بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی
گروه گیاه پزشکی

تأثیر گیاهان میزبان مختلف روی شاخص‌های تغذیه‌ای و فعالیت برخی آنزیم‌های گوارشی کرم غوزه‌ی پنبه *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)

اساتید راهنما :
دکتر بهرام ناصری
دکتر قدیر نوری قنبلانی

اساتید مشاور :
دکتر هوشنگ رفیعی دستجردی
دکتر علی گلی زاده

توسط :
سید علی همتی

دانشگاه محقق اردبیلی

شهریورماه ۱۳۹۰

« من لم یشکر المخلوق لم یشکرالخالق»

بار الها! اکنون که مرحله ناچیزی از مراحل صعود در پله‌های علم و دانش را طی نموده‌ام، خود را کوچکتر از آن می‌بینم که حرکتی به خود نسبت دهم، چرا که اگر تو نمی‌خواستی من هیچ نبودم، اما اکنون که تو خواستی سپاس تو راست و امید آن را دارم که در راه تو قویتر از همیشه گام بردارم و جز حقیقت و راستی نپویم.

مراتب تشکر خالصانه خود را تقدیم می‌دارم به آقای دکتر بهرام ناصری و آقای دکتر قدیر نوری قنبلانی که شاگردی ایشان افتخار همیشه من خواهد بود. از تمامی زحمات و راهنمایی‌های بی‌دریغ ایشان تشکر می‌کنم.

از اساتید گرامی آقای دکتر هوشنگ رفیعی دستجردی و دکتر علی گلی زاده که همواره از هیچگونه کمکی دریغ نمی‌کردند، سپاسگذارم.

از خانواده مهربانم که با دیباچه روشن نگاهشان راه را بر من آسان و امید را بر من سرازیر کردند، صمیمانه تشکر می‌نمایم.

از دوستان عزیز و بامحبتی که در طول تحصیل در مقطع کارشناسی‌ارشد در محضرشان بودم کمال تشکر را دارم.

با آرزوی سعادت و شادکامی برای تمامی این عزیزان

نام خانوادگی دانشجو: همتی **نام** : سید علی

عنوان پایان نامه: تأثیر گیاهان میزبان مختلف روی شاخص‌های تغذیه‌ای و فعالیت برخی آنزیم‌های گوارشی کرم غوزه‌ی پنبه *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته**: مهندسی کشاورزی
گرایش: حشره شناسی **دانشگاه محقق اردبیلی دانشکده**:کشاورزی
تاریخ فارغ التحصیلی:۱۳۹۰/۶/۲۰ **تعداد صفحه**: ۹۷

کلید واژه‌ها: کرم غوزه‌ی پنبه، *Helicoverpa armigera*، میزبان‌های مختلف گیاهی، شاخص‌های تغذیه‌ای، آنزیم‌های گوارشی

چکیده:

کرم غوزه‌ی پنبه *Helicoverpa armigera* (Hübner) آفتی با طیف میزبانی وسیع است که منجر به ایجاد خسارت اقتصادی شدید روی محصولات مهمی نظیر نخود، لوبیا، پنبه، گوجه‌فرنگی و سویا در ایران و سایر نقاط جهان می‌شود. تأثیر میزبان‌های مختلف گیاهی شامل نخود (ارقام هاشم، آرمان، بینیویچ و آزاد)، لوبیا چشم‌بلبلی (رقم مشهد)، لوبیا سفید (رقم دهقان)، لوبیا قرمز (رقم گلی)، لوبیا چیتی (رقم خمین)، سیب‌زمینی (ارقام آگریا و ساتینا) و گوجه‌فرنگی (رقم مشکین) روی شاخص‌های تغذیه‌ای و فعالیت آنزیم‌های گوارشی پروتئاز و آمیلاز *H. armigera* در دمای ۱±۲۵ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی تعیین شد. نتایج حاصل از شاخص‌های تغذیه‌ای بر حسب وزن تر نشان داد که شاخص بازدهی تبدیل غذای خورده شده (ECI) و بازدهی تبدیل غذای هضم شده‌ی (ECD) مجموع سنین لاروی (سوم تا پنجم) روی نخود رقم آرمان و سیب‌زمینی رقم آگریا بیشترین (به ترتیب ۰/۰۰۶ ± ۱۱/۹۸۱ و ۰/۰۱۱ ± ۱۴/۶۳۰ درصد) و روی گوجه‌فرنگی رقم مشکین کمترین (به ترتیب ۰/۰۰۲ ± ۵/۷۹۳ و ۰/۰۰۲ ± ۷/۴۴۰ درصد) در مقایسه با سایر ارقام بود. همچنین نتایج حاصل از شاخص‌های تغذیه‌ای بر حسب وزن خشک نیز نشان داد که ECI و ECD مجموع سنین لاروی (سوم تا پنجم) روی سیب‌زمینی ارقام ساتینا و آگریا بیشترین (به ترتیب ۰/۰۱۴ ± ۱۴/۶۴۰ و ۰/۰۱۵ ± ۲۱/۳۸۰ درصد) و روی گوجه‌فرنگی رقم مشکین کمترین (به ترتیب ۰/۰۰۲ ± ۵/۷۴۸ و ۰/۰۰۲ ± ۷/۳۴۱ درصد) در مقایسه با سایر ارقام بود. بیشترین و کمترین فعالیت پروتئولیتیک کل در اسیدیته‌ی بهینه، به ترتیب در لاروهای تغذیه شده با لوبیا سفید رقم دهقان (۰/۰۷۱ ± ۸/۷۱۷ U/mg) و گوجه‌فرنگی رقم مشکین (۰/۰۵۷ ± ۳/۳۳۸ U/mg) بود. بین ارقام مختلف گیاهی، بیشترین فعالیت آمیلاز در اسیدیته‌ی بهینه، روی لوبیا سفید رقم دهقان (۰/۰۰۵ ± ۰/۳۴۰ mU/mg) و کمترین فعالیت روی گوجه‌فرنگی رقم مشکین (۰/۰۰۲ ± ۰/۰۸۸ mU/mg) بود. نتایج حاصل از بررسی شاخص‌های تغذیه‌ای و فعالیت آنزیم‌های گوارشی *H. armigera* روی میزبان‌های مختلف گیاهی نشان داد که گوجه‌فرنگی (رقم مشکین) نامناسب‌ترین میزبان برای آفت بوده و علت آن احتمالاً به وجود برخی ترکیبات شیمیایی ثانوی دارای اثر نامطلوب بر فعالیت آنزیم‌های گوارشی یا پروتئین‌های مهارکننده‌ی آنزیم‌های پروتئاز آفت مربوط می‌شود.

فهرست مطالب

عنوان ..... صفحه

فصل اول مقدمه و مروری بر منابع ۱

۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- بررسی منابع ۶
۱-۲-۱- کرم غوزه‌ی پنبه *H. armigera* ۶
۱-۲-۱-۱- جایگاه *H. armigera* در رده‌بندی حشرات ۶
۱-۲-۱-۲- مناطق انتشار *H. armigera* ۶
۱-۲-۱-۳- اهمیت اقتصادی و دامنه‌ی میزبانی *H. armigera* ۶
۱-۲-۲- نقش گیاهان میزبان بر میزان خسارت وارده توسط آفات ۷
۱-۲-۳- شاخص‌های تغذیه‌ای *H. armigera* ۸
۱-۲-۴- دستگاه گوارشی حشرات ۱۰
۱-۲-۵- اسیدیته‌ی دستگاه گوارش در حشرات ۱۰
۱-۲-۶- آنزیم‌های گوارشی در حشرات ۱۱
۱-۲-۶-۱- آنزیم‌های گوارشی پروتئاز ۱۱
۱-۲-۶-۲- آنزیم‌های گوارشی آمیلاز ۱۲
۱-۲-۷- پروتئازهای گوارشی در *H. armigera* و رابطه‌ی آن‌ها با مهارکننده‌های پروتئاز گیاهی ۱۳

فصل دوم: مواد و روش‌ها ۱۷

۲-۱- تهیه و کاشت میزبان‌های مختلف گیاهی ۱۸
۲-۲- پرورش آزمایشگاهی *H. armigera* ۱۸
۲-۳- شاخص‌های تغذیه‌ای *H. armigera* ۲۱
۲-۴- تجزیه کلاستر شاخص‌های تغذیه‌ای *H. armigera* ۲۲
۲-۵- تهیه‌ی بافر ۲۲
۲-۶- تهیه‌ی عصارهی آنزیمی از روده‌ی میانی لارو *H. armigera* ۲۲
۲-۷- تعیین فعالیت پروتئازی کل روی میزبان‌های مختلف گیاهی در اسیدیته‌های مختلف ۲۳
۲-۸- تعیین فعالیت آمیلاز روی میزبان‌های مختلف گیاهی در اسیدیته‌های مختلف ۲۳
۲-۹- تجزیه کلاستر فعالیت آنزیم‌های گوارشی روده‌ی میانی لارو *H. armigera* ۲۳
۲-۱۰- تعیین غلظت پروتئین نمونه ۲۴
۲-۱۱- منحنی استاندارد مالتوز ۲۴
۲-۱۲- تجزیه کلاستر شاخص‌های تغذیه‌ای و فعالیت آنزیمهای گوارشی پروتئاز کل و آمیلاز *H. armigera* ۲۴
۲-۱۳- تجزیه و تحلیل داده‌ها ۲۴

فصل سوم: نتایج ۲۶

۳-۱- شاخص‌های تغذیه‌ای *H. armigera* روی میزبان‌های مختلف گیاهی بر حسب وزن تر ۲۷
۳-۲- مقایسه‌ی شاخص‌های تغذیه‌ای سنین مختلف لاروی *H. armigera* روی میزبان‌های مختلف گیاهی بر حسب وزن تر ۳۹
۳-۳- مقایسه‌ی وزن تر پیش شفیره و شفیره‌ی *H. armigera* روی میزبان‌های مختلف گیاهی ۴۲

۳-۴- تجزیه کلاستر شاخص‌های تغذیه‌ای لاروهای سنین سوم تا پنجم *H. armigera* روی میزبان‌های مختلف گیاهی برحسب وزن تر ۴۳
۳-۵- شاخص‌های تغذیه‌ای *H. armigera* روی میزبان‌های مختلف گیاهی بر حسب وزن خشک ۴۴
۳-۶- مقایسه‌ی شاخص‌های تغذیه‌ای سنین مختلف لاروی *H. armigera* روی میزبان‌های مختلف گیاهی بر حسب وزن خشک ۵۶
۳-۷- مقایسه‌ی وزن خشک پیش شفیره و شفیره *H. armigera* روی میزبان‌های مختلف گیاهی ۵۹
۳-۸- تجزیه کلاستر شاخص‌های تغذیه‌ای لاروهای سنین سوم تا پنجم *H. armigera* روی میزبان‌های مختلف گیاهی برحسب وزن خشک ۶۰
۳-۹- اسیدیته‌ی بهینه‌ی فعالیت پروتئولیتیک کل روده‌ی میانی لارو *H. armigera* ۶۱
۳-۱۰- اسیدیته‌ی بهینه‌ی فعالیت آمیلولیتیک روده‌ی میانی لارو *H. armigera* ۶۱
۳-۱۱- فعالیت ویژه‌ی پروتئازی کل *H. armigera* در واکنش به میزبان‌های مختلف گیاهی ۶۴
۳-۱۲- فعالیت ویژه‌ی آمیلاز *H. armigera* در واکنش به میزبان‌های مختلف گیاهی ۶۵
۳-۱۳- تجزیه کلاستر فعالیت آنزیم‌های گوارشی روده‌ی میانی لارو *H. armigera* ۶۶
۳-۱۴- تجزیه کلاستر شاخص‌های تغذیه‌ای و فعالیت آنزیم‌های گوارشی عصاره‌ی روده‌ی میانی لاروهای *H. armigera* ۶۷
فصل چهارم: بحث ۶۸
نتیجه گیری نهایی ۸۲
پیشنهادها ۸۴
منابع : ۸۵

فهرست جداول

عنوان ..... صفحه

جدول ۳-۱- شاخص‌های تغذیه‌ای لاروهای سن سوم *Helicoverpa armigera* روی میزبان‌های مختلف گیاهی بر حسب وزن تر ۲۹
جدول ۳-۲- شاخص‌های تغذیه‌ای لاروهای سن چهارم *Helicoverpa armigera* روی میزبان‌های مختلف گیاهی بر حسب وزن تر ۳۲
جدول ۳-۳- شاخص‌های تغذیه‌ای لاروهای سن پنجم *Helicoverpa armigera* روی میزبان‌های مختلف گیاهی بر حسب وزن تر ۳۵
جدول ۳-۴- شاخص‌های تغذیه‌ای مجموع سنین لاروی (سن سوم تا پنجم) *Helicoverpa armigera* روی میزبان-های مختلف گیاهی بر حسب وزن تر ۳۸
جدول ۳-۵- مقایسه‌ی شاخص تقریبی هضم شوندگی (AD)، بازدهی تبدیل غذای خورده شده (ECI) و بازدهی تیدیل غذای هضم شده (ECD) بین لاروهای سنین سوم، چهارم و پنجم *Helicoverpa armigera* پرورش یافته روی میزبان‌های مختلف گیاهی بر حسب وزن تر ۴۰
جدول ۳-۶- مقایسه‌ی شاخص مصرف (CI)، نرخ مصرف نسبی (RCR) و نرخ رشد نسبی (RGR) بین لاروهای سنین سوم، چهارم و پنجم *Helicoverpa armigera* پرورش یافته روی میزبان‌های مختلف گیاهی بر حسب وزن تر ۴۱
جدول ۳-۷- شاخص‌های تغذیه‌ای لاروهای سن سوم *Helicoverpa armigera* روی میزبان‌های مختلف گیاهی بر حسب وزن خشک ۴۶
جدول ۳-۸- شاخص‌های تغذیه‌ای لاروهای سن چهارم *Helicoverpa armigera* روی میزبان‌های مختلف گیاهی بر حسب وزن خشک ۴۹
جدول ۳-۹- شاخص‌های تغذیه‌ای لاروهای سن پنجم *Helicoverpa armigera* روی میزبان‌های مختلف گیاهی بر حسب وزن خشک ۵۲
جدول ۳-۱۰- شاخص‌های تغذیه‌ای مجموع سنین لاروی (سن سوم تا پنجم) *Helicoverpa armigera* روی میزبان-های مختلف گیاهی بر حسب وزن خشک ۵۵
جدول ۳-۱۱- مقایسه‌ی شاخص تقریبی هضم شوندگی (AD)، بازدهی تبدیل غذای خورده شده (ECI) و بازدهی تیدیل غذای هضم شده (ECD) بین لاروهای سنین سوم، چهارم و پنجم *Helicoverpa armigera* پرورش یافته روی میزبان‌های مختلف گیاهی بر حسب وزن خشک ۵۷
جدول ۳-۱۲- مقایسه‌ی شاخص مصرف (CI)، نرخ مصرف نسبی (RCR) و نرخ رشد نسبی (RGR) بین لاروهای سنین سوم، چهارم و پنجم *Helicoverpa armigera* پرورش یافته روی میزبان‌های مختلف گیاهی بر حسب وزن خشک ..۵۸

فهرست اشکال

عنوان ..... صفحه

شکل ۲-۱- مراحل مختلف رشدی قبل از بلوغ و حشره‌ی کامل *Helicoverpa armigera* (اصل) ۲۰

شکل ۲-۲- ظروف مختلف برای پرورش گروهی و انفرادی لارو (الف و ب)، شفیره (ج) و حشره کامل (د) *Helicoverpa armigera* (اصل) ۲۱

شکل ۳-۱- میانگین وزن تر لارو (A)، غذای خورده شده (B)، فضولات تولیدی (C) و افزایش وزن لارو (D) سن سوم *Helicoverpa armigera* روی میزبان‌های مختلف گیاهی ۲۸

شکل ۳-۲- میانگین وزن تر لارو (A)، غذای خورده شده (B)، فضولات تولیدی (C) و افزایش وزن لارو (D) سن چهارم *Helicoverpa armigera* روی میزبان‌های مختلف گیاهی ۳۱

شکل ۳-۳- میانگین وزن تر لارو (A)، غذای خورده شده (B)، فضولات تولیدی (C) و افزایش وزن لارو (D) سن پنجم *Helicoverpa armigera* روی میزبان‌های مختلف گیاهی ۳۴

شکل ۳-۴- میانگین وزن تر لارو (A)، غذای خورده شده (B)، فضولات تولیدی (C) و افزایش وزن لارو (D) مجموع سنین لاروی (سن سوم تا پنجم) *Helicoverpa armigera* روی میزبان‌های مختلف گیاهی ۳۷

شکل ۳-۵- میانگین وزن تر پیش شفیره و شفیره‌ی *Helicoverpa armigera* روی میزبان‌های مختلف گیاهی ۴۲

شکل ۳-۶- دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر میزبان‌های مختلف گیاهی بر مبنای شاخص‌های تغذیه‌ای لاروهای سنین سوم تا پنجم *Helicoverpa armigera* بر حسب وزن تر ۴۳

شکل ۳-۷- میانگین وزن خشک لارو (A)، غذای خورده شده (B)، فضولات تولیدی (C) و افزایش وزن لارو (D) سن سوم *Helicoverpa armigera* روی میزبان‌های مختلف گیاهی ۴۵

شکل ۳-۸- میانگین وزن خشک لارو (A)، غذای خورده شده (B)، فضولات تولیدی (C) و افزایش وزن لارو (D) سن چهارم *Helicoverpa armigera* روی میزبان‌های مختلف گیاهی ۴۸

شکل ۳-۹- میانگین وزن خشک لارو (A)، غذای خورده شده (B)، فضولات تولیدی (C) و افزایش وزن لارو (D) سن پنجم *Helicoverpa armigera* روی میزبان‌های مختلف گیاهی ۵۱

شکل ۳-۱۰- میانگین وزن خشک لارو (A)، غذای خورده شده (B)، فضولات تولیدی (C) و افزایش وزن لارو (D) مجموع سنین لاروی (سوم تا پنجم) *Helicoverpa armigera* روی میزبان‌های مختلف گیاهی ۵۴

شکل ۳-۱۱- میانگین وزن خشک پیش شفیره و شفیره‌ی *Helicoverpa armigera* روی میزبان‌های مختلف گیاهی ۵۹

شکل ۳-۱۲- دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر میزبان‌های مختلف گیاهی بر مبنای شاخص‌های تغذیه‌ای لاروهای سنین سوم تا پنجم *Helicoverpa armigera* بر حسب وزن خشک ۶۰

شکل ۳-۱۳- تأثیر اسیدیته بر میزان فعالیت ویژه پروتئولیتیک کل عصاره‌ی آنزیمی حاصل از روده‌ی میانی لارو *Helicoverpa armigera* روی میزبان‌های مختلف گیاهی ۶۲

شکل ۳-۱۴- تأثیر اسیدیته بر میزان فعالیت ویژه‌ی آمیلولیتیک عصاره‌ی آنزیمی حاصل از روده‌ی میانی لارو *Helicoverpa armigera* روی میزبان‌های مختلف گیاهی ۶۳

شکل ۳-۱۵- فعالیت ویژه‌ی پروتئولیتیک کل عصاره‌ی آنزیمی روده‌ی میانی *Helicoverpa armigera* پرورش یافته روی میزبان‌های مختلف گیاهی در اسیدیته‌ی ۱۲ ..... ۶۴

شکل ۳-۱۶- فعالیت ویژه‌ی آمیلولیتیک عصاره‌ی آنزیمی روده‌ی میانی *Helicoverpa armigera* پرورش یافته روی میزبان‌های مختلف گیاهی در اسیدیته‌ی ۹ ..... ۶۵
شکل ۳-۱۷- دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر میزبان‌های مختلف گیاهی بر مبنای فعالیت پروتئولیتیک و آمیلولیتیک عصاره‌ی روده‌ی میانی لارو *Helicoverpa armigera* پرورش یافته روی این میزبان‌ها ۶۶
شکل- ۳-۱۸- دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر میزبان‌های مختلف گیاهی بر مبنای شاخص‌های تغذیه‌ای سنین سوم تا پنجم بر حسب وزن تر و خشک و فعالیت آنزیم‌های گوارشی عصاره‌ی روده‌ی میانی لارو *Helicoverpa armigera*.. ۶۷

فصل اول:

مقدمه و

مروری برمنابع

۱-۱- مقدمه

امروزه زندگی انسان‌ها وابسته به تولید محصولات کشاورزی است و کشاورزی یکی از فراگیرترین نوع اشتغال در جهان به شمار می‌آید، بنابراین اعمال مدیریت مطلوب در این بخش بدون در اختیار داشتن اطلاعات صحیح از امکانات بالقوه و بالفعل تولید، روش‌های تولید، کنترل و نظارت بر فرآیند تولید تا مصرف میسر نیست (بی‌نام، ۱۳۸۹).

در بین گیاهان زراعی، حبوبات به دلایل متعدد از جمله دارا بودن درصد بالای پروتئین با قابلیت هضم و ارزش بیولوژیکی بالا، توانایی تثبیت بیولوژیک نیتروژن، غنی بودن از عناصر غذایی معدنی نظیر فسفر و کلسیم، قابلیت نگهداری و انبارداری بالای بذر آن‌ها در مقایسه با دیگر گیاهان زراعی، رشد رضایت‌بخش آن در خاک‌های نامساعد و محیط خشک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. کشور ما به علت شرایط مساعد اقلیمی دارای پتانسیل مناسبی برای افزایش تولید حبوبات است و این در حالی است که برنامه‌ریزی برای افزایش تولید و استفاده بیشتر از حبوبات، علاوه بر بهبود تغذیه، در افزایش حاصلخیزی خاک نیز موثر واقع خواهد شد (سام دلیری و همکاران، ۱۳۸۹). لوبیا و نخود از مهم‌ترین حبوبات کشت شده در ایران می‌باشند. لوبیا با نام علمی *Phaseolus vulgaris* L. از تیره‌ی حبوبات Leguminosae، حدود ۲۰ - ۲۵ درصد از جیره‌ی غذایی مردم دنیا را به ویژه در جهان سوم تأمین می‌نماید. در کشور ما امکان کشت لوبیا در بیشتر نقاط میسر است. دانه‌ی لوبیا به صورت خشک به عنوان حبوبات، نوع سبز آن برای مصرف تازه‌خوری و یا پس از فراوری به عنوان کنسرو استفاده می‌شود (باقری و همکاران، ۱۳۸۰). نخود نیز با نام علمی *Cicer arietinum* L. از تیره‌ی حبوبات Leguminosae می‌باشد. از لحاظ تغذیه‌ای، نخود یک منبع پروتئینی ارزشمند در بسیاری از نقاط شناخته شده است. برطرف کردن نقص پروتئینی غلات از طریق افزودن پروتئین حبوبات، یکی از بهترین راه حل‌های رفع کمبود پروتئین و کالری در کشورهای در حال توسعه است. مقدار پروتئین در ارقام مختلف نخود در ایران ۱۰/۶ تا ۳۱/۱ درصد و به طور متوسط ۲۰/۵ درصد گزارش شده است. میزان درصد پروتئین نخود تحت تأثیر متقابل رقم و محیط قرار می‌گیرد (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۴). پروتئین نخود در مقایسه با سایر بقولات ارزش بیولوژیکی بالاتری (۵۲ تا ۷۸ درصد) دارد و از پروتئین سایر بقولات مرغوب‌تر است. کشت نخود به استثنای سواحل

دریای خزر، در بیشتر نقاط ایران کم و بیش معمول است و از لحاظ سطح زیر کشت در بین حبوبات، مقام اول را دارد (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۳).

سبزی‌ها به واسطه‌ی داشتن املاح و ویتامین‌های فراوان در رژیم غذایی انسان از اهمیت بالایی برخوردارند. تیره‌ی بادنجانیان (Solanaceae) با سطح زیر کشتی بیش از ۲۰۰ هزار هکتار یکی از مهم‌ترین تیره‌های سبزی‌ها می‌باشند که به دلیل دارا بودن درصد بالای نشاسته از اهمیت بالایی در کشاورزی برخوردارند (به نقل از خانجانی، ۱۳۸۵). گوجه‌فرنگی و سیب‌زمینی از مهم‌ترین محصولات کشت شده در این تیره می‌باشند. گوجه‌فرنگی با نام علمی *Lycopersicon esculentum* Mill. یکی از محصولات ارزشمند سبزی در خاورمیانه به شمار می‌آید که پس از سیب‌زمینی از نظر اقتصادی در مقام دوم جهان قرار دارد و سطح زیر کشت نسبتاً بالایی را در ایران به خود اختصاص داده است (شکاری و همکاران، ۱۳۸۵). سیب‌زمینی با نام علمی *Solanum tuberosum* L. یکی از محصولات غده‌ای است که غده‌ی آن دارای کربوهیدرات زیاد و در تغذیه‌ی مردم جهان نقش مهمی دارد و به خاطر عملکرد بسیار بالای آن در هکتار، مورد توجه فراوان قرار دارد. به طوری که در مقایسه با غلات، به نسبت مساوی پروتئین و نزدیک به دو برابر در هکتار هیدرات کربن تولید می‌نماید. غده‌ی این گیاه از نظر اقتصادی ارزشمند و همواره در خوراک انسان و دام یا تهیه‌ی نشاسته کاربرد زیادی داشته است. سیب‌زمینی از لحاظ تعداد کشورهای تولید کننده‌ی محصولات کشاورزی پس از ذرت در جایگاه دوم و از جنبه‌ی ارزش تولید جهانی پس از گندم، ذرت و برنج در مقام چهارم قرار دارد و به خاطر عملکرد بالا، مقدار انرژی و پروتئین تولیدی آن در واحد سطح بیش از گندم و برنج است (به نقل از خواجه پور، ۱۳۸۳). مسایل و مشکلات موجود در امر زراعت و تولید این گیاهان همواره به عنوان مانعی در جهت دستیابی به عملکرد بالا مطرح بوده است و بدیهی است که هرچه اطلاعات بیشتری در زمینه‌ی تولید هرچه بهتر این گیاهان فراهم آید به قطع وابستگی‌های روز افزون کشاورزی به خارج از کشور و تأمین غذای جمعیت رو به تزاید کمک خواهد نمود.

یکی از مهم‌ترین آفات مشترک گیاهان ذکر شده در بالا، کرم غوزه‌ی پنبه *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) می‌باشد. کرم غوزه‌ی پنبه *H. armigera* به عنوان آفت رایج بسیاری از محصولات کشاورزی در ایران (فرید، ۱۳۶۵)، چین (ژو[1] و همکاران، ۱۹۵۸؛ لیو[2] و همکاران، ۲۰۰۴)، استرالیا (زالوکی[3]،۱۹۹۴) و هند (سینگ و مولیک[4]، ۱۹۹۷) می‌باشد. این گونه دارای دامنه‌ی

[1] Xu
[2] Liu
[3] Zalucki
[4] Singh and Mullick

وسیعی از گیاهان میزبان شامل محصولات زراعی و گیاهان وحشی است. کرم غوزه‌ی پنبه می‌تواند بر روی اغلب ساختارهای گیاهی شامل ساقه‌ها، برگ‌ها، تاج گل و میوه‌ها در مراحل رشدی مختلف تغذیه کند (مورال گارسیا[1]، ۲۰۰۶). جمعیت *H. armigera* به طور زیادی در مناطق کشت سویا به ویژه در منطقه‌ی مغان، واقع در شمال غربی ایران افزایش یافته است (ناصری[2] و همکاران، ۲۰۰۹). کاربرد آفتکش‌های شیمیایی برای کنترل *H. armigera* برای محیط زیست مضر بوده و همچنین تکرار سم‌پاشی منجر به ایجاد مقاومت به آفت کش‌ها در این حشره، به ویژه به پایروتروئیدهای مصنوعی می‌شوند (گونینگ[3] و همکاران، ۱۹۸۴). در نتیجه، گرایش‌های قابل توجهی در تغییر روش‌های مدیریت آفت بر پایه‌ی روش‌های غیر شیمیایی وجود دارد، که ممکن است در مناطق گسترده یا خیلی محدود به کار برده شوند (ناصری و همکاران، ۲۰۰۹). یکی از روش‌های مؤثر، مقاومت گیاه میزبان است که به طور کارآمد در برنامه‌های مدیریت تلفیقی علیه چندین آفت محصولات کشاورزی استفاده شده است (دنت[4]، ۲۰۰۰؛ سرفراز[5] و همکاران، ۲۰۰۶). مقاومت گیاه میزبان ابزار مهمی است که از لحاظ اقتصادی و سلامت محیط زیست بسیار راضی‌کننده می‌باشد (کندی[6] و همکاران، ۱۹۸۷). بنابراین مطالعه‌ی مقاومت گیاهان میزبان می‌تواند نقش مهمی در شناسایی ترکیبات مهار کننده‌ی آنزیم‌های گوارشی یا بازدارنده‌های تغذیه‌ای و استفاده‌ی بیشتر از آن‌ها در رهیافت‌های مدیریت آفت ایفا کند (لوویس[7] و همکاران، ۱۹۹۷).

ترکیبات شیمیایی گیاهان میزبان به طور قابل توجهی روی بقا، رشد و تولید مثل حشرات گیاه‌خوار تأثیر می‌گذارند (برنیز و چاپمن[8]، ۱۹۹۴). برای حشرات پلی فاژ، میزان دسترسی به گیاهان میزبان مختلف نقش مهمی را در افزایش جمعیت و طغیان آن‌ها ایفا می‌کند (سینگ و پاریهار[9]، ۱۹۸۸).

رشد، توسعه و تولید مثل حشرات به شدت به کیفیت و کمیت غذای خورده شده توسط حشره بستگی دارد (اسکرایبر و اسلانسکی[10]، ۱۹۸۱). بدیهی است که تنظیم یک برنامه کامل مدیریت آفات زمانی کامل‌تر خواهد بود که علاوه بر شناخت ویژگی‌های فیزیولوژی گوارشی حشره، اطلاعات جامع دیگری از وضعیت تغذیه‌ای حشره‌ی آفت نیز در اختیار باشد. در این میان، شاخص‌های تغذیه‌ای حشره‌ی آفت می‌تواند به عنوان معیاری مؤثر انتخاب و بررسی گردد. میزبان‌های مختلف گیاهی به دلیل دارا بودن

[1] Moral Garcia
[2] Naseri
[3] Gunning
[4] Dent
[5] Sarfraz
[6] Kennedy
[7] Lewis
[8] Bernys and Chapman
[9] Singh and Parihar
[10] Scriber and Slansky

مجموعه‌ای از پروتئین‌های مهارکننده‌ی فعالیت گوارشی، علاوه بر تأثیر احتمالی بر فعالیت آنزیم‌های گوارشی، بر شاخص‌های تغذیه‌ای آفت که مهم‌ترین آن‌ها شاخص بازدهی تبدیل غذای خورده شده (ECI) و بازدهی تبدیل غذای هضم شده (ECD) می‌باشند، تأثیر می‌گذارند. شاخص بازدهی تبدیل غذای هضم شده یکی از شاخص‌های مهم تغذیه‌ای است که وضعیت فیزیولژیک حشره تحت بررسی را نیز نشان می‌دهد. به عبارت دیگر نمود تأثیر ترکیبات گیاهی بر فیزیولوژی آنزیم‌های گوارشی آفت، در شاخص‌های تغذیه‌ای حشره به ویژه ECD استنتاج می‌شود.

امروزه هدف قرار دادن آنزیم‌های گوارشی حشرات زیان آور توسط مهارکننده‌های پروتئینی طبیعی موجود در ارقام مقاوم یا گیاهان تراریخته‌ی مقاوم حاوی مهارکننده‌های مؤثر بدست آمده از گیاهان دیگر و شناسایی ژن‌های عامل مقاومت گیاهی و انتقال آن به سایر گیاهان پر محصول و حساس به آفت، یکی از کاربردی‌ترین رهیافت‌ها در برنامه‌ی مدیریت تلفیقی آفات می‌باشد. امروزه مشخص شده است که چندین گروه مختلف از پروتئین‌های گیاهی نسبت به طیفی از آفات، وقتی که سنجش با غذای مصنوعی یا گیاه تراریخته انجام می‌شود، سمی هستند (جانگسما و بالتر[1]، ۱۹۹۷). غیر فعال‌سازی هضم پروتئین در دستگاه گوارش حشرات منجر به بهره‌برداری ضعیف از منابع غذایی، کندی رشد و نمو و حتی مرگ به علت گرسنگی می‌گردد (گیت‌هاوس[2] و همکاران، ۱۹۹۹).

در بین آنزیم‌های گوارشی مؤثر در هضم مواد غذایی، پروتئازها گروهی از آنزیم‌ها را هستند که هضم مواد پروتئینی خورده شده توسط حشره را بر عهده دارند. اختلال در متابولیسم اسیدهای آمینه با مهار هضم پروتئین به عنوان یک هدف کلیدی برای استفاده در کنترل حشرات مدنظر بوده است (هیلدر[3] و همکاران، ۱۹۹۲). در بسیاری از حشرات به ویژه بالپولکداران، سرین پروتئینازها (تریپسین، کیموتریپسین و الاستاز) آنزیم‌های اصلی هضم پروتئین می‌باشند. ژن‌هایی که مهارکننده‌های مختلف سرین پروتئیناز را کد می‌کنند، کلون و به داخل گیاهان تراریخته وارد شده‌اند و امکان استفاده از آن‌ها برای کنترل آفات نشان داده شده است (توماس[4] و همکاران، ۱۹۹۴). با توجه به این که یکی از مهم‌ترین اثرات ترکیبات شیمیایی ثانویه‌ی موجود در گیاهان روی آنزیم‌های گوارشی حشرات می‌باشد، لذا بررسی آنزیم‌های گوارشی حشرات به منظور طراحی دقیق رهیافت‌های کنترلی مناسب در جهت استفاده‌ی موفقیت‌آمیز از مهارکننده‌های پروتئاز در مدیریت تلفیقی آفات لازم و ضروری است (میکائد[5]، ۱۹۹۷؛ جانگسما و همکاران، ۱۹۹۵، ۱۹۹۶).

[1] Jongsma and Bolter
[2] Gatehouse
[3] Hilder
[4] Thomas
[5] Michaud

هدف از این تحقیق، بررسی وضعیت برخی آنزیم‌های گوارشی در کرم غوزه‌ی پنبه *H. armigera* و اثر میزبان‌های مختلف گیاهی بر این ویژگی فیزیولژیک حشره بود. در این تحقیق علاوه بر تعیین فعالیت آنزیم‌های گوارشی پروتئاز و آمیلاز در حشره‌ی تغذیه کننده از میزبان‌های مختلف گیاهی، شاخص‌های تغذیه‌ای آن نیز مورد بررسی قرار گرفت. از آنجا که یکی از کاربردهای مهم شاخص‌های تغذیه‌ای به ویژه شاخص بازدهی تبدیل غذای هضم شده، تعیین میزان مطلوبیت گیاهان میزبان در برابر آفات می‌باشد لذا اطلاعات به دست آمده از مطالعه‌ی آنزیم‌های گوارشی آفت در کنار نتایج حاصل از بررسی شاخص‌های تغذیه‌ای آفت روی میزبان‌های مختلف گیاهی، می‌تواند کمک مفیدی در طراحی رهیافت‌های مؤثر در جهت استفاده از مهارکننده‌های پروتئاز گیاهی و تولید ارقام متحمل گیاهی، به عنوان یکی از ابزارهای کنترلی در مدیریت تلفیقی آفات باشد. استفاده از گیاهان میزبان مقاوم به آفت یک روش مناسب برای کنترل حشرات می‌باشد، چون به شرایط محیطی وابستگی ندارد و از آن مهم‌تر برای کشاورز از لحاظ اقتصادی باصرفه می‌باشد (لیو و همکاران، ۲۰۰۴).

با توجه به این که در مورد شاخص‌های تغذیه‌ای و همچنین فعالیت آنزیم‌های گوارشی پروتئاز و آمیلاز *H. armigera* روی میزبان‌های مختلف گیاهی بر اساس جستجو در پایگاه‌های علمی، تاکنون تحقیقات کمی توسط پژوهشگران صورت گرفته و به دلیل اهمیت این آفت از نظر ایجاد خسارت اقتصادی زیاد بر روی میزبان‌های مختلف گیاهی، بررسی‌های انجام شده در این زمینه می‌تواند در به حداقل رساندن مصرف سموم شیمیایی روی میزبان‌های نامطلوب برای آفت و گرایش به سمت استفاده از ارقام متحمل گیاهی به عنوان یکی از ارکان مؤثر در IPM، مفید و قابل استفاده باشد.

با توجه به مطالب ذکر شده در این بخش، اهداف اصلی این پژوهش عبارت بودند از:

۱- بررسی شاخص‌های تغذیه‌ای *H. armigera* در واکنش به تغذیه از میزبان‌های مختلف گیاهی

۲- بررسی تأثیر میزبان‌های مختلف گیاهی بر فیزیولوژی آنزیم‌های گوارشی پروتئاز و آمیلاز *H. armigera*

۱-۲- بررسی منابع

۱-۲-۱- کرم غوزه‌ی پنبه *H. armigera*

۱-۲-۱-۱- جایگاه *H. armigera* در رده‌بندی حشرات

این حشره متعلق به راسته‌ی Lepidoptera، خانواده‌ی Noctuidae و زیرخانواده‌ی Heliothinae می‌باشد. این زیر خانواده دارای پراکنش جهانی بوده و شامل ۴۰۰ گونه است که اغلب در مناطق گرم و خشک نیمکره‌ی شمالی و جنوبی زمین به وفور یافت می‌شوند. لاروها به دامنه‌ی وسیعی از گیاهان حمله کرده و اغلب از اندام‌های زایشی گوجه‌فرنگی، غلات و بقولات به عنوان منابع غذایی مناسب تغذیه می‌کنند (فیت[1]، ۱۹۸۹؛ لیو و همکاران، ۲۰۰۷).

۱-۲-۱-۲- مناطق انتشار *H. armigera*

کرم غوزه‌ی پنبه *H. armigera* دارای پراکنش جغرافیایی بسیار وسیعی است و مناطق پراکنش آن در آفریقا، خاورمیانه، جنوب اروپا، هندوستان، جنوب شرقی و مرکز آسیا، شمال و شرق استرالیا، زلاندنو و بسیاری از جزایر شرقی اقیانوس آرام می‌باشد (گوجار[2]، ۱۹۹۷). کرم غوزه‌ی پنبه از اغلب نقاط دنیا گزارش شده است و اهمیت و پراکندگی آن در مناطق مختلف متفاوت است (اسمیت[3] و همکاران، ۱۹۹۲). در ایران در سراسر مناطق پنبه‌خیز کشور انتشار دارد (بی‌نام، ۱۳۸۲) و در استان‌های تهران، اردبیل، آذربایجان غربی، خوزستان، فارس، گلستان، کرمان، گرگان، خراسان و مازندران فعالیت دارد (درویش مجنی و همکاران، ۱۳۷۹).

در پژوهشی به منظور شناسایی گونه‌های کرم غوزه‌ی پنبه و تعیین درصد فراوانی آن‌ها در میزبان‌های زراعی و علف‌های هرز مزارع استان گلستان دریافتند که دو گونه‌ی *H. armigera* و *Heliothis peltigera* (Schiff.) در منطقه وجود دارند که گونه‌ی اول با ۹۸٪ فراوانی جمعیت به عنوان گونه‌ی غالب منطقه معرفی شد (درویش مجنی و همکاران، ۱۳۷۹).

۱-۲-۱-۳- اهمیت اقتصادی و دامنه‌ی میزبانی *H. armigera*

کرم غوزه‌ی پنبه *H. armigera* یکی از آفات با دامنه‌ی میزبانی وسیع روی انواع محصولات زراعی و باغی در ایران (فرید، ۱۳۶۵) و بسیاری از کشورهای جهان (ردی[4] و همکاران، ۲۰۰۴؛ یو[5] و همکاران،

[1] Fitt
[2] Gujar
[3] Smith
[4] Reddy
[5] Yu

۲۰۰۸) است که دارای بیش از ۱۰۰ گونه گیاه میزبان زراعی و غیر زراعی می‌باشد (تالکار[1] و همکاران، ۲۰۰۶). این حشره در سرتاسر دنیا، به عنوان آفت اقتصادی محصولاتی نظیر گوجه‌فرنگی (مورال گارسیا، ۲۰۰۶)، گیاهان تیره‌ی لگومینوز (سینگ و مولیک، ۱۹۹۷)، پنبه (کرانتی[2] و همکاران، ۲۰۰۲) و لوبیا سودانی *Cajanus cajan* (L.) Millsp. (کوماری[3] و همکاران، ۲۰۰۶) به شمار می‌رود. هر ساله لاروهای *H. armigera* با تغذیه از محصولاتی نظیر پنبه، ذرت، گوجه‌فرنگی، لگومینوز و سبزیجات خسارت غیر-قابل جبرانی را به کشاورزان تحمیل می‌کنند (لیو و همکاران، ۲۰۰۴). داشتن ویژگی‌های مهمی چون دامنه‌ی میزبانی وسیع، قدرت تحرک زیاد از طریق پرواز، باروری زیاد و داشتن دیاپوز غیراجباری در کرم غوزه‌ی پنبه، امکان زنده‌مانی در زیستگاه‌های غیر پایدار و سازگاری با تغییرات فصلی را برای این آفت فراهم می‌کند (فیت، ۱۹۸۹). علی‌رغم کنترل طبیعی و مرگ و میر آفت در شرایط صحرایی، استفاده از حشره‌کش‌های مصنوعی برای کنترل آن امری اجتناب‌ناپذیر است (فیت، ۱۹۸۹). با این حال، استفاده‌ی مداوم از حشره‌کش‌های مصنوعی به ویژه سموم با طیف اثر وسیع در کنار ایجاد مقاومت به سموم موجب از بین رفتن دشمنان طبیعی آفت و تغییر در فاکتورهای تغذیه‌ای گیاهان میزبان شده و در نهایت منجر به طغیان آفت شده است (فیت و همکاران، ۱۹۹۵؛ گوجار و همکاران، ۲۰۰۴).

۱-۲-۲- نقش گیاهان میزبان بر میزان خسارت وارده توسط آفات

ویژگی‌های متعدد زیستی در حشرات از جمله رشد و نمو مراحل قبل از بلوغ، بقاء، تولید مثل و پارامترهای رشد جمعیت تحت تأثیر نوع گیاه میزبان می‌باشد (تسای و ونگ[4]، ۲۰۰۱؛ کیم و لی[5]، ۲۰۰۲؛ لیو و همکاران، ۲۰۰۴). علائم فیزیکی و شیمیایی موجود در گیاهان، باعث جلب حشرات گیاه‌خوار به سطح گیاه شده و فاکتورهای شیمیایی و تغذیه‌ای موجود در گیاه، نقش تعیین کننده‌ای در میزان تغذیه، رشد و نمو و بقاء مراحل لاروی و تولید تخم در حشره کامل دارد (سینگ و مولیک، ۱۹۹۷). بر اساس گزارش‌های برنیز و چاپمن (۱۹۹۴)، ترکیبات شیمیایی موجود در گیاهان، تأثیر بسزایی در بقاء، رشد و نمو و تولید مثل حشرات گیاه‌خوار دارد. طبق یافته‌های اسلانسکی (۱۹۹۰) میزان تغذیه و هضم مواد غذایی موجود در گیاهان، در طغیان و افزایش جمعیت حشرات گیاه‌خوار نقش مؤثری دارد. در حشرات با دامنه‌ی میزبانی وسیع، در دسترس بودن گیاهان میزبان متعدد (سینگ و پریهار، ۱۹۸۸) و همچنین کیفیت و کمیت غذای خورده شده (اسکرایبر و اسلانسکی، ۱۹۸۱) نقش مهمی در رشد و نمو، تولید مثل و افزایش جمعیت نسل بعد حشره ایفا می‌کند.

---

[1] Talekar
[2] Kranthi
[3] Kumari
[4] Tsai and Wang
[5] Kim and Lee

ارقام مقاوم گیاهی به طور وسیعی در کنترل حشرات آفت در قالب برنامه‌های مدیریت تلفیقی به کار گرفته شده است (اندو[1] و همکارن، ۲۰۰۷). گیاهان دارای مکانیزم آنتی بیوز می‌توانند با کاهش بقای مراحل مختلف سنی، اندازه و شکل بدن، طول عمر حشرات کامل و تولید مثل حشرات نسل بعد و یا تأثیر غیرمستقیم از طریق افزایش احتمال قرارگیری حشرات در معرض دشمنان طبیعی با طولانی‌تر کردن مراحل رشدی قبل از بلوغ، نقش مؤثری در کنترل حشرات آفت داشته باشند (دنت، ۲۰۰۰؛ سرفراز و همکاران، ۲۰۰۶). مطلوبیت گیاهان برای رشد و نمو حشرات گیاه‌خوار عامل مؤثری در استقرار جمعیت آفت روی گیاه محصول می‌باشد (سینگ و مولیک، ۱۹۹۷).

از میان ابزارهای متعدد مدیریت آفات، مقاومت گیاه میزبان علاوه بر سازگاری با محیط زیست و عدم تأثیر نامطلوب بر آن، در کاهش هزینه‌های تولید محصول برای تولید کنندگان محصولات کشاورزی نیز از جایگاه ممتازی برخوردار است (لیو و همکاران، ۲۰۰۴). شناخت مکانیسم‌های مقاومت گیاهی در برابر آفات، امکان انتخاب صحیح ژنوتیپ‌های مقاوم را در برنامه‌های اصلاح نباتات فراهم می‌سازد (کرانتی و همکاران، ۲۰۰۲).

۱-۲-۳- شاخص‌های تغذیه‌ای *H. armigera*

فاکتورهای متعددی مطلوبیت گیاه میزبان را برای تغذیه، رشد و نمو و ایجاد جمعیت نسل بعد توسط حشره‌ی آفت تحت تأثیر قرار می‌دهند که از آن جمله می‌توان به نوع و میزان عناصر غذایی گیاه، ترکیبات شیمیایی ثانوی گیاه و توانایی هضم و جذب غذای خورده شده توسط حشره اشاره نمود (اسکرایبر و اسلانسکی، ۱۹۸۱).

تجزیه‌ی بیوشیمیایی ارقام نخود در ایجاد مقاومت به *H. armigera* نشان داده است که در بذور و غلاف ارقام مقاوم بعد از سپری شدن ۷۰ روز از کاشت آن، میزان کل ترکیبات فنولی، اسید کلروژنیک، سیلیس و اسید مالیک افزایش پیدا کرده و همچنین فعالیت پلی فنل اکسیداز (کاتکول اکسیداز) و پراکسیداز نسبت به ارقام حساس بیشتر می‌شود. در ارقام حساس، میزان پروتئین‌ها و قندها بیشتر از ارقام مقاوم می‌باشد (روپالی[2] و همکاران، ۲۰۰۳).

مطابق تحقیقات به عمل آمده توسط پژوهشگران، وجود مقادیر بالایی از سالیسیلیک اسید (جینینگ[3] و همکاران، ۲۰۰۴) و وجود تریکوم‌های غده‌ای (سیمونز[4] و همکاران، ۲۰۰۴) در برگ‌های گوجه‌فرنگی،

[1] Endo
[2] Rupali
[3] Jinying
[4] Simmons

عامل مقاومت گیاه در برابر *H. armigera* به شمار می‌رود. گوسیپول موجود در پنبه از جمله ترکیبات شیمیایی مهمی است که دارای اثر مهارکننده روی تغذیه و رشد و نمو تعدادی از حشرات گیاه‌خوار می-باشد (شاور و پاروت[1]، ۱۹۷۰).

نوع و مقدار غذای خورده شده و کارایی تبدیل آن، از عوامل تعیین کننده و مؤثر در رشد و نمو حشرات می‌باشد (بارتون برائون و رائوبینهیمر[2]، ۲۰۰۳). تفاوت در میزان آللوکمیکال‌ها در گیاهان میزبان مختلف یک حشره (مارتین و پولین[3]، ۲۰۰۴) و توانایی موجود زنده در هضم عناصر غذایی به ویژه پروتئین (سوگبسان و آگوومبا[4]، ۲۰۰۸) می‌تواند بر پارامترهای زیستی و میزان کارایی رشد حشره تأثیرگذار باشد.

تأثیر عوامل مرفوفیزیکی گیاهان مختلف روی میزان غذای خورده شده و کارایی تبدیل غذای خورده شده لاروهای *H. armigera* توسط آشفاق[5] و همکاران (۲۰۰۳) مورد مطالعه قرار گرفته است. رشد، میزان غذای خورده شده و مرگ و میر لاروهای *Helicoverpa* (=*Heliothis*) *zea* (Boddie) روی شاخه و برگ گوجه‌فرنگی غیر زراعی *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum* و گوجه‌فرنگی زراعی *L. esculentum* توسط فارار و کندی[6] (۱۹۸۷) بررسی شده است. ناصری و همکاران (۲۰۱۰b)، با بررسی شاخص‌های تغذیه‌ای *H. armigera* بر روی غلاف سیزده رقم سویا نتیجه گرفتند که شاخص بازدهی تبدیل غذای خورده شده (ECI) و بازدهی تبدیل غذای هضم شده (ECD) مربوط به مجموع سنین لاروی (دوم تا پنجم) روی M7 بیشترین و روی Sahar کمترین مقدار در مقایسه با سایر ارقام بود. سلیمان نژاد[7] و همکاران (۲۰۱۰) نیز شاخص‌های تغذیه‌ای *H. armigera* بر روی بذور ارقام مختلف سویا مورد مطالعه قرار داده بودند. ارقند و همکاران (۲۰۱۱) نیز با مطالعه بر روی شاخص‌های تغذیه‌ای *H. armigera* روی بذر پنج رقم هیبرید ذرت نتیجه گرفتند که بیشترین و کمترین مقدار ECI به ترتیب مربوط به ارقام SC260 و SC700، بیشترین و کمترین مقدار ECD به ترتیب مربوط به ارقام SC704 و SC700 بودند. همچنین شاخص‌های تغذیه‌ای *H. armigera* روی ده رقم کلزا توسط چگینی و همکاران (۲۰۱۱) مورد مطالعه قرار گرفت؛ و در نهایت باقری و همکاران (۲۰۱۱) با مطالعه بر روی شاخص‌های تغذیه‌ای *H. armigera* روی پنج میزبان مختلف نتیجه گرفتند که بیشترین مقدار ECI و ECD مربوط به لوبیا چشم‌بلبلی، و کمترین مقدار این شاخص‌ها مربوط به ذرت بود.

[1] Shaver and Parrott
[2] Barton Browne and Raubenheimer
[3] Marti and Pulin
[4] Sogbesan and Ugwumba
[5] Ashfaq
[6] Farrar and Kennedy
[7] Soleimannejad

۱-۲-۴- دستگاه گوارشی حشرات

توانایی حشرات در بهره برداری از دامنه‌ی وسیعی از مواد آلی برای تغذیه، یکی از عوامل بسیار مهم در موفقیت تکاملی و تنوع آن‌ها است. تغییرات و اعمالی که دستگاه گوارش روی غذای مورد تغذیه‌ی حشره انجام می‌دهد، اهمیت زیادی برای زندگی حشره دارد. هضم مواد غذایی مختلف در حشرات به آنزیم‌های دستگاه گوارشی وابسته است. توانایی گونه‌های مختلف حشرات برای بهره برداری از مواد مختلف به عنوان منبع غذایی، منجر به تقسیم بندی آن‌ها به حشرات آفت (در بخش‌های مختلف زندگی انسان نظیر کشاورزی، صنایع و بهداشت) و غیر آفت شده است. این مسایل منجر شده است تا ضرورت آگاهی از سیستم گوارشی و هضم در حشرات به عنوان پیش نیازی برای بهبود روش‌های کنترل مبتنی بر هدف قرار دادن دستگاه گوارش (مانند استفاده از گیاهان تراریخته حاوی ترکیبات کشنده) اجتناب ناپذیر باشد (ویگلسورس[۱]، ۱۹۷۲؛ لیهان و بیلینگسلی[۲]، ۱۹۹۶؛ نیشن[۳]، ۲۰۰۱).

دستگاه گوارش در حشرات از سه بخش اصلی روده‌ی جلویی، روده‌ی میانی و روده‌ی عقبی تشکیل شده است. روده‌ی جلویی و عقبی دارای پوشش کوتیکولی چسبیده به سطح سلول‌های پوششی و روده میانی فاقد آن می‌باشد. در اغلب حشرات، روده‌ی میانی محل اصلی ترشح آنزیم‌های گوارشی، هضم و جذب غذا است و رابط بین محیط بیرون و محیط داخلی بدن حشره به شمار می‌رود (ترا و فرییرا[۴]، ۱۹۹۴؛ نیشن، ۲۰۰۱).

روده‌ی میانی معمولاً یک لوله‌ی ساده می‌باشد که قطر آن در قسمت‌های مختلف طولی متفاوت و در بسیاری از حشرات از نظر ساختمانی و عملکردی در طول خود تمایز یافته است. روده‌ی میانی از یک لایه سلول پوششی تشکیل شده است که روی غشای پایه قرار گرفته‌اند و اطراف آن‌را ماهیچه‌های طولی و حلقوی فرا گرفته‌اند. به طور کلی سلول‌های مرتبط با هضم و جذب مواد غذایی در اپیتلیوم روده‌ی میانی حشرات شامل سه نوع سلول به اسامی سلول‌های اصلی یا ستونی، زاینده و کوزه‌ای شکل می‌باشد که در این میان سلول‌های ستونی فراوان‌ترین سلول‌ها در روده‌ی میانی بوده و بیشتر جذب مواد هضم شده و ترشح آنزیم‌ها را به عهده دارند (ویگلسورس، ۱۹۷۲؛ لیهان و بیلینگسلی، ۱۹۹۶؛ نیشن، ۲۰۰۱).

۱-۲-۵- اسیدیته‌ی دستگاه گوارش در حشرات

اسیدیته‌ی دستگاه گوارش به ویژه روده‌ی میانی از مهم‌ترین ویژگی‌های محیط داخلی بدن حشرات است که روی آنزیم‌های گوارشی تأثیر می‌گذارد. تغییرات زیاد در اسیدیته‌ی روده‌ی میانی، مشکلاتی را

[1] Wigglesworth
[2] Lehane and Billingsley
[3] Nation
[4] Terra and Ferreira