$ 0.35b	64.01 $\pm$ 3.20bc	
SC260	14.64 $\pm$ 0.49d	2.98 $\pm$ 0.12b	29.69 $\pm$ 2.00ab	7.39 $\pm$ 0.28de	29.17 $\pm$ 2.21de	1.19 $\pm$ 0.05b	3.18 $\pm$ 0.33ab	70.83 $\pm$ 2.21ab	
BK65	17.57 $\pm$ 0.66ab	3.00 $\pm$ 0.10b	31.56 $\pm$ 2.13ab	8.33 $\pm$ 0.41bcde	30.39 $\pm$ 2.53cde	1.20 $\pm$ 0.04b	3.12 $\pm$ 0.40ab	69.61 $\pm$ 2.53abc	
BC678	18.22 $\pm$ 0.54ab	2.28 $\pm$ 0.07d	24.35 $\pm$ 1.67b	13.35 $\pm$ 0.52a	61.60 $\pm$ 3.66a	0.91 $\pm$ 0.03c	0.88 $\pm$ 0.14c	38.40 $\pm$ 3.66e	
BK66	15.19 $\pm$ 0.52cd	2.44 $\pm$ 0.08cd	33.02 $\pm$ 2.22ab	9.26 $\pm$ 0.40bcd	32.87 $\pm$ 2.58cde	0.98 $\pm$ 0.03de	2.77 $\pm$ 0.28b	67.13 $\pm$ 2.58abc	
SC704	18.57 $\pm$ 0.46a	2.36 $\pm$ 0.07cd	24.37 $\pm$ 1.09b	12.08 $\pm$ 0.54a	51.62 $\pm$ 2.57ab	0.94 $\pm$ 0.03de	1.12 $\pm$ 0.14c	48.38 $\pm$ 2.57de	L

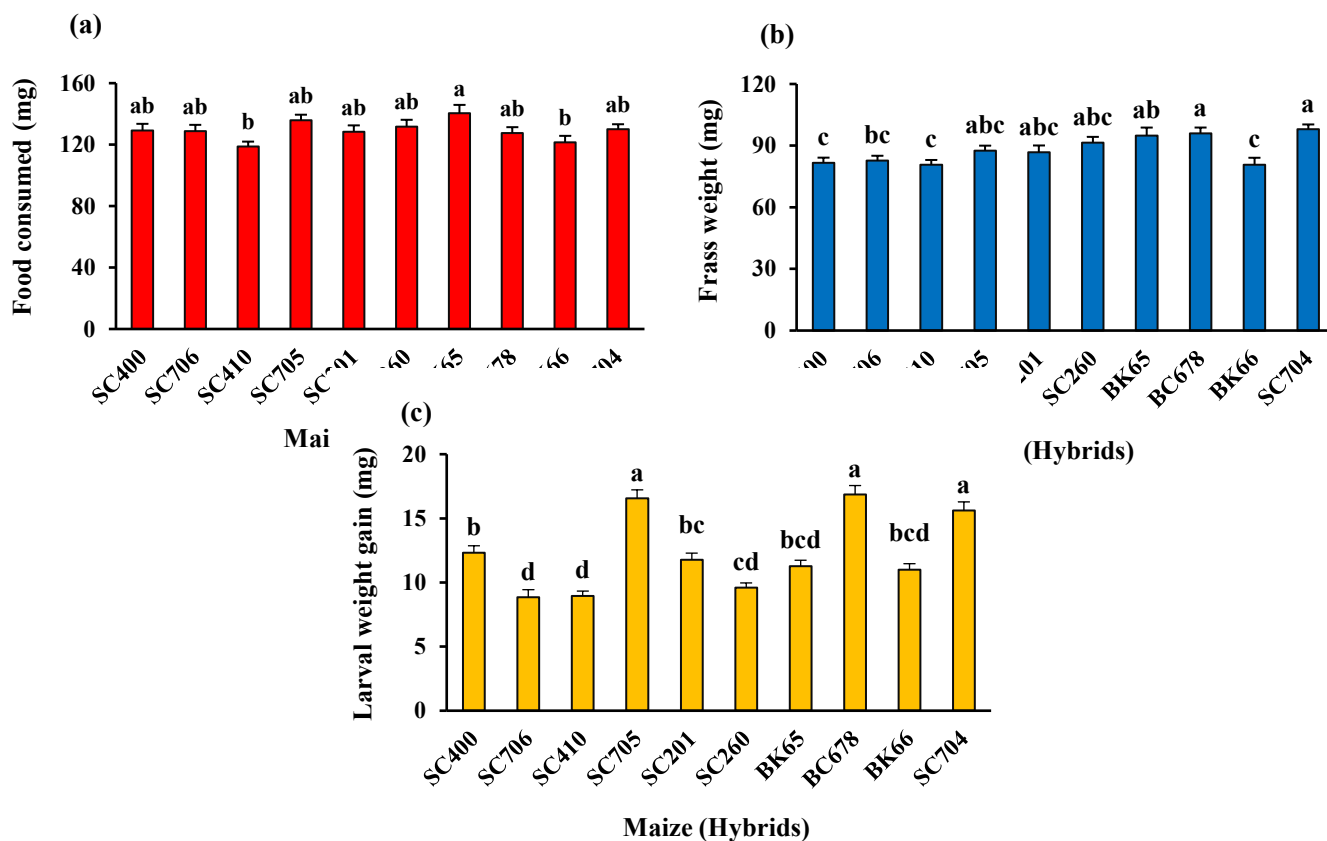
جدول ۲- شاخص‌های رشدی مجموع سنین لاروی (سن سوم تا پنجم) *Leucania loreyi* روی هیبریدهای مختلف ذرت

Table 2. Mean ($\pm$ SE) growth indices of *Leucania loreyi* larvae (third to fifth instars) fed on different maize hybrids.

Maize (Hybrids)	FI (mg day ⁻¹)	LGI	SII (mg day ⁻¹)	RGR (mg mg ⁻¹ day ⁻¹)
SC400	0.92 $\pm$ 0.03e	3.10 $\pm$ 0.04e	4.10 $\pm$ 0.09c	0.175 $\pm$ 0.004cd
SC706	0.66 $\pm$ 0.02f	2.93 $\pm$ 0.06f	3.51 $\pm$ 0.07e	0.103 $\pm$ 0.004f
SC410	1.01 $\pm$ 0.03e	3.27 $\pm$ 0.03d	4.03 $\pm$ 0.09cd	0.102 $\pm$ 0.002f
SC705	1.37 $\pm$ 0.04bc	3.44 $\pm$ 0.04bc	4.46 $\pm$ 0.09bc	0.200 $\pm$ 0.005ab
SC201	1.45 $\pm$ 0.04b	3.29 $\pm$ 0.03cd	4.40 $\pm$ 0.107bc	0.159 $\pm$ 0.005de
SC260	0.98 $\pm$ 0.03e	2.82 $\pm$ 0.03f	3.60 $\pm$ 0.08de	0.107 $\pm$ 0.004f
BK65	1.04 $\pm$ 0.03e	3.54 $\pm$ 0.04ab	4.57 $\pm$ 0.11ab	0.163 $\pm$ 0.007d
BC678	1.81 $\pm$ 0.04a	3.61 $\pm$ 0.02a	4.93 $\pm$ 0.11a	0.211 $\pm$ 0.005a
BK66	1.07 $\pm$ 0.03de	3.31 $\pm$ 0.03cd	4.34 $\pm$ 0.1bc	0.141 $\pm$ 0.004e
SC704	1.23 $\pm$ 0.04cd	3.41 $\pm$ 0.03bcd	4.60 $\pm$ 0.10ab	0.185 $\pm$ 0.005bc

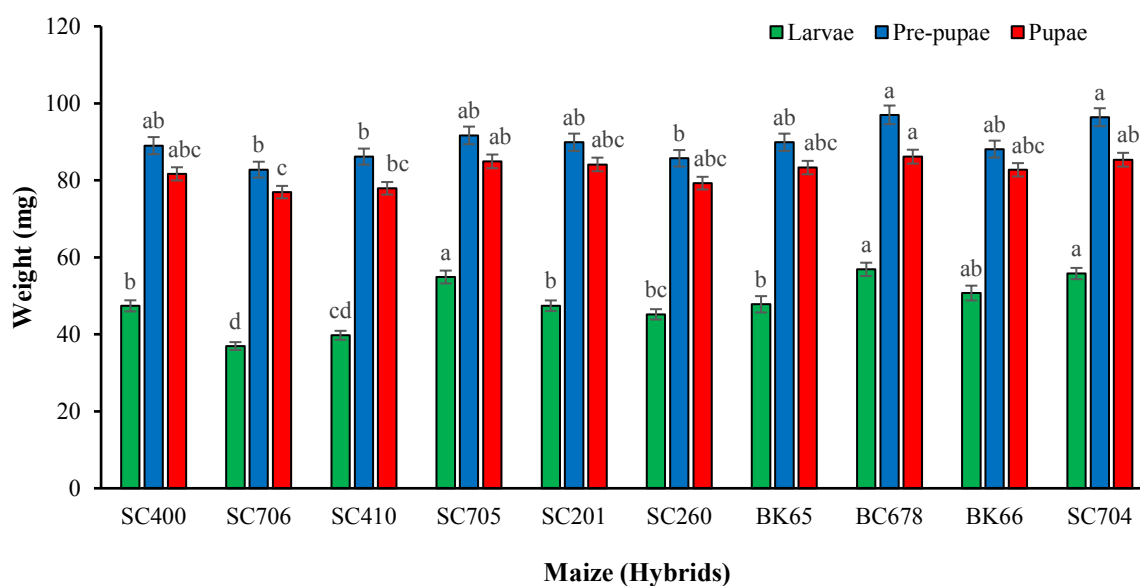
Means followed by different letters in the same column are significantly different (Tukey test, $P < 0.01$).

FI, fitness index; LGI, larval growth index; SII, standardized insect-growth index; RGR, relative growth rate



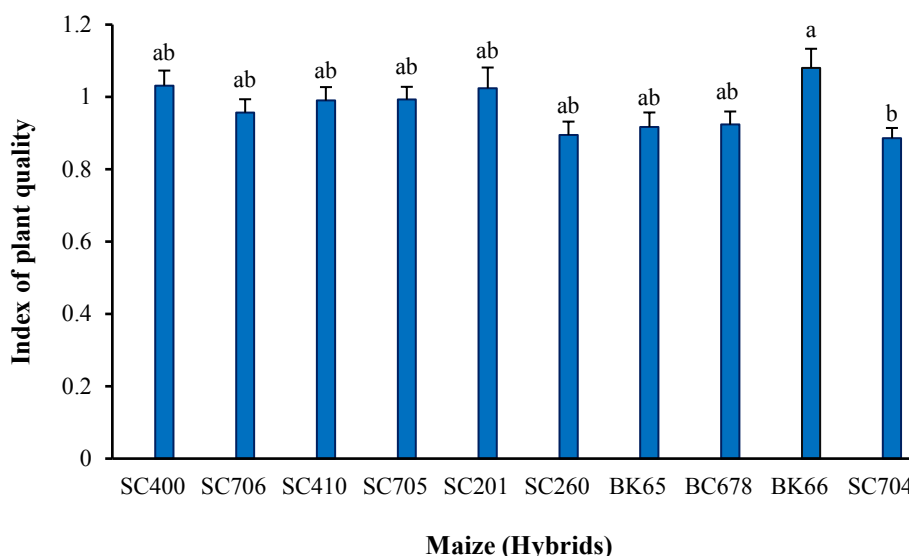
شکل ۱- میانگین (± خطای معیار) غذای مصرف شده (a)، وزن فضولات (b) و وزن کسب شده (c) مجموع سنین لاروی (سن سوم تا پنجم) *Leucania loreyi* روی هیبریدهای مختلف ذرت

Fig 1. Mean (± SE) food consumed (a), frass weight (b), and weight gain (c) of *Leucania loreyi* for total larval instars (third to fifth instar) on different maize hybrids

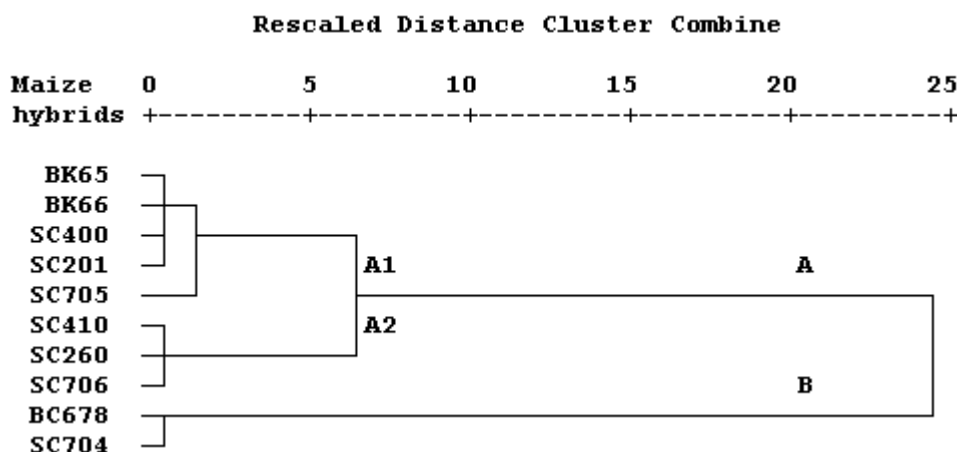


شکل ۲- میانگین (± خطای معیار) وزن مجموع سنین لاروی (سن سوم تا پنجم)، پیش شفیره‌ها و شفیره‌های *Leucania loreyi* روی هیبریدهای مختلف ذرت

Fig 2. Mean (± SE) total larval instars (third to fifth instar), pre-pupal, and pupal weight of *Leucania loreyi* on different maize hybrids



شکل ۳- میانگین ($\pm$ خطای معیار) شاخص کیفیت گیاه (IPQ) در هیبریدهای مختلف ذرت



شکل ۴- دندروگرام هیبریدهای مختلف ذرت بر اساس شاخص‌های تغذیه‌ای و رشدی مجموع سنین لاروی (سن سوم تا پنجم) *Leucania loreyi* (روش Ward)

Fig 4. Dendrogram of different maize hybrids based on nutritional and growth indices of total larval instars (third to fifth instar) of *Leucania loreyi* (Ward's method)

بمٹ و نتیجہ گیری

غذای خورده شده توسط حشرات، انرژی لازم را برای فعالیت‌های معمول، رشد، تولیدمثل و نگهداری بافت‌ها تامین می‌کند (Chapman, 1998). با این وجود، نوع و کیفیت غذا می‌تواند بر مقدار مصرف غذا و رفتار تغذیه‌ای حشرات موثر باشد. گیاهان به عنوان اصلی‌ترین منبع تغذیه‌ای برای حشرات گیاه‌خوار هستند. تغذیه از برخی از گیاهان میزبان یا ارقام مختلف یک گیاه می‌تواند باعث بهبود کارایی تغذیه‌ای و رشد حشرات شود، ولی برخی دیگر ممکن است تغذیه و رشد آنها را محدود سازد (Safarnia Nafouti *et al.*, 2021). در بررسی حاضر، استفاده از هیبریدهای مختلف ذرت برای تغذیه لاروهای *L. loreyi* باعث بروز تفاوت‌های معنی‌داری بین شاخص‌های تغذیه‌ای و رشدی مجموع سنین لاروی (سن سوم تا پنجم) این آفت گردید که حاکی از ارزش غذایی متفاوت هیبریدهای مورد مطالعه می‌باشد. این نتیجه، همسو با نتایج گزارش شده توسط محققین دیگر روی سایر هیبریدهای ذرت می‌باشد (Aleksaram *et al.*, 2024؛ Hosseini-nejad *et al.*, 2015؛ Hosseini-nejad & Naseri, 2015؛ Mardani-Talaei *et al.*, 2013).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که لاروهای *L. loreyi* روی هیبریدهای SC400، SC706 و SC705 مقدار شاخص هضم‌پذیری نسبی (AD) بیشتری داشتند، ولی روی هیبرید SC706 دارای کمترین مقدار عددی شاخص‌های کارایی تبدیل غذای خورده شده (ECI) و کارایی تبدیل غذای هضم شده (ECD) بودند. شاخص هضم‌پذیری نسبی (AD) نشان می‌دهد که چه درصدی از غذای خورده شده به طور موثری توسط حشره جذب شده است. شاخص‌های کارایی تبدیل غذای خورده شده (ECI) و کارایی تبدیل غذای هضم شده (ECD) نیز، به ترتیب نشان‌دهنده توانایی حشره در استفاده از غذای خورده شده و هضم شده برای

تولید زیست توده و افزایش رشد می باشد (Sundufu et al., 2023). بنابراین، لاروهای *L. loreyi* روی هیبرید SC706 هر چند توانستند بخش عمده ای از غذای مصرف شده را هضم کنند، ولی قادر نبودند که غذای خورده شده و هضم شده را به توده بدنی تبدیل کنند. اختلال در فعالیت های متابولیکی از جمله دفع و کاتابولیسم ممکن است در این امر دخالت داشته باشد (Mardani-Talaei et al., 2013). همچنین، مقدار بالای ترکیبات شیمیایی ثانویه مانند فنل و آنتوسیانین در برگ های هیبریدهای SC400، SC706 و SC705 که در مطالعه پیشین ما گزارش شد، احتمالاً در این زمینه اثرگذار بوده است (Jafari et al., 2025). وجود مواد ضد تغذیه ای یا سمی در غذا موجب می شود که غذا به جای تبدیل شدن به پروتئین و چربی در بافت های بدن، صرف تولید انرژی برای انجام فعالیت های دفاعی گردد (de Paiva et al., 2016). بنابراین این احتمال وجود دارد که افزایش شاخص مصرف (CI) و شاخص هضم پذیری نسبی (AD) روی هیبرید SC706، یک واکنش جبرانی در مقابل کیفیت پایین غذا بوده است. چنان که، (Mardani-Talaei et al., 2013) گزارش کردند که مقدار پایین کارایی تبدیل غذای خورده شده (ECI) معرف وجود سازوکار مقاومت آنتی بیوزی در گیاه علیه گیاه خواران می باشد. مقادیر عددی کارایی تبدیل غذای خورده شده (ECI) و کارایی تبدیل غذای هضم شده (ECD) برای هیبرید SC706 در بررسی حاضر بیشتر از کمترین مقادیر گزارش شده توسط Hosseini et al. (2015) برای مجموع سنین چهارم و پنجم لاروهای *H. armigera* روی هیبریدهای K36*MO17 و K35*K3615 و کمتر از مقادیر گزارش شده توسط Alekaram et al. (2024) برای لاروهای سنین سوم تا ششم *S. littoralis* روی هیبرید Oteel به عنوان هیبرید نامناسب بود. این اختلاف می تواند به تفاوت گونه حشرات و هیبرید ذرت مورد استفاده نسبت داده شود.

در بررسی حاضر، لاروهای *L. loreyi* روی هیبرید SC706 بیشترین مقدار هزینه متابولیکی (MC) و نرخ متابولیکی نسبی (RMR) را داشتند. هزینه متابولیکی (MC) بالای لارو در تغذیه از هیبرید SC706 نقش مهمی در کاهش کارایی تبدیل غذای هضم شده (ECD) روی این تیمار داشت. وجود چنین ارتباطی بین کارایی تبدیل غذای هضم شده و هزینه متابولیکی در مطالعات Ambarningrum et al. (2009) و Truzzi et al. (2021) نیز گزارش شده است. هزینه متابولیکی بالا نشان می دهد که غذای خورده شده توسط لارو حاوی آلوکمیkal های سمی بوده و لارو بالا جبار انرژی بیشتری را برای غیرسمی کردن این ترکیبات در بدن خودش صرف می کند تا از ایجاد اختلال فیزیولوژیکی در بدن جلوگیری کند (Sundufu et al., 2023). کیفیت غذایی پایین هیبرید SC706 علاوه بر این، باعث افزایش نرخ متابولیکی نسبی (RMR) لارو روی این هیبرید شد. نرخ متابولیکی نسبی، مقدار غذای مصرف شده در متابولیسم را به ازای هر واحد وزن بدن نشان می دهد و مقدار بالای آن حاکی از فشار متابولیکی بیشتر بر حشره می باشد (Sundufu et al., 2023). بنابراین، بالا بودن این شاخص ها روی هیبرید SC706 نشان می دهد که لاروهای *L. loreyi* بخش زیادی از غذای مصرف شده را صرف فعالیت های متابولیکی و بقاء نموده و مقدار بسیار کمتری از آن را برای رشد یا تولید مثل اختصاص دادند.

در مقابل، لاروهای *L. loreyi* روی هیبرید BC678 دارای شاخص مصرف (CI) و شاخص مصرف نسبی (RCR) پایین و روی هیبریدهای BC678 و SC704 شاخص هضم پذیری نسبی (AD) کمتری داشتند، ولی مقدار کارایی تبدیل غذای هضم شده (ECD) لاروهای روی هیبرید BC678 بیشترین بود. روی هیبریدهای SC705، BC678 و SC704 نیز، مقدار کارایی تبدیل غذای خورده شده (ECI) لاروهای بالا بود. بالا بودن مقدار این دو شاخص نشان می دهد که لاروهای *L. loreyi* روی این هیبریدها و بالاخص روی هیبرید BC678 کارایی بیشتری برای تبدیل غذای خورده شده و هضم شده به زیست توده داشتند و در نتیجه، احتمال رشد سریع آفت دور از انتظار نخواهد بود. این امر ممکن است در ارتباط با کارایی بالایی آنزیم های گوارشی لارو در هضم غذای مصرف شده باشد. از سویی دیگر، در هیبریدهای BC678 و SC704 نرخ متابولیکی نسبی (RMR) و در هیبرید BC678 شاخص هزینه متابولیکی (MC) مقدار پایین تری نسبت به سایر تیمارها داشتند که حاکی از کیفیت بالای این هیبریدها (احتمالاً به دلیل فقدان یا غلظت پایین آلوکمیkal های سمی) می باشد. لذا، تامین شدن نیازهای غذایی ضروری برای رشد حشره به دلیل ارزش غذایی بالای این هیبریدها باعث شد که حشره نیازی به واکنش جبرانی برای کمبود عناصر غذایی نداشته باشد. یافته های (Hosseini et al., 2015) نشان داد که پایین بودن مقدار شاخص هضم پذیری نسبی (AD) مانعی برای هضم غذای خورده شده نمی باشد، زیرا تقریباً درصد بالایی از کل غذای خورده شده توسط مجموع سنین چهارم و پنجم لارو *H. armigera* به دلیل فعالیت موثر آنزیم های گوارشی هضم شدند. در تحقیق انجام شده توسط (Mardani-Talaei et al., 2013)، لاروهای کرم برگ خوار *S. exigua* علیرغم داشتن کمترین مقدار شاخص مصرف (CI) روی هیبرید SC260، دارای بالاترین مقدار کارایی تبدیل غذای خورده شده (ECI) و کارایی تبدیل غذای هضم شده (ECD) بودند که همسو با نتایج تحقیق حاضر روی هیبرید BC678 می باشد.

در بررسی حاضر، میانگین وزن خشک لاروهای *L. loreyi* بین ۵۶/۸۷-۳۶/۹۵ میلی گرم بود که کمتر از میانگین وزن خشک پیش شفیره ها و شفیره های آن (به ترتیب بین ۹۷/۰۱-۸۲/۷۷ و ۸۶/۱۵-۷۷/۹۲ میلی گرم) بود. تفاوت ارزش غذایی هیبریدها می تواند دلیل اصلی اختلاف وزن مراحل رشدی مختلف آفت روی آنها باشد. علاوه بر این، دلیل وزن بیشتر پیش شفیره ها و شفیره ها نسبت به لاروها آن است که وزن این مراحل رشدی با فاصله نسبتاً کوتاهی پس از آخرین تغذیه اندازه گیری می شود. لذا، تمام مواد غذایی کسب شده در مرحله قبل بالاخص پروتئین و چربی، در بدن پیش شفیره ها و شفیره ها ذخیره شده و به صورت افزایش وزن نسبت به مرحله لاروی ظاهر می گردد (Nation, 2002). همسو با این نتایج، (Naseri et al., 2021) گزارش کردند که وزن لاروهای *H. armigera* با تغذیه از ارقام مختلف سویا (بین ۳۰/۷۲-۱۵/۵۰ میلی گرم) کمتر از وزن پیش شفیره ها و شفیره های آن (به ترتیب بین ۸۱/۴۲-۶۳/۹۹ و ۹۴/۳۳-۷۱/۳۱ میلی گرم) بود. بر اساس نتایج به دست آمده، وزن لاروها و شفیره های *L. loreyi* روی هیبرید SC706 کمتر از هیبریدهای دیگر بود که نشان می دهد این هیبرید به احتمال زیاد میزبان مناسبی برای *L. loreyi* نبود. علاوه بر این، کیفیت پایین این تیمار باعث کاهش مقدار شاخص سازگاری (FI) و شاخص رشد-حشره استاندارد (SII) *L. loreyi* نسبت به سایر تیمارها شد که ممکن است با پایین بودن وزن شفیره و درصد تشکیل شفیره و یا طولانی بودن طول دوره لاروی یا شفیرگی آفت روی این هیبرید مرتبط باشد. علاوه بر این، طولانی بودن طول دوره لاروی یا زنده ماندن کمتر لاروهای *L. loreyi* روی هیبریدهای SC706 و SC260 به احتمال زیاد باعث کاهش شاخص رشد لاروی (LGI) روی این هیبریدها شد. نتایج بررسی چرخه زندگی *L. loreyi* روی هیبریدهای ذرت مورد بررسی ثابت کرد که طول دوره لاروی و طول دوره نشو و نمای این آفت روی هیبریدهای SC706 و SC260 طولانی بود (Jafari et al., 2025) که می تواند به همراه وزن کم لاروها و شفیره ها،

پایین بودن مقدار عددی شاخص‌های رشدی را روی این هیبریدهای کم کیفیت توجیه کند. همسو با نتایج بررسی حاضر، (Rahimi Namin et al., 2019) گزارش کردند که کاهش شاخص سازگاری (FI) حشره در ارقام مقاوم با پایین بودن درصد تشکیل شفیره یا وزن شفیره ارتباط دارد. محدوده شاخص رشد-حشره استاندارد شده (SII) در بررسی حاضر بیشتر از محدوده گزارش شده توسط (Shishehbor & Hemmati, 2021) برای لاروهای *S. littoralis* روی ارقام مختلف لوبیا (۶۵/۲۴-۱/۲ میلی گرم بر روز) است. نوع گونه حشره، نوع گیاه مورد بررسی، نوع مواد مغذی کسب شده از هر گیاه و شرایط آزمایش می‌تواند توجیهی برای تفاوت‌های مشاهده شده باشد. در مقابل، لاروهای *L. loreyi* روی هیبریدهای SC705، BC678 و SC704 وزن بیشتری نسبت به سایر تیمارها داشتند. علاوه بر این، بالا بودن وزن شفیره‌ها، شاخص سازگاری (FI)، شاخص رشد لاروی (LGI) و شاخص رشد-حشره استاندارد (SII) *L. loreyi* روی هیبرید BC678 نشان داد که این هیبرید از مطلوبیت بالایی برای *L. loreyi* برخوردار بود. در تحقیق انجام شده توسط (Mardani-Talaei et al., 2013) بالا بودن کیفیت مصرفی هیبرید SC704 موجب افزایش وزن لاروهای سن چهارم کرم برگ‌خوار *S. exigua* روی این هیبرید ذرت شد. مطالعه شاخص‌های رشدی *H. armigera* روی شش میزبان گیاهی مختلف (پنبه، ذرت، بامیه، کرچک، نخود و لوبیا) و یک جیره غذایی مصنوعی نشان داد که شاخص‌های رشد لاروی و شفیرگی و شاخص سازگاری (FI) این آفت با تغذیه از میزبان گیاهی نخود بیشتر و با تغذیه از میزبان گیاهی ذرت کمتر بود (Amer & El-Sayed, 2014) که احتمالاً به دلیل ارزش غذایی بالای نخود نسبت به ذرت می‌باشد. تغذیه از غذای با ارزش غذایی بالا، نرخ رشد لاروهای بالپولکلداران را افزایش داده و موجب تسریع نشو و نما و آنها در مقایسه با تغذیه از غذای با ارزش غذایی پایین می‌شود (Hwang et al., 2008). ثابت شده است که نرخ رشد حشرات همبستگی مثبتی با مقدار نیتروژن و آب قسمت‌های هوایی گیاهان دارد (Scriber & Slansky, 1981).

در هیبریدهای SC706، SC410 و SC260 مقدار عددی شاخص نرخ رشد نسبی (RGR) که نشان‌دهنده زیست‌توده کسب شده توسط لارو است، کمتر از سایر هیبریدها بود. پایین بودن این شاخص نشان می‌دهد افزایش وزن بدن روی این هیبریدها کمتر اتفاق افتاده است. همان طور که پیشتر ذکر شد وزن لاروها و پیش‌شفیره‌ها روی هیبرید SC706 کمتر از سایر هیبریدها بود. همچنین، وزن پیش‌شفیره‌ها در هیبریدهای SC410 و SC260 نیز پایین بود. در تحقیق، (Naseri & Arghand, 2015) کارایی لاروهای *H. armigera* را روی پنج هیبرید مختلف ذرت بررسی و محدوده مقادیر شاخص نرخ رشد نسبی (RGR) مجموع سنبل لاروی (سنبل چهارم تا ششم لاروی) آن را بین ۰/۱۱ (روی هیبرید SC704) تا ۰/۲۲ (روی هیبرید SC500) درصد گزارش نمودند که همسو با نتایج تحقیق حاضر می‌باشد. مقدار پایین شاخص نرخ رشد نسبی (RGR) روی یک تیمار ممکن است با عواملی مانند مصرف غذای کمتر، کارایی تبدیل غذای خورده شده و هضم شده پایین روی آن تیمار، کیفیت پایین غذا و یا افزایش طول دوره لاروی در ارتباط باشد (Naseri & Arghand, 2015). بر خلاف انتظار، حداکثر مقدار شاخص مصرف (CI) لاروهای *L. loreyi* روی هیبرید SC706 به دست آمد. این امر نشان می‌دهد که این لاروها برای حفظ متوسط وزن خود روی هیبرید SC706، مقدار تغذیه خود را از این تیمار افزایش داده‌اند و به موازات این عمل، برای استفاده مفید از غذای خورده شده، مقدار تولید فضولات خود را نیز کاهش داده‌اند. لذا، علیرغم تغذیه بیشتر آفت از این هیبرید، رشد لاروها در این تیمار کمتر از سایر هیبریدها اتفاق افتاده است. به نظر می‌رسد که کیفیت پایین این هیبرید در کاهش مقدار شاخص نرخ رشد نسبی (RGR) لاروها دخالت داشته است. پایین بودن کیفیت غذایی گیاه ممکن است با کمتر بودن ترکیبات شیمیایی اولیه و یا بالا بودن ترکیبات شیمیایی ثانویه به ویژه مهارکننده‌های آنزیمی مرتبط باشد (Zamani Fard et al., 2022). ترکیبات شیمیایی اولیه گروه مهمی از ترکیبات هستند که در فرایندهای فیزیولوژیکی پایه گیاهان نقش دارند و نیز، مواد مغذی را برای گیاه‌خواران فراهم می‌کنند. در مقابل، ترکیبات شیمیایی ثانویه در عملکرد متابولیکی پایه گیاهان نقشی ندارند و منبع مواد مغذی برای گیاه‌خواران نیستند، بلکه در برهمکنش‌های اکولوژیک گیاهان با سایر جانداران دخالت می‌کنند (Whittaker & Feeny, 1971). وارد شدن ترکیبات شیمیایی ثانویه گیاهان از طریق تغذیه به داخل بدن حشرات می‌تواند با ایجاد سمیت مزمن در حشرات باعث کاهش تغذیه آنها گردد (Mirzaei Kohsareh et al., 2025). ثابت شده است که مهارکننده‌های آنزیمی، به ویژه با مهار آنزیم‌های آمیلولیتیک و پروتئولیتیک حشرات، دسترسی حشرات به مواد مغذی مانند کربوهیدرات‌های ساده و اسیدهای آمینه را کاهش می‌دهند (Goudarzi Mohammadi et al., 2024). در تحقیق، (Alekar et al., 2024) گزارش کردند که غلظت پایین نشاسته و پروتئین (ترکیبات شیمیایی اولیه) و غلظت بالای فنل، آنتوسیانین و فلاونوئید (ترکیبات شیمیایی ثانویه) موجب کاهش کارایی تغذیه‌ای لاروهای *S. littoralis* روی هیبرید Oteel (به عنوان هیبرید مقاوم ذرت) شد. در مطالعات ما نیز، غلظت کم نشاسته و محتوی بالای آنتوسیانین هیبریدهای ذرت مورد بررسی در کاهش ارزش تغذیه‌ای این هیبریدها موثر بود (Jafari et al., 2025). در مقابل، بیشترین مقدار نرخ رشد نسبی (RGR) لاروهای *L. loreyi* روی هیبرید BC678 اتفاق افتاد. این امر حاکی از بالا بودن نرخ افزایش وزن لارو به ازای هر گرم وزن لارو در هر روز و/یا کوتاه بودن طول دوره نشو و نما و آفت باشد (Shishehbor & Hemmati, 2021). بالا بودن مقدار این شاخص روی یک تیمار حاکی از ارتباط مستقیم آن با مقادیر کارایی تبدیل غذای خورده شده (ECI) و کارایی تبدیل غذای هضم شده (ECD) است. بدین معنی که، سنتز بافت‌ها و تشکیل زیست‌توده بدنی به خوبی انجام شده است. به طوری که، نتایج اندازه‌گیری وزن لاروها و شفیره‌ها نشان داد که لاروهای این آفت به هنگام تغذیه از هیبریدهای مذکور رشد بیشتری داشتند. مطالعه (Alekar et al., 2024) نشان داد که ارزش غذایی بالای هیبرید SC703 موجب افزایش مقادیر شاخص‌های نرخ رشد نسبی (RGR)، کارایی تبدیل غذای خورده شده (ECI) و کارایی تبدیل غذای هضم شده (ECD) لاروهای *H. armigera* شد که ناشی از همبستگی مثبت شاخص‌های مذکور با مقدار نشاسته و پروتئین و همبستگی منفی آنها با غلظت فنل، آنتوسیانین و فلاونوئید بود. در مطالعات ما نیز، غلظت نسبتاً بالای نشاسته و محتوی کمتر فنل در افزایش ارزش تغذیه‌ای و کوتاه شدن طول دوره نشو و نما و آفت، به ویژه در هیبرید BC678 دخیل بود (Jafari et al., 2025).

در بررسی حاضر، هیبرید BK66 بیشترین شاخص کیفیت گیاه (IPQ) را داشت. این شاخص ارتباط بین وزن شفیره به وزن فضولات تولید شده را نشان می‌دهد. مقدار بالای این شاخص در بررسی حاضر، با وزن پایین فضولات تولید شده در این هیبرید ارتباط مستقیم داشت که این موضوع می‌تواند در نتیجه وزن کمتر غذای مصرف شده توسط لاروهای *L. loreyi* روی هیبرید BK66 باشد. محدوده شاخص کیفیت گیاه (IPQ) در بررسی حاضر کمتر از محدوده گزارش شده برای ارقام لوبیا توسط (Shishehbor & Hemmati, 2021) ۱/۷۸-۴/۶۶ میلی گرم بر میلی گرم می‌باشد که ناشی از تفاوت نوع گیاهان، ترکیبات بیوشیمیایی و حشرات مورد بررسی می‌باشد. در مقابل، کمترین مقدار شاخص کیفیت گیاه (IPQ) در هیبرید SC704 به دست آمد که این امر به دلیل وزن بالای فضولات تولید

شده در این هیبرید بود. به نظر نمی‌رسد که این هیبرید از نظر ارزش غذایی کیفیت پایینی داشته باشد، چون نرخ متابولیسمی نسبی (RMR) لارو در این هیبرید به احتمال زیاد به دلیل مقدار کم ترکیبات شیمیایی ثانویه، پایین بود، ولی ممکن است که وجود مقدار بالای فیبرهای نامحلول مانند سلولز و همی سلولز در این هیبرید باعث شده است که غذا به صورت هضم نشده از روده عبور کرده و باعث افزایش فضولات تولیدی شود (Jha *et al.*, 2019).

بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای، هیبریدهای مختلف ذرت بر اساس شاخص‌های تغذیه‌ای مجموع سنین لاروی (سن سوم تا پنجم) به دو گروه اصلی A و B تقسیم شدند. هیبریدهای قرار گرفته در زیرگروه A2 که شامل هیبریدهای SC410، SC260 و SC706 بودند، مطلوبیت کمتری برای لاروهای *L. loreyi* به دلیل پایین بودن شاخص‌های تغذیه‌ای و رشدی آفت داشتند و می‌توانند به عنوان هیبرید مقاوم در نظر گرفته شوند. کاهش شاخص‌های تغذیه‌ای و رشدی می‌تواند باعث تاخیر در رشد و نشو و نما و حشره به دلیل کاهش منابع انرژی آن گردد (Khosravi *et al.*, 2010). در مقابل، هیبریدهای واقع شده در گروه B یعنی هیبریدهای SC704 و BC678 به دلیل بالا بودن شاخص‌های مذکور، مطلوبیت بیشتری به این آفت نشان دادند و لذا، هیبریدهای حساسی به آفت ارزیابی شدند. سایر هیبریدها هم از نظر شاخص‌های تغذیه‌ای و رشدی در حالت حدواسطی قرار داشتند. لذا، هیبریدهای نامناسب (SC410، SC260 و SC706) تحقیق حاضر را می‌توان در برنامه‌های مدیریت تلفیقی *L. loreyi* لحاظ کرد. با این وجود، پیش از استفاده از این هیبریدها در برنامه‌های مدیریت تلفیقی و نیز، برای فهم بهتر برهمکنش بین *L. loreyi* و هیبریدهای ذرت لازم است واکنش‌های تغذیه‌ای، فیزیولوژیکی و اکولوژیکی این آفت در شرایط مزرعه‌ای و روی گیاه کامل نیز مورد مطالعه قرار گیرد. علاوه بر این، مطالعاتی روی جنبه‌های دیگر این هیبریدها مانند معیارهای زراعی (نیاز آبی، سازگاری محیطی، میزان محصول، کیفیت) و ارزش غذایی، حساسیت به بیماری‌های گیاهی و دیگر حشرات آفت انجام گیرد. نتایج به دست آمده از چنین مطالعات جامعی می‌تواند برای کنترل جمعیت این آفت مهم در مزارع ذرت مورد استفاده قرار گیرد.

Author's Contributions

Hasan Jafari: Investigation; data curation; methodology; formal analysis; software; validation. **Seyed Ali Hemmati:** Conceptualization; data curation; investigation; methodology; validation; visualization; draft preparation; final review and edit; project administration; supervision and funding acquisition. **Mehdi Esfandiari:** Methodology; data curation; investigation; validation; visualization. **Arash Rassekh:** Methodology; data curation; investigation; validation; visualization.

Author's Information

Hasan Jafari	✉ hasanjafari2334@gmail.com	 https://orcid.org/0009-0001-2745-9132
Seyed Ali Hemmati	✉ sa.hemmati@scu.ac.ir	 https://orcid.org/0000-0003-3653-0428
Mehdi Esfandiari	✉ esfandiari@scu.ac.ir	 https://orcid.org/0000-0002-0949-5180
Arash Rassekh	✉ a.rassekh@scu.ac.ir	 https://orcid.org/0000-0002-4688-5049

Funding

This research was funded by Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran (Grant No. SCU.AP1403.39134).

Data Availability Statement

All data supporting the findings of this study are available within the paper.

Acknowledgments

This research was supported by Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran, which is greatly appreciated.

Ethics Approval

Insects were used in this study. All applicable international, national, and institutional guidelines for the care and use of animals were followed. This article does not contain any studies with human participants performed by the author.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this paper.

Generative AI statement

The authors declare that no Gen AI was used in the creation of this manuscript.

REFERENCES

- Alekaram, Sh., Hemmati, S. A., Ziaee, M. & Stelinski, L. L. (2024) Evaluation of diets from various maize hybrids reveals potential tolerance traits against *Spodoptera littoralis* (Boisd) as measured by developmental and digestive performance. *Bulletin of Entomological Research*, 114, 642-651. <https://doi.org/10.1017/S0007485324000403>
- Ambarningrum, T. B., Pratiknyo, H. & Priyanto, S. (2009) Nutrition indices and survivorship of *Spodoptera litura* F. larvae is fed nutrition including jengkol bark extract (*Pithecellobium lobatum* Benth). *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 9, 109-114. <https://doi.org/10.23960/j.hptt.29109-114>
- Amer, A. E. A. & El-Sayed, A. A. A. (2014) Effect of different host plants and artificial diet on *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) development and growth index. *Journal of Entomology*, 11, 299-305. <https://doi.org/10.3923/je.2014.299.305>
- Ashouri, S., Osouli, S. & Ahmadi, M. (2022) Comparative study of different artificial diets on the biology of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Entomological Society of Iran*, 42, 183-193. <https://doi.org/10.52547/jesi.42.3.2>
- Asmoro, P. P., Dadang, Pudjianto, & Winasa, I. W. (2021) Nutritional indices and feeding preference of the *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Yponomeutidae) in several Brassicaceae plants. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 948, 012040. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/948/1/012040>
- Ben Jemâa, J. M., Soltani, A., Djebbi, T., Mejri, I., Kanyesigye, D. & Otim, M. H. (2023) The maize caterpillar *Mythimna* (= *Leucania*) *loreyi* (Duponchel, 1827) (Lepidoptera: Noctuidae): identification, distribution, population density and damage in Tunisia. *Insects*, 14, 786. <https://doi.org/10.3390/insects14100786>
- Chapman, R. F. (1998) The insects: structure and function. 4th ed. Cambridge University Press, UK.
- da Silva, M. C. M., Mello, L. V., Coutinho, M. V., Rigden, D. J., Neshich, G., Chrispeels, M. J. & Grossi-de-sa, M. F. (2004) Mutants of common bean alpha-amylase inhibitor-2 as an approach to investigate binding specificity to alpha-amylases. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39, 201-208. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2004000300001>
- de Paiva, L. A., Corrêa, F., Silva, C. L. T., Moura, T. L., da Silva, F. C., Araújo, M. S. & de Jesus, F. G. (2016) Resistance of corn genotypes to fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *African Journal of Biotechnology*, 15, 1877-1882. <https://doi.org/10.5897/AJB2016.15399>
- Ebrahimi, L., Amir-Maafi, M. & Shiri, M. (2024) The effect of temperature on abundance of *Mythimna loreyi* (Lepidoptera: Noctuidae) in corn. *Journal of Iranian Plant Protection Research*, 38, 197-208. <https://doi.org/10.22067/jpp.2024.85113.1164>
- Eckhoff, S. R., Paulsen, M. R. & Yang, S. C. (2003) Maize. In: Caballero, B. (ed.), *Encyclopedia of food sciences and nutrition*. Academic Press, pp. 3647-3653. <https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/00725-2>
- El-Sherif, S. I. (1972). On the biology of *Leucania loreyi* Dup. (Lepidoptera, Noctuidae). *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 71, 104-111. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1972.tb01725.x>
- Esfandiari, M., Mossadegh, M. S. & Shishehbor, P. (2011) Noctuidae s.l. (Lepidoptera) from sugarcane fields of SW Iran. *Fragmenta Faunistica*, 54, 137-147. <https://doi.org/10.3161/00159301FF2011.54.2.137>
- Fathipour, Y., Babaei, M., Bagheri, A., Talebi, A. A. & Yazdanpanah, Sh. (2021) Demographic parameters of *Helicoverpa armigera* on ten corn hybrids-mediated artificial diets reveals striking differences. *Journal of Crop Protection*, 10, 363-374. <http://jcp.modares.ac.ir/article-3-49210-en.html>
- Goudarzi Mohammadi, N., Hemmati, S. A. & Shishehbor, P. (2024) Effect of different sunflower cultivars on nutritional and physiological responses of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Entomological Society of Iran*, 44, 307-320. <https://doi.org/10.61186/jesi.44.3.6>
- Hemati, S. A., Naseri, B., Ganbalani, G. N., Dastjerdi, H. R. & Golizadeh, A. (2012) Effect of different host plants on nutritional indices of the pod borer, *Helicoverpa armigera*. *Journal of Insect Science*, 12, 55. <https://doi.org/10.1673/031.012.5501>
- Hill, M. G. (1988) Analysis of the biological control of *Mythimna separate* (Lepidoptera: Noctuidae) by *Apanteles ruficrus* (Braconidae: Hymenoptera) in New Zealand. *Journal of Applied Ecology*, 25, 197-208. <https://doi.org/10.2307/2403618>
- Hosseinienejad, A. S. & Naseri, B. (2015) Nutritional and growth indices of *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) on different corn hybrids. *Arthropod-Plant Interactions*, 9, 633-640. <https://doi.org/10.1007/s11829-015-9405-9>

- Hosseininejad, A. S., Naseri, B. & Razmjou, J. (2015) Comparative feeding performance and digestive physiology of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae-fed 11 corn hybrids. *Journal of Insect Science*, 15, 197. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieu179>
- Hwang, S. Y., Liu, C. H. & Shen, T. C. (2008) Effects of plant nutrient availability and host plant species on the performance of two *Pieris* butterflies (Lepidoptera: Pieridae). *Biochemical Systematics and Ecology*, 36, 505-513. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2008.03.001>
- Itoyama, K., Kawahira, Y., Murata, M. & Tojo, S. (1999) Fluctuations of some characteristics in the common cutworm, *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) reared under different diets. *Applied Entomology and Zoology*, 34, 315-321. <https://doi.org/10.1303/aez.34.315>
- Jafari, H., Hemmati, S. A. & Habibpour, B. (2023) Evaluation of artificial diets based on different legume seeds on the nutritional physiology and digestive function of *Helicoverpa armigera* (Hübner). *Bulletin of Entomological Research*, 113, 133-143. <https://doi.org/10.1017/S0007485322000402>
- Jafari, H., Hemmati, S. A., Esfandiari, M. & Rasekh, A. (2025) Population growth, digestive physiology, and antioxidant enzyme activities of *Leucania loreyi* (Lepidoptera: Noctuidae) on maize hybrids. *Crop Protection*, <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2025.107342>
- Jalaeian, M., Farahpour-Haghani, A. & Esfandiari, M. (2017) First report of damage caused by *Leucania loreyi* (Lep.: Noctuidae) on rice in Guilan province. *Plant Pest Research*, 7, 77-80. <https://doi.org/10.22124/iprj.2017.2593>. [In Persian].
- Jha, R., Foughse, J. M., Tiwari, U. P., Li, L. & Willing, B. P. (2019) Dietary fiber and intestinal health of monogastric animals. *Frontiers in Veterinary Science*, 6, 48. <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00048>
- Jung, J. K., Kim, E. Y., Kim, I. H. & Seo, B. Y. (2020) Species identification of noctuid potential pests of soybean and maize, and estimation of their annual adult emergence in Suwon, Korea. *Korean Journal of Applied Entomology*, 59, 93-107. <https://doi.org/10.5656/KSAE.2020.03.0.013>
- Khosravi, R., Jalali Sendi, J. & Ghadamyari, M. (2010) Effect of *Artemisia annua* L. on deterrence and nutritional efficiency of lesser mulberry pyralid (*Glyphodes pyloalis* Walker) (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Plant Protection Research*, 50, 423-428. <https://doi.org/10.2478/v10045-010-0071-8>
- Koricheva, J. & Haukioja, E. (1992) Effects of air pollution on host plant quality, individual performance, and population density of *Eriocrania miners* (Lepidoptera: Eriocraniidae). *Environmental Entomology*, 21, 1386-1392. <https://doi.org/10.1093/ee/21.6.1386>
- Lockwood, J. L., Hoopes, M. A. & Marchetti, M. P. (2007) Invasion ecology. Massachusetts, Blackwell Publishing.
- MacRobert, J. F., Setimela, P., Gethi J., & Regasa, M. W. (2014). Maize hybrid seed production manual. Mexico, D.F., CIMMYT.
- Mardani-Talaei, M., Nouri-Ganbalani, G., Naseri, B. & Hassanpour, M. (2013) Comparison of the feeding indices of the beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae), on 10 commercial hybrids of corn. *Iranian Journal of Plant Protection Science*, 44, 15-25. <https://doi.org/10.22059/ijpps.2013.35619>. [In Persian].
- Mirzaei Kohsareh, M., Naseri, B., Rafiee-Dastjerdi, H. & Ebadollahi, A. (2025) Toxicity and antinutritional effects of some plant essential oils, separately and in combination, against the saw-toothed grain beetle, *Oryzaephilus surinamensis*. *Plant Pest Research*, 14, 1-15. <https://doi.org/10.22124/iprj.2025.29020.1608>
- Naseri, B., Fathipour, Y., Moharrampour, S. & Hosseiniaveh, V. (2010) Nutritional indices of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*, on 13 soybean varieties. *Journal of Insect Science*, 10, 151. <https://doi.org/10.1673/031.010.14111>
- Naseri, B. & Arghand, A. (2015) Effect of artificial diet containing seeds of five corn hybrids on nutritional performance of *Helicoverpa armigera* (Lep.: Noctuidae). *Journal of Crop Protection*, 4, 1-9. <http://jcp.modares.ac.ir/article-3-8110-en.html>
- Nation, J. L. (2002) Insect physiology and biochemistry. London, UK: CRC Press.
- Pretorius, L. M. (1976) Laboratory studies on the developmental reproductive performance of *Heliothis armigera* (Hubn.) on various food plants. *Journal of Entomological Society of South Africa*, 39, 337-334. <https://doi.org/10.5555/19770544284>
- Qi, X., Cheng, S., Hong, L., Wang, X., Zhong, Q., Jiang, W., Chen, J. & Liang, Y. (2024) Maize yield and quality response to Lepidoptera pest control in different periods in south China. *Agronomy*, 14, 2938. <https://doi.org/10.3390/agronomy14122938>

- Rahimi Namin, F., Nouri-Ganbalani, G., Naseri, B. & Razmjou, J. (2019) Effect of different barley cultivars on nutritional physiology of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Crop Protection*, 8, 389-402. <http://jcp.modares.ac.ir/article-3-30366-en.html>
- Ravan, B., Esfandiari, M. & Mossadegh, M. S. (2024) First record of *Leucania herrichii* Herrich-Schäffer from Iran with new distribution data of Leucaniini (Lep., Noctuidae). *Journal of Insect Biodiversity and Systematics*, 10, 797-804. <https://doi.org/10.61186/jibs.10.4.797>
- Rayapuram, C. & Baldwin, I. T. (2006) Using nutritional indices to study LOX3-dependent insect resistance. *Plant, Cell & Environment*, 29, 1585-1594. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2006.01534.x>
- Safarnia Nafouti, M., Naseri, B., Rafiee Dastjerdi, H. & Fathi, S. A. A. (2021) Nutritional indices and digestive proteolytic and amylolytic activities of *Trogoderma granarium* (Coleoptera: Dermestidae) on seed of different cereals. *Journal of Entomological Society of Iran*, 41, 249-262. <https://doi.org/10.22117/JESI.2021.355832.1427>
- Setamou, M., Schulthess, F., Bosque-Perez, N. A., Poehling, H. M. & Borgemeister, C. (1999) Bionomics of *Mussidia nigrivenella* (Lepidoptera: Pyralidae) on three host plants. *Bulletin of Entomological Research*, 89, 465-471. <https://doi.org/10.1017/S0007485399000607>
- Schoonhoven, L. M., van Loon, J. J. A. & Dicke, M. (2005) Insect-plant biology. 2nd ed. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Scriber, J. M. & Slansky Jr. F. (1981) The nutritional ecology of immature insects. *Annual Review of Entomology*, 26, 183-211. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.26.010181.001151>
- Shishehbor, P. & Hemmati, S. A. (2021) Investigation of secondary metabolites in bean cultivars and their impact on the nutritional performance of *Spodoptera littoralis* (Lep.: Noctuidae). *Bulletin of Entomological Research*, 112, 378-388. <https://doi.org/10.1017/S0007485321000948>
- Slansky, F. (1990) Insect nutritional ecology as a basis for studying host plant resistance. *Florida Entomologist*, 73, 359-378. <https://doi.org/10.2307/3495455>
- Sundufu, A. J., Norman, J. E., Samura, A. E., Torto, S. J., Quee, D. D., Tarawallie, M. D., Johnson, R., Saffa, M. D., Fomba, S. G. & Mansaray, M. (2023) Effect of artificial and corn leaves diets on development, survival and reproduction of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Sierra Leone. *Advances in Entomology*, 11, 79-94. <https://doi.org/10.4236/ae.2023.112007>
- Tavakkoli, H., Nouri Ganbalani, G., Razmjou, J., Taghizadeh, M., Sharifi Zieva, P., Sedaghati, M. & Mottaghinia, L. (2013) Evaluation of relative resistance of eleven maize hybrids against *Ostrinia nubilalis* Hb. (Lepidoptera: Pyralidae) in Moghan region. Iran. *Plant Protection Research*, 26, 355-361. <https://doi.org/10.22067/jpp.v26i4.18419>. [In Persian].
- Thapa, S., Rawal, S. & Adhikari, S. (2022) Varietal evaluation of hybrid maize in the summer and winter seasons in terai region of Nepal. *Heliyon*, 8, e11619. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11619>
- Truzzi, C. C., Vieira, N. F., de Souza, J. M. & de Bortoli, S. A. (2021) Artificial diets with different protein levels for rearing *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Insect Science*, 21, 1-7. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieab041>
- Waldbauer, G. P. (1968) The consumption and utilization of food by insects. *Advances in Insect Physiology*, 5, 229-288. [https://doi.org/10.1016/S0065-2806\(08\)60230-1](https://doi.org/10.1016/S0065-2806(08)60230-1)
- Whittaker, R. H. & Feeny, P. (1971) Allelochemicals: chemical interactions between species. *Science*, 171, 757-770. <https://doi.org/10.1126/science.171.3973.757>
- Zamani Fard, Sh., Hemmati, S. A., Shishehbor, P. & Stelinski, L. L. (2022) Growth, consumption and digestive enzyme activities of *Spodoptera littoralis* (Boisd) on various mung bean cultivars reveal potential tolerance traits. *Journal of Applied Entomology*, 146, 1145-1154. <https://doi.org/10.1111/jen.13055>

Citation: Jafari, H., Hemmati, S. A., Esfandiari, M. & Rasekh, A. (2025) Investigation of the nutritional and growth indices of *Leucania loreyi* (Lepidoptera: Noctuidae) on different maize hybrids. *J. Entomol. Soc. Iran*, 45(4), 637-650.

DOI: <https://doi.org/10.22034/jesi.45.4.12>

URL: https://jesi.areeo.ac.ir/article_131275.html



Investigation of the nutritional and growth indices of *Leucania loreyi* (Lepidoptera: Noctuidae) on different maize hybrids

Hasan Jafari , Seyed Ali Hemmati , Mehdi Esfandiari  & Arash Rasekh 

Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

Abstract. The maize caterpillar, *Leucania loreyi* (Duponchel) is one of the economical and important pests of maize that the host plant resistance can have a significant role in controlling of its population. In this study, the nutritional and growth indices of total larval instars (third to fifth instar) of this pest were evaluated on 10 different maize hybrids (BK65, BK66, BC678, SC704, SC705, SC706, SC201, SC260, SC400, and SC410). The leaves of field-grown maize hybrids were used for feeding of the third to fifth instar larvae. Based on the obtained results, the value of approximate digestibility (AD) was higher on SC400, SC706, and SC705 hybrids, and lower on BC678 and SC704 hybrids. The efficiency of conversion of ingested food (ECI) was the lowest on SC706 hybrid and higher on SC705, BC678, and SC704 hybrids. The efficiency of conversion of digested food (ECD) varied from 23.93 to 61/60% on various treatments, which its lowest and highest amounts were observed on SC706 and BC678 hybrids, respectively. The highest and lowest metabolic cost (MC) were obtained on SC706 and BC678 hybrids, respectively. The lowest weights of larvae and pupae were recorded on SC706 hybrid. The weights of larvae on SC705, BC678, and SC704 hybrids and those of pupae on BC678 hybrid were higher. The relative growth rate (RGR) of larvae was lower on SC706, SC410, and SC260 hybrids and highest on BC678 hybrid. The lowest amounts of fitness index (FI) and standardized insect-growth index (SII) were on SC706 and SC704 hybrids, respectively, and that of index of plant quality (IPQ) was on SC704 hybrid. The result of cluster analysis of the studied maize hybrid indicated that the SC706, SC410, and SC260 hybrids were unsuitable hybrids for *L. loreyi* and thus, can be used in management programs of maize caterpillar, aiming at reducing pest damage.

Keywords: Efficiency of ingested food, metabolic cost, fitness index, relative growth rate, maize caterpillar.

Article Info

Received: 22 July 2025
Accepted: 05 October 2025
Published: 24 October 2025

Subject Editor: Jalal Jalali Sendi

Corresponding author: Seyed Ali Hemmati

E-mail: sa.hemmati@scu.ac.ir

DOI: <https://doi.org/10.22034/jesi.45.4.12>