



دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی

گروه آموزشی گیاه پزشکی

پایان نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد

در رشته‌ی حشره‌شناسی کشاورزی

**عنوان:**

**تأثیر هیبرید ذرت روی زیست‌شناسی و فیزیولوژی گوارشی *Trogoderma***

***granarium* (Everts) (Coleoptera: Dermestidae)**

استاد راهنما:

دکتر بهرام ناصری

اساتید مشاور:

دکتر قدیر نوری قنبلانی

مهندس احسان برزویی

پژوهشگر:

شادی مجد مرئی

تابستان - ۱۳۹۶

نام خانوادگی دانشجو: مجد مرنی	نام: شادی
عنوان پایان‌نامه: تأثیر هیبرید ذرت روی زیست‌شناسی و فیزیولوژی گوارشی <i>Trogoderma granarium</i> (Everts) (Coleoptera: Dermestidae)	
استاد راهنما: دکتر بهرام ناصری اساتید مشاور: دکتر قدیر نوری قنبلانی - مهندس احسان برزویی	
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: مهندسی کشاورزی
گرایش: حشره‌شناسی کشاورزی	دانشگاه: محقق اردبیلی
دانشکده: کشاورزی و منابع طبیعی	تاریخ دفاع: ۹۶/۶/۲۱
چکیده:	تعداد صفحات: ۷۷
<p>لمبه‌ی گندم، <i>Trogoderma granarium</i> Everts، آفتی پلی‌فاژ است که به تعداد زیادی از محصولات انباری حمله می‌کند. تأثیر نه‌هیبرید ذرت شامل 704، AR 89، AS 71، AS 77، BC 678، KSC 703، PL 472، SC 704 و Simax روی دوره‌ی زندگی، شاخص‌های تغذیه‌ای و فعالیت آنزیم‌های گوارشی <i>T. granarium</i> در دمای <math>1 \pm 33</math> درجه سلسیوس، رطوبت نسبی <math>5 \pm 65</math> درصد و دوره نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی بررسی شد. مطابق با نتایج به دست آمده در این آزمایش، طولانی‌ترین دوره‌ی رشدی قبل از بلوغ روی BC 678 (<math>1/51 \pm 56/79</math> روز) و کوتاهترین آن روی PL 472 (<math>48/39 \pm 9/39</math> روز) بود. نرخ خالص تولیدمثل (<math>R_0</math>) از <math>1/11 \pm 10/40</math> نتاج روی هیبرید BC 678 تا <math>20/43 \pm 30/43</math> نتاج روی هیبرید KSC 703 متغیر بود. بیشترین نرخ ذاتی افزایش جمعیت (<math>r_m</math>) روی هیبرید KSC 703 (<math>1/0001 \pm 0/0773</math> بر روز) و کمترین آن روی هیبرید BC 678 (<math>2/0002 \pm 0/0390</math> بر روز) بود. لاروهای <i>T. granarium</i> پرورش داده شده روی هیبرید 704 (<math>23/28 \pm 8/89</math> درصد) بیشترین بازدهی تبدیل غذای بلعیده شده را در مقایسه با سایر هیبریدهای ذرت داشتند. بیشترین فعالیت پروتئولیتیک روی KSC 703 (<math>1/0001 \pm 0/020</math> mU/individual) و کمترین آن روی BC 678 (<math>2/0002 \pm 0/002</math> mU/individual) به دست آمد. همچنین، بیشترین فعالیت آمیلولیتیک روی KSC 703 (<math>6/0006 \pm 0/220</math> mg maltose/min) و کمترین آن روی BC 678 (<math>14/0014 \pm 0/079</math> mg maltose/min) به دست آمد. زایموگرام فعالیت پروتئاز کل، دو باند اصلی را نشان داد که درخشندگی باندها روی هیبریدهای مختلف ذرت با یکدیگر متفاوت بود. لاروها روی هیبریدهای مختلف ذرت یک باند فعال آمیلولیتیک را نشان دادند. کمترین درخشندگی باند روی BC 678 و بیشترین آن روی KSC 703 بود. مطابق با نتایج بدست آمده، BC 678 یک هیبرید نامناسب برای رشد جمعیت لمبه‌گندم می‌باشد و می‌تواند برای مناطقی که این آفت خسارت قابل توجهی وارد می‌سازد جهت کاهش آلودگی ذرت به این آفت کشت گردد.</p>	
کلید واژه‌ها: <i>Trogoderma granarium</i> ، زیست‌شناسی، فیزیولوژی گوارشی، هیبریدهای ذرت.	

فصل اول: مقدمه و مروری بر تحقیقات گذشته

۱-۱- مقدمه .....	۲
۱-۲- لمبه گندم <i>T. granarium</i> .....	۸
۱-۲-۱- جایگاه <i>T. granarium</i> در رده بندی حشرات .....	۸
۱-۲-۲- مناطق انتشار <i>T. granarium</i> .....	۸
۱-۲-۳- اهمیت اقتصادی و دامنه ی میزبانی <i>T. granarium</i> .....	۸
۱-۳- استفاده از ارقام مقاوم .....	۹
۱-۴- پارامترهای زیستی .....	۱۱
۱-۵- شاخص های تغذیه ای .....	۱۲
۱-۶- دستگاه گوارش حشرات .....	۱۳
۱-۶-۱- آنزیم های گوارشی در حشرات .....	۱۳
۱-۶-۲- اسیدپتید دستگاه گوارش .....	۱۴
۱-۶-۳- آنزیم های گوارشی آمیلاز .....	۱۴
۱-۶-۴- آنزیم های گوارشی پروتئازها .....	۱۶
۱-۷- مروری بر تحقیقات گذشته .....	۱۷

## فصل دوم: مواد و روش‌ها

- ۲۲-۱-۱- تهیه ی میزبان .....
- ۲۲-۲- پرورش آزمایشگاهی *T. granarium* .....
- ۲۵-۳- اندازه‌گیری پارامترهای زیستی *T. granarium* .....
- ۲۵-۱-۳-۲- جدول زندگی دوجنسی .....
- ۲۶-۲-۳-۲- پارامترهای رشد جمعیت .....
- ۲۷-۴-۲- شاخص‌های تغذیه‌ای *T. granarium* .....
- ۲۸-۵-۲- تهیه‌ی بافر .....
- ۲۸-۶-۲- تهیه‌ی عصاره آنزیمی از روده‌ی میانی لارو *T. granarium* .....
- ۲۸-۷-۲- سنجش فعالیت پروتئازی روی هیبریدهای مختلف ذرت در اسیدپتیه بهینه .....
- ۲۹-۸-۲- سنجش پروتئاز در ژل .....
- ۳۰-۹-۲- سنجش فعالیت آمیلازی روی هیبریدهای مختلف ذرت در اسیدپتیه بهینه .....
- ۳۰-۱۰-۲- سنجش آمیلاز در ژل .....
- ۳۱-۱۱-۲- منحنی استاندارد مالتوز .....
- ۳۱-۱۲-۲- سنجش غلظت پروتئین موجود در بذور هیبریدهای مختلف ذرت .....
- ۳۱-۱۳-۲- سنجش غلظت نشاسته موجود در بذور هیبریدهای مختلف ذرت .....
- ۳۲-۱۴-۲- سنجش سختی بذور هیبریدهای مختلف ذرت .....
- ۳۲-۱۵-۲- تجزیه داده‌ها .....

## فصل سوم: نتایج

- ۳-۱-۱- پارامترهای زیستی *T. granarium* ..... ۳۴
- ۳-۱-۱- طول دوره‌ی مراحل زیستی نابالغ و بالغین نر و ماده ..... ۳۴
- ۳-۱-۲- طول دوره‌ی تخم‌ریزی، زادآوری کل و درصد تفریح تخم ..... ۳۷
- ۳-۱-۳- پارامترهای جدول زندگی دوجنسی ..... ۳۹
- ۳-۱-۴- پارامترهای رشد جمعیت ..... ۴۲
- ۳-۲- شاخص‌های تغذیه‌ای لارو *T. granarium* روی هیبریدهای مختلف ذرت ..... ۴۴
- ۳-۳- فعالیت ویژه‌ی پروتئازی لارو *T. granarium* در واکنش به تغذیه از هیبریدهای مختلف ذرت ..... ۴۶
- ۳-۴- سنجش پروتئاز روده‌ی میانی لارو *T. granarium* در ژل ..... ۴۶
- ۳-۵- فعالیت ویژه‌ی آمیلازی لارو *T. granarium* در واکنش به تغذیه از هیبریدهای مختلف ذرت ..... ۴۸
- ۳-۶- سنجش آمیلاز روده‌ی میانی لارو *T. granarium* در ژل ..... ۴۷
- ۳-۷- غلظت پروتئین و نشاسته‌ی موجود در آرد هیبریدهای مختلف ذرت ..... ۵۰
- ۳-۸- سختی بذور هیبریدهای مختلف ذرت ..... ۵۰

## فصل چهارم: بحث و نتیجه‌گیری

- ۴-۱- بحث ..... ۵۲
- ۴-۲- نتیجه‌گیری نهایی ..... ۶۱
- ۴-۳- پیشنهادها ..... ۶۳
- ۴-۴- فهرست منابع و مأخذ ..... ۶۴

## فهرست جدول‌ها

### شماره و عنوان جدول

### صفحه

جدول ۱-۳: میانگین ( $\pm$ خطای معیار) طول مراحل مختلف قبل از بلوغ (روز) <i>Trogoderma granarium</i>	۳۵.....
روی هیبریدهای مختلف ذرت.....	
جدول ۲-۳: میانگین ( $\pm$ خطای معیار) طول عمر حشرات کامل نر و ماده (روز) <i>Trogoderma granarium</i>	۳۶.....
روی هیبریدهای مختلف ذرت.....	
جدول ۳-۳: میانگین ( $\pm$ خطای معیار) طول دوره قبل از تخم‌ریزی (روز)، دوره‌ی تخم‌ریزی (روز)، زادآوری و درصد تفریح تخم <i>Trogoderma granarium</i> روی هیبریدهای مختلف ذرت.....	۳۸.....
جدول ۴-۳: میانگین ( $\pm$ خطای معیار) پارامترهای رشد جمعیت حاصل از جدول زندگی دو جنسی <i>Trogoderma granarium</i> روی هیبریدهای مختلف ذرت.....	۴۳.....
جدول ۵-۳: میانگین ( $\pm$ خطای معیار) شاخص‌های تغذیه‌ای لاروهای سن پنجم <i>Trogoderma granarium</i> روی هیبریدهای مختلف ذرت.....	۴۵.....
جدول ۶-۳: میانگین ( $\pm$ خطای معیار) میزان نشاسته، پروتئین و سختی بذور ( $n=5$ ) هیبریدهای مختلف ذرت.....	۵۰.....

شکل ۱-۲: مراحل مختلف رشدی قبل از بلوغ و حشره کامل <i>Trogoderma granarium</i>	۲۳.....
شکل ۲-۲: - ظروف مختلف برای پرورش گروهی (الف) و انفرادی (ب) لارو، شفیره و حشره کامل <i>Trogoderma granarium</i>	۲۴.....
شکل ۱-۳: نرخ بقای ویژه‌ی سن-مرحله <i>Trogoderma granarium</i> ( $S_{xj}$ ) پرورش یافته روی هیبریدهای مختلف ذرت.....	۴۰.....
شکل ۲-۳: نرخ بقای ویژه‌ی سنی-مرحله‌ای <i>Trogoderma granarium</i> ( $S_{xj}$ ) پرورش یافته روی هیبریدهای مختلف ذرت.....	۴۱.....
شکل ۳-۳: فعالیت ویژه (A) و ژل زایموگرام (B) پروتئولیتیک عصاره‌ی آنزیمی روده‌ی میانی لاروهای سن پنجم <i>Trogoderma granarium</i> روی هیبریدهای مختلف ذرت.....	۴۷.....
شکل ۴-۳: فعالیت ویژه (A) و ژل زایموگرام (B) آمیلولیتیک عصاره‌ی آنزیمی روده‌ی میانی لاروهای سن پنجم <i>Trogoderma granarium</i> روی هیبریدهای مختلف ذرت.....	۴۹.....

## فصل اول:

### مقدمه و مروری بر تحقیقات گذشته





## ۱-۱- مقدمه

ذرت، *Zea mays* L. گیاهی تک لپه‌ای و یک ساله از تیره‌ی گندمیان<sup>۱</sup> است (تاج بخش، ۱۳۷۵). مدارک و اسناد موجود، مکزیک را مرکز و خاستگاه اولیه‌ی ذرت می‌داند (میرهادی، ۱۳۸۰). ذرت به دلیل موارد مصرف زیاد، کیفیت و ارزش غذایی بالا و قدرت سازگاری با آب و هواهای مختلف (به ویژه با تولید هیبریدهای جدید) در اکثر نقاط جهان کشت می‌شود. ذرت در سال ۱۹۸۴ از لحاظ سطح زیر کشت و میزان کل تولید، بعد از گندم و برنج مقام سوم را در جهان داشته است. در سال‌های اخیر نیز اگرچه از نظر سطح زیر کشت همچنان بعد از گندم و برنج در مقام سوم بوده، ولی از لحاظ میزان تولید جهانی مقام اول را بدست آورد (فائو، ۲۰۱۳). ذرت گیاهی روز کوتاه است و در ایران در نواحی گرم جنوب، جنوب غربی، مرکزی، دشت مغان و استان‌های گلستان و مازندران کشت می‌شود (میرهادی، ۱۳۶۷). ذرت به دلیل آن که دارای مواد قندی و نشاسته‌ای زیادی بوده و از طرفی نیز مقدار محصول آن در واحد سطح نسبتاً زیاد و قابل توجه می‌باشد، یکی از مهمترین و مناسب‌ترین نباتات علوفه‌ای جهت تهیه علوفه سبز و یا سیلو شده است. چون این گیاه از نظر پروتئین و کربوهیدرات برای دام‌ها بسیار غنی می‌باشد،

---

<sup>۱</sup> - Graminae

حدود ۸۰ تا ۸۵ درصد تولید ذرت هر کشور برای تهیه‌ی ذرت سیلویی یا علوفه سبز تازه برای تغذیه‌ی دام اختصاص داده می‌شود. انواعی از ذرت که دارای دانه‌های سفید رنگ می‌باشند برای پرورش پرندگان و حیواناتی که به منظور تهیه‌ی گوشت سفید پرورش می‌یابند، به مصرف می‌رسد. کنجاله و آرد آن نیز در دامداری‌ها به مقدار زیاد مصرف می‌شود. همچنین ذرت مصارف صنعتی نیز داشته و در صنایع مختلف از آن استفاده‌های گوناگونی به عمل می‌آید. از ساقه ذرت به مقدار زیاد در صنایع کاغذسازی، مقواسازی و تهیه‌ی کاغذ دیواری استفاده می‌شود. از آرد و نیز جوانه ذرت استفاده‌های زیادی به عمل می‌آید و چون جوانه آن دارای مقدار زیادی از ویتامین‌های مختلف به خصوص ویتامین E و F می‌باشد، در صنایع غذایی از آن استفاده می‌شود. از طرف دیگر از کنجاله و آرد ذرت در صنایع مختلف مانند صنایع تهیه‌ی گلوتن خوراکی، صنایع پلاستیک سازی و تهیه‌ی ورنی، چوب و چسب استفاده می‌شود. همچنین از نشاسته ذرت در صنایع صابون‌سازی، تهیه نشاسته، داروسازی، تهیه غذای کودکان، تولید کاغذهای روغنی و رنگرزی استفاده می‌شود (خدابنده، ۱۳۸۲).

آفات مختلفی در مناطق مختلف به ذرت خسارت می‌زنند که یکی از آن‌ها، لمبه گندم، *Trogoderma granarium* (Everts) می‌باشد (لیندگرن و همکاران، ۱۹۵۵؛ جود<sup>۱</sup> و همکاران، ۱۹۹۶). لمبه گندم در مرحله لاروی یکی از آفات مهم دانه‌ها و محصولات انباری می‌باشد (جود و کاپور<sup>۲</sup>، ۱۹۹۳). حشره کامل این آفت با وجود فعال بودن و داشتن قطعات دهانی طبیعی، تغذیه نمی‌کند و یا تغذیه بسیار ناچیزی دارد (باقری زنوز، ۱۳۸۶). از قرار معلوم موطن اصلی این آفت کشور هندوستان است (رحمان و همکاران، ۱۹۴۵)، که از آن‌جا به اروپا و امریکا و سپس به تمام نقاط جهان منتشر شده است. این آفت در حال حاضر در بسیاری از

---

<sup>1</sup> - Jood et al

<sup>2</sup> - Jood & Kapoor

کشورهای گرمسیری، نیمه گرمسیری و معتدل فعالیت داشته و جزو آفات اقتصادی می‌باشد (اپو<sup>۱</sup>، ۱۹۸۱؛ هیل و والر<sup>۲</sup>، ۱۹۸۸). لاروهای این حشره در درجه اول از گندم، جو و ذرت تغذیه می‌کنند، ولی به محصولات دیگری نیز مانند چاودار، یولاف، برنج، حبوبات، فندق، بادام زمینی و دانه‌های روغنی نیز خسارت می‌زنند (اپو، ۱۹۸۱). لاروها قادرند از تمام محتویات دانه تغذیه کنند و به مرور زمان که بزرگ‌تر می‌شوند میزان تغذیه آن‌ها افزایش می‌یابد. لاروهای این آفت با تغذیه از میزبان‌های خود به ویژه گندم و جو، سبب کاهش وزن دانه و محتوی چربی، پروتئین و کربوهیدرات شده و خسارت اقتصادی را در محصولات انباری به بار می‌آورند. محصولات آفت‌زده به‌علت آمیخته شدن با مدفوع، پوسته‌های لاروی و موهای کنده شده از بدن لارو مرغوبیت خود را از دست می‌دهند و در صورتی که از آرد آلوده به موهای بدن لارو، نان پخته شود در دستگاه گوارش انسان می‌تواند اختلالاتی ایجاد نماید (جود و کاپور، ۱۹۹۳؛ رجبی، ۱۳۷۹).

برای کنترل لمبه گندم به طور معمول از سموم گازی مختلف مثل متیل بروماید، متیل یدید و قرص فستوکسین استفاده می‌شود. البته این آفت مقاومت بالایی نسبت به سموم دارد که سبب می‌شود از دزهای بالاتر برای مبارزه با آفت استفاده شود و همین مسئله منجر به آلودگی بیشتر محصولات و بروز سریع‌تر مقاومت در آفت می‌شود. همچنین برخی از این سموم در فهرست ترکیبات شیمیایی ممنوع شده هستند (جود و همکاران، ۱۹۹۶). بنابراین، با توجه به مشکلات ناشی از حضور و تغذیه آفت و همچنین محدودیت‌های استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی، استفاده از روش‌های جایگزین ضروری به‌نظر می‌رسد. یکی از روش‌های مفید و موثر، استفاده از گیاهان مقاوم است که به طور کارآمد در برنامه‌های مدیریت تلفیقی علیه ده‌ها آفت محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته است

---

<sup>1</sup> - OEPP/EPPO

<sup>2</sup> - Hill & Waller

(دنت<sup>۱</sup>، ۲۰۰۰؛ سرفراز<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۶). امروزه بر ضرورت حفظ محیط زیست و کاهش استفاده‌ی بی‌رویه از آفت‌کش‌های شیمیایی و کاربرد روش‌های غیر شیمیایی و به‌ویژه کنترل تلفیقی آفات تأکید می‌شود که طبعاً تهیه و اصلاح ارقام زراعی مقاوم به حشرات در موفقیت این روش‌ها جایگاه مهمی خواهد داشت (پاپ و مسترهازی<sup>۳</sup>، ۱۹۹۳).

مقاومت گیاه میزبان ابزار مهمی است که از لحاظ اقتصادی و سلامت محیط زیست نتایج بسیار مطلوبی را به دنبال داشته است (کندی<sup>۴</sup> و همکاران، ۱۹۸۷). ارقام مقاوم مصرف آفت‌کش‌ها را کاهش داده، سلامت و ایمنی مصرف‌کنندگان را بهبود بخشیده و آلودگی محیط زیست و اثرات زیان‌بار روی عوامل بیوکنترل را به حداقل می‌رساند (تواناپور و همکاران، ۱۳۸۸). وجود ترکیبات شیمیایی گیاهی و مهارکننده‌ی آنزیم‌های گوارشی یکی از عوامل ایجادکننده‌ی مقاومت در برابر آفات می‌باشد (لوپس<sup>۵</sup> و همکاران، ۱۹۹۷).

میزان نشو و نمای حشرات با کیفیت غذای خورده شده رابطه‌ی مستقیم دارد (والدبائور<sup>۶</sup>، ۱۹۶۸). میزان نمو، بقا، تولید مثل و پارامترهای جدول زندگی یک حشره تحت تأثیر گیاهان میزبان قرار می‌گیرد (تسای و وانگ<sup>۱</sup>، ۲۰۰۱؛ کیم و لی<sup>۲</sup>، ۲۰۰۲؛ لیو و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۰۴؛ یاشار و گونگر<sup>۴</sup>، ۲۰۰۵). پارامترهای جدول

---

1. Dent

2. Sarfraz

3. Kennedy

4. Pop & Mesterhazy

5. Lewis

6 - Waldbaur

زندگی، به ویژه نرخ ذاتی افزایش جمعیت ( $r_m$ )، پارامترهای مهمی هستند که از آن‌ها برای ارزیابی سطح مقاومت گیاهان به حشرات استفاده می‌شود. یکی دیگر از روش‌های ارزیابی مقاومت گیاهان میزبان، مطالعه‌ی شاخص‌های تغذیه‌ای حشره روی ارقام مختلف با تعیین میزان رشد حشره، میزان غذای خورده شده و تاثیر آن روی افزایش نشو و نمای حشره می‌باشد (هاینس و میلار<sup>۵</sup>، ۱۹۹۸). میزان مصرف غذا توسط یک حشره گیاهخوار به کیفیت گیاه میزبان و میزان بازدهی تغذیه‌ای آن حشره بستگی دارد. شاخص‌های تغذیه‌ای بویژه شاخص بازدهی تبدیل غذای بلعیده شده ( $ECI$ ) و بازدهی تبدیل غذای هضم شده ( $ECD$ ) از جمله شاخص‌های تغذیه‌ای بسیار مهمی می‌باشند که بیانگر وضعیت فیزیولوژیکی حشره و در راستای آن تأثیر ترکیبات گیاهی بر فیزیولوژی آنزیم‌های گوارشی آفت می‌باشند. ترکیبات شیمیایی ثانویه و مجموعه‌ای از پروتئین‌های مهارکننده‌ی فعالیت گوارشی در گیاهان وجود دارند که می‌توانند علاوه بر تأثیر احتمالی بر فعالیت آنزیم‌های گوارشی، بر شاخص‌های تغذیه‌ای آفت نیز اثرگذار باشند، لذا مطالعه شاخص‌های تغذیه‌ای به طور قابل توجهی نشان‌دهنده خصوصیات تغذیه‌ای گیاهان میزبان برای حشره آفت می‌باشد که می‌تواند در برنامه‌های مدیریتی آفات مفید و قابل استفاده باشد. امروزه هدف قراردادن آنزیم‌های گوارشی حشرات زیان‌آور توسط مهارکننده‌های پروتئینی طبیعی موجود در ارقام مقاوم یا گیاهان تراریخته‌ی مقاوم حاوی مهارکننده‌های مؤثر به دست آمده از گیاهان دیگر و شناسایی ژن‌های عامل مقاومت گیاهی و انتقال آن به سایر گیاهان پرمحصول و حساس به آفت، یکی از کاربردی‌ترین رهیافت‌ها در برنامه‌ی مدیریت تلفیقی آفات می‌باشد. امروزه مشخص

---

<sup>1</sup> - Tesai & Wang

<sup>2</sup> - Kim & Lee

<sup>3</sup> - Liu et al

<sup>4</sup> - Yashar & Gongo

<sup>5</sup> - Hayens & Millar

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<sup>۱</sup>، ۱۹۹۷). غیرفعال‌سازی هضم پروتئین در دستگاه گوارش حشرات منجر به بهره‌برداری ضعیف حشرات از منابع غذایی، کندی نشو و نما و حتی مرگ به علت گرسنگی می‌گردد (گیت‌هاوس و گیت‌هاوس<sup>۲</sup>، ۱۹۹۹).

در بین آنزیم‌های گوارشی مؤثر در هضم مواد غذایی، پروتئازها وظیفه‌ی هضم مواد پروتئینی خورده شده توسط حشره را بر عهده دارند. اختلال در متابولیسم پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه با مهار هضم پروتئین به عنوان یک هدف کلیدی برای استفاده در کنترل حشرات مدنظر بوده است (هیلدر<sup>۳</sup> و همکاران، ۱۹۹۲). در بسیاری از حشرات سرین پروتئینازها (تریپسین، کیموتریپسین و الاستاز) آنزیم‌های اصلی هضم پروتئین می‌باشند. به طور معمول تلاش می‌شود ژن‌های کدکننده مهارکننده‌های سرین پروتئینازها را کلون کرده و به داخل گیاهان تراریخته وارد کنند (توماس<sup>۴</sup> 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 ضروری است (میکائید<sup>۵</sup>، ۱۹۹۷؛ جانگسما و همکاران، ۱۹۹۵، ۱۹۹۶).

---

<sup>1</sup> - Jongsma & Bolter

<sup>2</sup> - Gatehouse & Gatehouse

<sup>3</sup> - Hilder

<sup>4</sup> - Thomas

<sup>5</sup> - Michaud

در این تحقیق پارامترهای جدول زندگی، شاخص‌های تغذیه‌ای همراه با وضعیت فیزیولوژیک آنزیم‌های گوارشی پروتئاز و آمیلاز لمبه گندم در واکنش به تغذیه از نه هیبرید ذرت در شرایط آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفتند. بررسی‌های انجام شده در این زمینه می‌تواند در به حداقل رساندن استفاده از سموم شیمیایی روی هیبریدهای نامطلوب برای آفت و همچنین شناسایی و انتقال ژن‌های عامل مقاومت، به گیاهان حساس و پرمحصول در قالب مهندسی ژنتیک مفید و قابل استفاده باشد. در این تحقیق علاوه بر سنجش فعالیت آنزیم‌های گوارشی پروتئاز و آمیلاز در حشره‌ی تغذیه‌کننده از هیبریدهای مختلف ذرت، شاخص‌های تغذیه‌ای آن نیز مورد بررسی قرار گرفت. از آنجا که یکی از کاربردهای مهم شاخص‌های تغذیه‌ای 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 هیبریدهای مختلف ذرت، 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. با توجه به اینکه در مورد پارامترهای جدول زندگی، شاخص‌های تغذیه‌ای و فعالیت آنزیم‌های گوارشی پروتئاز و آمیلاز *T. granarium* روی هیبریدهای مختلف ذرت بر اساس جستجو در پایگاه‌های علمی، تاکنون تحقیقات چندانی صورت نگرفته و بدلیل خسارت اقتصادی این آفت بر روی ذرت انبار شده امید است اطلاعات بدست آمده در این پژوهش بتواند کمک شایانی به پیشبرد برنامه‌های مدیریتی لمبه گندم در انبارهای ذرت نماید.

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

۱- بررسی زیست‌شناسی و پارامترهای جدول زندگی *T. granarium* در واکنش به تغذیه از هیبریدهای مختلف ذرت

۲- بررسی شاخص‌های تغذیه‌ای لارو *T. granarium* در واکنش به تغذیه از هیبریدهای مختلف ذرت



۳- بررسی تأثیر هیبریدهای مختلف ذرت بر فیزیولوژی آنزیم‌های گوارشی پروتئاز و آمیلاز لارو *T. granarium*

۱-۲-۲- لمبه گندم *T. granarium*

۱-۲-۱- جایگاه لمبه گندم *T. granarium* در رده بندی حشرات (اپو، ۱۹۸۱)

Class: Insecta

Sub class: Pterygota

Order: Coleoptera

Family: Dermestidae

Genus: *Trogoderma*

Species: *T. granarium* (Everts), 1898

۱-۲-۲- مناطق انتشار *T. granarium*

شواهد موجود نشان می‌دهند که خاستگاه احتمالی این آفت هندوستان و یا استرالیا باشد، که از آنجا به اروپا و امریکا و سپس به نقاط دیگر جهان انتقال یافته است. این آفت در حال حاضر در بسیاری از کشورهای گرمسیری، نیمه گرمسیری و معتدل جهان فعالیت داشته و خسارت اقتصادی وارد می‌کند (اپو، ۱۹۸۱).

۱-۲-۳- اهمیت اقتصادی و دامنه میزبانی *T. granarium*

لمبه‌ی گندم، آفتی با دامنه‌ی میزبانی وسیع می‌باشد (هیل و والر، ۱۹۸۸) که به طور عمده به غلات و حبوبات و محصولات دانه و غله‌ای خسارت می‌زند. از میزبان‌های آفت می‌توان به گندم، جو، ذرت، برنج، سورگوم (لیندگرن و همکاران، ۱۹۵۵)، نخود، لوبیا (هاداوی، ۱۹۵۶)، گردو، بادام زمینی (پاسک، ۱۹۹۸)،

آفتابگردان، سویا و کنجد (کاب، ۲۰۰۴) اشاره کرد. حشره کامل با وجود فعال بودن و داشتن قطعات دهانی طبیعی، تغذیه نمی‌کند و یا تغذیه ناچیزی دارد (جود و کاپور، ۱۹۹۳). لاروهای آفت تغذیه خود را از رویان دانه شروع می‌کنند و پس از آن سایر قسمت‌های دانه را مورد تغذیه قرار می‌دهند که سبب تخلیه‌ی دانه و کاهش محتوی چربی، پروتئین و کربوهیدرات شده و خسارت اقتصادی را در محصولات انباری به بار می‌آورند (جود و کاپور، ۱۹۹۳؛ احمدانی و همکاران، ۲۰۰۹). در صورت آلودگی غلات با مدفوع، پوسته و ترشحات لاروی کیفیت غلات به شدت کاهش می‌یابد (پاراشار<sup>۱</sup> ۲۰۰۶). سطح آلودگی ۷۵ درصد دانه‌های گندم، ذرت و سورگوم سبب کاهش قابل توجهی در محتوی چربی، پروتئین و کربوهیدرات می‌شود (جود و کاپور، ۱۹۹۳). علاوه بر این در اثر آلودگی به این آفت هدررفتگی ویتامین‌های تیامین، ریبوفلاوین و نیاسین رخ می‌دهد (جود و کاپور، ۱۹۹۳). مقاومت مرحله‌ی لارو این آفت به سموم تدخینی بیشتر از سایر سوسک‌های انباری می‌باشد. با این حال متیل بروماید و فسفین کنترل خوبی در طیف وسیعی از محصولات آلوده به این آفت فراهم می‌کند (اپو، ۱۹۸۲، ۱۹۸۴).

### ۱-۳- استفاده از ارقام مقاوم

مقاومت گیاهان به حشرات عبارت است از کیفیت‌های وراثتی گیاه که خسارت حشره را تحت تأثیر قرار می‌دهد به طوری که در تراکم مساوی از جمعیت حشره، محصول بیشتر و با کیفیت بالاتر در مقایسه با ارقام معمولی که فاقد این ویژگی‌های ارثی می‌باشد، تولید کند (پینتر<sup>۲</sup>، ۱۹۵۱). بنا به تعریف اسمیت<sup>۳</sup> و همکاران (۱۹۹۴) مقاومت گیاهان به حشرات عبارت است از کیفیت‌های وراثتی گیاه که موجب می‌شود تا گیاهی از یک رقم یا یک گونه در مقایسه با گیاه حساس

---

<sup>۱</sup> - Parashar

<sup>۲</sup> - Painter

<sup>۳</sup> - Smith et al

که فاقد این کیفیت‌های ارثی می‌باشد از حمله حشره آفت خسارت کمتری ببیند. ارقام مقاوم که در مدیریت تلفیقی آفات همراه با دیگر روش‌های کنترل آفت مورد استفاده قرار می‌گیرند، از اجزای اساسی IPM محسوب می‌شوند و با استفاده از آنها می‌توان شدت فشار اعمال شده توسط سموم شیمیایی را علیه آفات کاهش داد و بدین ترتیب احتمال بروز مقاومت توسط آفت نسبت به سموم شیمیایی را کاهش داد (پاندا و خوش<sup>۱</sup>، ۱۹۹۵).

گیاهان واجد مکانیزم آنتی‌بیوزی می‌توانند با کاهش بقای مراحل مختلف سنی، اندازه و شکل بدن، طول عمر حشرات کامل و تولیدمثل 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). توانایی حشرات در تکمیل هر چه سریعتر مراحل حساس قبل از بلوغ و رسیدن به مرحله‌ی تولید نتاج، وابستگی زیادی به عناصر غذایی موجود در گیاهان میزبان دارد. بنابراین، ارقام دارای مقاومت نسبی بالا ممکن است اثربخشی سایر روش‌های کنترل آفت از جمله استفاده از دشمنان طبیعی و حشره‌کش‌ها را از طریق کندکردن مراحل قبل از بلوغ و طولانی‌تر کردن زمان رسیدن به مرحله‌ی تولید نتاج افزایش دهند (زالوکی و ملکوم<sup>۲</sup>، ۲۰۰۲). بنابراین، استفاده از ارقام مقاوم گیاهی می‌تواند به عنوان روش مکمل کنترل بیولوژیک و کنترل شیمیایی در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات استفاده گردد. با توجه به خسارت زیادی که همه ساله به وسیله حشرات به محصولات کشاورزی در سطح جهانی وارد می‌شود، تهیه ارقام مقاوم علی‌رغم زمان طولانی و هزینه‌ی اولیه نسبتاً زیاد، روشی تقریباً مطمئن و در دراز مدت به صرفه می‌باشد (هنریش<sup>۳</sup> و همکاران، ۱۹۸۵). لذا ارقام مقاوم گیاهی به‌عنوان یکی از

---

<sup>1</sup>- Panda & Khosh

<sup>2</sup>. Zalucki & Malcolm

<sup>3</sup>. Heinrichs

ابزارهای کارآمد در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات به‌شمار می‌رود. دارا بودن ویژگی‌هایی نظیر تخصصی بودن برای یک آفت کلیدی خاص و یا گروه محدودی از آفات، دارا بودن خاصیت تجمعی و به تبع آن تاثیر روی نسل‌های متوالی آفت، سازگاری با محیط زیست و پایداری نسبتا بالا و در نهایت قابلیت تلفیق آن با سایر روش‌های کنترل در IPM، سبب به وجود آمدن جایگاه ویژه ارقام مقاوم در IPM شده است (هورن<sup>۱</sup>، ۱۹۸۸). در بررسی مقاومت گیاهان به حشرات گیاهخوار از روش‌های متنوعی استفاده می‌شود (نوری قنبلانی و همکاران، ۱۳۹۲) که متداولترین آن‌ها عبارتند از:

۱- مطالعه‌ی پارامترهای زیستی و پارامترهای جمعیت پایدار حشره در ارقام مورد نظر

۲- مطالعه‌ی شاخص‌های تغذیه حشره در ارقام مختلف گیاه میزبان

۳- مطالعه‌ی میزان فعالیت آنزیم‌های گوارشی حشره در ارقام مختلف گیاهان میزبان

لذا در این قسمت منابع مرتبط با موضوعات فوق به صورت مختصر مورد بررسی قرار خواهد گرفت:

#### ۱-۴- پارامترهای زیستی

یکی از رایج‌ترین روش‌های مطالعه‌ی مقاومت نوع آنتی‌بیوزی، مقایسه‌ی پارامترهای زیستی و جدول زندگی آفت روی ارقام مورد نظر می‌باشد. جدول زندگی شرح جزئیات مرگ و میر جمعیت بوده و با تلفیق اطلاعات مربوط به بقا و زادآوری تشکیل می‌شود (ساوث وود و هندرسون<sup>۲</sup>، ۲۰۰۰). جدول‌های زندگی را می‌توان برای تشریح میزان و سرعت نشوونما، نرخ بقا، امیدزندگی، تعیین اندازه‌ی جمعیت یک آفت و ساختار سنی آن در یک زمان مشخص به کار برد. مهمترین پارامتر

---

<sup>1</sup>. Horn

<sup>2</sup> - Southwood & Henderson

تعیین‌کننده‌ی رشد جمعیت، نرخ ذاتی افزایش جمعیت ( $r_m$ ) است که یک شاخص استاندارد بوده و بیشترین میزان رشد جمعیت یک گونه را تحت شرایط فیزیکی معین نشان می‌دهد. در محاسبه نرخ ذاتی افزایش جمعیت میزان بقا نیز دخالت داده می‌شود. کاهش در میزان بقا و باروری منجر به کاهش در نرخ ذاتی افزایش جمعیت می‌شود. با وجود اینکه پارامترهای جدول زندگی تحت شرایط آزمایشگاهی و مصنوعی تخمین زده می‌شوند ولی می‌توانند به عنوان ابزاری مفید جهت پیش بینی کارایی دشمنان طبیعی روی میزبان‌هایشان تحت شرایط طبیعی مورد استفاده قرار گیرند (روی<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۳؛ دانون<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۰).

دونوع جدول زندگی وجود دارد:

#### ۱- جدول زندگی ویژه‌ی سنی بر اساس جنس ماده-تک جنسی (Female age-specific life table)

در تشکیل جدول زندگی تک جنسی فقط از داده‌های مربوط به افراد ماده و بدون در نظر گرفتن تفاوت طول دوره‌های رشدی بین افراد استفاده می‌شود. لذا برای تعیین نرخ بقاء ویژه‌ی سنی و باروری ویژه‌ی سنی فقط از افراد ماده و متوسط زمان نشو و نمای مراحل رشدی استفاده می‌شود. در نتیجه در رسم نمودار در این نوع جداول زندگی، هم‌پوشانی بین مراحل مختلف رشدی قابل رویت نبوده و از متوسط زمان نشو و نمای مراحل رشدی با فرض اینکه همه‌ی افراد دارای مراحل رشدی یکسانی هستند استفاده می‌شود (کری<sup>۳</sup>، ۱۹۹۳).

#### ۲- جدول زندگی دو جنسی سن-مرحله (Age-stage, two-sex life table)

---

<sup>1</sup> - Roy et al

<sup>2</sup> - Dannon et al

<sup>3</sup> - Carey

در جدول زندگی دو جنسی، دوره‌ی نشو و نمای متغیر بین افراد و جنس‌ها در نظر گرفته می‌شود. همچنین تفاوت بین نرخ بقاء، امید به زندگی، مرگ و میر ویژه‌ی سنی و غیره بین حشرات نر و ماده و بین مراحل مختلف رشدی را آشکار می‌کند (چی و لیو<sup>۱</sup>، ۱۹۸۵). لذا در این نوع جداول زندگی، هم‌پوشانی بین مراحل مختلف سنی قابل مشاهده است.

### ۱-۵- شاخص‌های تغذیه‌ای

تغذیه عبارتست از کلیه‌ی ترکیباتی که یک موجود زنده برای رشد، توسعه‌ی بافت‌ها، تولیدمثل و تامین انرژی بدن خود نیاز دارد. اگرچه حشرات قادرند برخی از این مواد شیمیایی را خودشان سنتز کنند ولی بیشتر حشرات، آن‌ها را از طریق خوردن مواد غذایی کسب می‌نمایند (چاپمن<sup>۲</sup>، ۱۹۹۸). کیفیت گیاه میزبان (میزان نیتروژن، کربن، عناصر و ترکیبات دفاعی در گیاه میزبان) زنده‌مانی و رشد جمعیت حشرات گیاهخوار را تحت تاثیر قرار می‌دهند (آومک و لدر<sup>۳</sup>، ۲۰۰۲). تعادل غذایی در سخت‌بالپوشان مانند دیگر راسته‌های حشرات اهمیت زیادی دارد (توماس، ۱۹۹۳؛ توماس و همکاران، ۱۹۹۴). سخت‌بالپوشان نسبت به رژیم‌های غذایی نامناسب و نامتعادل به شیوه‌های مختلف واکنش نشان می‌دهند. به‌طور مثال می‌توانند مقدار یا نوع غذای خورده شده را تغییر دهند و در میزان کارایی مواد غذایی سازمان ببخشند (نیشن<sup>۴</sup>، ۲۰۰۱؛ چاپمن، ۱۹۹۸). نوع و میزان عناصر غذایی گیاه، ترکیبات شیمیایی ثانوی گیاه و توانایی هضم و جذب غذای خورده شده توسط حشره از جمله عواملی هستند که مطلوبیت گیاه میزبان را برای تغذیه، نشو و نما و ایجاد جمعیت نسل بعد توسط حشره‌ی آفت تحت تاثیر قرار می‌دهند

---

<sup>1</sup> - Chi & Liu

<sup>2</sup> - Chapman

<sup>3</sup> - Awmack and Leather

<sup>4</sup> - Nation

(اسکرایبر و اسلانسکی<sup>۱</sup>، ۱۹۸۱). بنابراین، از عوامل تعیین کننده در نشو و نماي حشرات می‌توان به نوع و مقدار غذای خورده شده توسط حشره و بازدهی تبدیل آن به زیست‌توده بدن اشاره کرد. تفاوت در میزان آللوکمیخال‌ها در گیاهان میزبان مختلف یک حشره (مارتین و پولین<sup>۲</sup>، ۲۰۰۴) و توانایی موجود زنده در هضم عناصر غذایی به ویژه پروتئین (سوگبسان و آگوومبا<sup>۳</sup>، ۲۰۰۸) می‌تواند بر پارامترهای تغذیه‌ای و میزان کارایی رشد حشره تأثیرگذار باشد.

## ۱-۶- دستگاه گوارش حشرات

### ۱-۶-۱- آنزیم‌های گوارشی در حشرات

بخش مهمی از غذای حشرات را ماکرومولکول‌هایی نظیر پلی‌ساکاریدها، لیپیدها و پروتئین‌ها تشکیل می‌دهند (چپمن، ۱۹۹۸) که به ترتیب، توسط کربوهیدرازها، لیپازها و پروتئازها تجزیه می‌شوند (چپمن، ۱۹۹۱). به‌طور کلی، یک مولکول کوچک قابلیت انتقال به بافت بدن را دارد، در حالی که مولکول‌های بزرگتر باید قبل از جذب، در داخل لوله‌ی گوارش، به مولکول‌های کوچک سازنده‌ی خود شکسته شوند. (گیت‌هوس، ۱۹۹۹؛ فیگورا<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۳). بنابراین، یکی از عوامل بسیار مهمی که در تکامل و تنوع حشرات دخالت دارد، توانایی آنها در بهره‌برداری از مواد آلی مختلف برای تغذیه می‌باشد. 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 بهره‌برداری از مواد مختلف به عنوان منبع غذایی، منجر به تقسیم بندی آنها به حشرات آفت (در

---

<sup>1</sup> - Scriber and Slansky

<sup>2</sup> - Martin and Pulin

<sup>3</sup> - Sogbesan and Ugwumba

<sup>4</sup> - Figueira et al

بخش‌های مختلف زندگی انسان نظیر کشاورزی، صنایع و بهداشت) و غیر آفت شده است. همه‌ی این مسائل ضرورت آگاهی از سیستم گوارشی و هضم در حشرات را به عنوان پیش‌نیازی برای بهبود روش‌های کنترل مبتنی بر هدف قرار دادن دستگاه گوارش نشان می‌دهد (ویگل‌سورس<sup>۱</sup>، ۱۹۷۲؛ لیهان و بیلینگسلی<sup>۲</sup>، ۱۹۹۶؛ نیشن، ۲۰۰۱).

### ۱-۶-۲-اسیدیت‌های دستگاه گوارش در حشرات

اسیدیت‌های دستگاه گوارش به ویژه روده‌ی میانی از مهم‌ترین ویژگی‌های محیط داخلی بدن حشرات است که روی آنزیم‌های گوارشی تأثیر می‌گذارد. تغییرات زیاد در اسیدیت‌های روده‌ی میانی، مشکلاتی را برای آنزیم‌های گوارشی حشرات به وجود می‌آورد و تعداد کمی از آن‌ها می‌توانند فعالیت بهینه را در دامنه‌ی وسیعی از اسیدیت‌ها از خود نشان دهند. در نتیجه در بیشتر گونه‌های حشرات با اسیدیت‌های روده‌ی میانی متفاوت گروه‌های مختلف از آنزیم‌ها یافت می‌شوند (مک‌گای<sup>۳</sup> و همکاران، ۱۹۹۵). بررسی‌ها نشان می‌دهد که اسیدیت‌های روده‌ی میانی یک خصوصیت ویژه‌ی گونه است و علاوه بر آن معمولاً در داخل راسته‌های اصلی حشرات حفظ می‌شود (گریسون<sup>۴</sup>، ۱۹۵۸؛ کیتینگ<sup>۵</sup> و همکاران، ۱۹۹۰).

---

<sup>1</sup> - Wigglesworth

<sup>2</sup> - Lehane and Billingsley

<sup>3</sup> - Mc Ghie

<sup>4</sup> - Grayson

<sup>5</sup> - Keating



حشرات با روده‌ی میانی دارای اسیدیتته‌ی قلیایی از جمله بالپولکداران، دارای سرین پروتئازها مانند تریپسین، کیموتریپسین و الاستاز می‌باشند که اسیدیتته‌ی فعالیت بهینه‌ی آن‌ها خنثی یا قلیایی می‌باشد. گونه‌هایی که دارای روده‌ی میانی با اسیدیتته‌ی اسیدی می‌باشند، مانند بعضی سخت بالپوشان، دوبالان و ناجوربالان به سیستئین یا اسپارتیک پروتئازها تکیه دارند که در اسیدیتته‌ی اسیدی بیشترین فعالیت را از خود نشان می‌دهند (جانسون و رابوسکی<sup>۱</sup>، ۲۰۰۰).

### ۱-۶-۳- آنزیم گوارشی آمیلاز

کربوهیدرات‌ها فقط به شکل مونوساکاریدها قابل جذب هستند و این درحالی است که کربوهیدرات‌های موجود در رژیم‌های غذایی اغلب به صورت پلی- ساکارید و دی ساکارید می‌باشند. پلی ساکارید سلولز، جزء اصلی گیاهان سبز می‌باشد. اگرچه بسیاری از حشرات گیاه‌خوار هستند اما تعداد بسیار معدودی از آن‌ها قادر به استفاده از سلولز می‌باشند و تعدادی دیگر نیز برای تجزیه‌ی سلولز به ریزجانداران دستگاه گوارشی وابسته هستند. نشاسته و گلیکوژن، به ترتیب، پلی- ساکاریدهای اصلی ذخیره‌ای در گیاهان و حشرات می‌باشند که به وسیله‌ی آمیلازها قابلیت هضم و جذب پیدا می‌کنند (چپمن، ۱۹۹۸).

کربوهیدرات‌ها وظیفه هیدرولیز کامل کربوهیدرات‌ها و تبدیل آن‌ها به مونوساکاریدها را برعهده دارند. تقسیم بندی این آنزیم‌ها براساس سوبسترای اختصاصی‌شان می‌باشد. یک گروه از این کربوهیدرات‌ها، آمیلازها هستند. آنزیم آلفا-آمیلاز در ریزجانداران، گیاهان و حیوانات دیده می‌شود (لاوتی<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۰) و سطح فعالیت آن وابسته به رژیم غذایی مورد تغذیه است (استروبل و همکاران<sup>۳</sup>، ۱۹۹۸). ویندیش و ماتر<sup>۴</sup> (۱۹۶۵) آمیلازها را به دو گروه اندوآمیلازها و

---

<sup>1</sup> - Johnson and Rabosky

<sup>2</sup> - Louati

<sup>3</sup> - Strobl

<sup>4</sup> - Windish and Mhater

اگزوآمیلازها تقسیم کردند و به دلیل نقش مهمی که در تجزیه نشاسته دارد، در بقای گیاهان، جانوران و ریزجانداران نقش اساسی را ایفا می‌نماید. این آنزیم، پیوندهای آلفا-دی-۱ و ۴-گلوکان در ترکیبات نشاسته‌ای، گلیکوژن و دیگر کربوهیدرات‌های رژیم غذایی را هیدرولیز می‌کند (استرویل و همکاران، ۱۹۹۸؛ فرانکو<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۰). آلفا-آمیلاز نشاسته را به مالتوز و دیگر الیگومرها تبدیل می‌کند، که سپس توسط آلفا-گلوکوزیداز به گلوکز تبدیل می‌شود (ترا و همکاران<sup>۲</sup>، ۱۹۹۶؛ فریرا<sup>۳</sup> و همکاران، ۱۹۹۴). آنزیم‌های هضم توسط سلول‌های مخاطی رودهی میانی سنتز و ترشح می‌شود (بیکر<sup>۴</sup>، ۱۹۸۳).

#### ۱-۶-۴- آنزیم‌های گوارشی پروتئاز

آنزیم‌هایی که مسئولیت هیدرولیز کامل پروتئین‌ها و تبدیل آن‌ها را به اسید آمینه دارند، پروتئازها می‌باشند که روی باندهای پپتیدی عمل کرده و خود شامل پروتئینازها (آندوپپتیداز) و اگزوپپتیدازها می‌باشند. برخی از آنزیم‌ها آزادانه در لومن معده هستند درحالی که برخی دیگر به فضای پرده دور غذا متصل هستند و بیشتر در فضای داخلی پرده دور غذا هستند تا اینکه در معده جلوی یا عقبی وجود داشته باشند.

پروتئازها براساس مکانیسم‌های کاتالیکی به دو گروه اندوپروتئاز یا اندوپپتیداز و اگزوپروتئاز یا اگزوپپتیداز تقسیم می‌شوند و شناسایی آن‌ها به وسیله‌ی معرف‌های خاص می‌باشد (پائولیلو<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۰۰). مشخصه‌ای که اختلاف بین این دو گروه را نمایان می‌کند این است که اندوپروتئازها به پروتئین‌هایی که به اسید

---

<sup>1</sup> - Franco

<sup>2</sup> - Terra et al

<sup>3</sup> - Ferreira

<sup>4</sup> - Baker

<sup>5</sup> - Paulillo

آمینه معینی متصل شده‌اند حمله می‌کنند و زنجیره پروتئینی را از وسط می‌شکنند و آن را به پلی پپتیدها تجزیه می‌کند درحالی‌که اگزوپروتئازها به یکی از دو انتهای زنجیره پروتئینی حمله می‌کنند و از ناحیه انتهایی آمینو اسید یا کربوکسی باعث قطع زنجیره می‌شوند (بارت و راولینگز<sup>۱</sup>، ۱۹۹۱).

### اندوپپتیدازها

پروتئینازها که به اندوپروتئاز نیز معروف هستند نقش بسیار مهمی در هضم پروتئین دارند. این آنزیم‌ها هضم پروتئین را با شکستن یک پیوند داخلی در آن آغاز می‌کنند. چون توالی اسیدآمینه در طول زنجیره پپتیدی تغییر می‌کند. بنابراین انواع مختلفی از پروتئینازها برای هیدرولیز کردن آن‌ها لازم است. براساس جایگاه فعال و مکانیسم مربوطه، پروتئینازهای گوارشی به سه گروه سرین، سیستئین و آسپاراتیک پروتئینازها دسته بندی می‌کنند. سرین و سیستئین پروتئینازها رایج‌ترین پروتئینازهای گوارشی حشرات هستند (ترا و فریرا، ۱۹۹۴).

### اگزوپپتیدازها

این آنزیم‌ها باعث هیدرولیز اسیدهای آمینه از طریق ان-ترمینال زنجیره پپتیدی می‌شود. در یک انتهای زنجیره پپتیدی یک گروه آمینی ( $\text{-NH}_2$ ) و در انتهای دیگر آن یک عامل کربوکسیل ( $\text{-COOH}$ ) وجود دارد. به اگزوپپتیدازهایی که باعث شکستن زنجیره پپتیدی از انتهای آمینی می‌شوند، آمینو پپتیداز و آن‌هایی که باعث شکستن اسیدهای آمینه از انتهای کربوکسی می‌شوند کربوکسی پپتیداز گفته می‌شوند (برون<sup>۲</sup>، ۱۹۹۵).

### ۷-۱- مروری بر تحقیقات گذشته

---

<sup>1</sup> - Barrett & Rawlings

<sup>2</sup> - Browne

در مطالعات قبلی ویژگی‌های زیستی، شاخص‌های تغذیه‌ای و فعالیت برخی آنزیم‌های گوارشی لمبه گندم روی غلات مختلف مورد بررسی قرار گرفته است: آهیر و احمد<sup>۱</sup> (۱۹۹۳) کارایی تغذیه‌ای لاروهای لمبه گندم را روی ۱۲ رقم گندم بررسی و تفاوت معنی‌داری در تعداد آفت و کاهش وزن غلات بین ارقام مختلف مشاهده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که رقم ۸۶۲۹۹ کمترین حساسیت را به لمبه گندم داشت و کاهش وزن دانه در این رقم کمتر از یک درصد بود. رائو<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۴) مقاومت ۲۸ رقم گندم را نسبت به لمبه گندم بررسی کردند. در این مطالعه میانگین تعداد سوسک‌های بالغ شده به ازای هر ۲۰ گرم از ارقام مختلف از ۱۰ تا ۳۶/۹ حشره متغیر بود. ارقام گندم شامل کالیانسونا، SH 240، WTN 50 و UAS 2023 به عنوان ارقام مقاوم و MACS 2846،

---

<sup>1</sup> - Aheer & Ahmad

Family name: Majd- Marani	Name: Shadi
Title of Thesis: Effect of maize hybrid on biology and digestive physiology of <i>Trogoderma granarium</i> (Everts) (Coleoptera: Dermestidae)	
Supervisor: Dr. Bahram Naseri Advisor(s): Prof. Gadir Nouri-Ganbalani, M.Sc. Ehsan Borzoui	
Graduate Degree <b>M.Sc.</b> Major: Agricultural Entomology Specialty: University: <b>Mohaghegh Ardabili</b> Faculty: Agriculture and Natural Resources Graduation date: 96/6/21 Number of pages: 77	
<p>Abstract:</p> <p>The Khapra beetle, <i>Trogoderma granarium</i> Everts (Coleoptera: Dermestidae), is a polyphagous pest that infests many stored grains and products. The effect of nine maize hybrids including 704, AR 89, AS 71, AS 77, BC 678, KSC 703, PL 472, SC 704, and Simax was studied on life history, feeding indices and digestive enzymatic activity of <i>T. granarium</i> at controlled conditions (<math>33 \pm 1^\circ\text{C}</math>, <math>65 \pm 5\%</math> RH, and a photoperiod of 14:10 (L:D) h). According to the results of this study, the immature period was the longest on BC 678 (<math>56.79 \pm \text{SE: } 1.51</math> days) and the shortest on PL 472 (<math>39.90 \pm 0.48</math> days). The net reproductive rate (<math>R_0</math>) of <i>T. granarium</i> ranged from <math>10.40 \pm 0.11</math> offsprings on BC 678 to <math>30.43 \pm 0.20</math> offsprings on KSC 703. The highest intrinsic rate of increase (<math>r_m</math>) was for <i>T. granarium</i> reared on KSC 703 (<math>0.0773 \pm 0.0001 \text{ day}^{-1}</math>), and the lowest was on BC 678 (<math>0.0390 \pm 0.0002 \text{ day}^{-1}</math>). <i>T. granarium</i> larvae fed on 704 had the highest value of efficiency of conversion of ingested food (<math>28.89 \pm 3.23\%</math>) as compared with other maize hybrids. Proteolytic activity was the highest on KSC 703 (<math>0.020 \pm 0.001 \text{ mU/individual}</math>) and the lowest on BC 678 (<math>0.002 \pm 0.000 \text{ mU/individual}</math>). In addition, the highest amylolytic activity was on KSC 703 (<math>0.220 \pm 0.006 \text{ mg maltose/min}</math>) and the lowest was on BC 678 (<math>0.079 \pm 0.014 \text{ mg maltose/min}</math>). The zymogram of the general protease activity showed two main bands that the intensity of bands in larvae fed on different maize hybrids was different. Larvae exhibited a single strong band of amylolytic activity on different maize hybrids. The lowest and highest intensity was for larvae fed on BC 678 and KSC 703, respectively. According to the obtained results, BC 678 is an unfavorable hybrid for population increase of <i>T. granarium</i>, which can be recommended to be grown in regions where the damage of <i>T. granarium</i> is considerable to minimize maize infestations by this pest.</p>	
Keywords: <i>Trogoderma granarium</i> , Biology, Digestive physiology, Maize hybrids.	



**University of Mohaghegh Ardabili**  
**Faculty of Agriculture and Natural Resources**  
**Department of Plant Protection**

**Thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of  
M.Sc. in Agricultural Entomology**

Title:

**Effect of maize hybrid on biology and digestive physiology of *Trogoderma granarium* (Everts) (Coleoptera: Dermestidae)**

Supervisor:

**Bahram Naseri (Ph.D)**

Advisors:

**Prof. Gadir Nouri-Ganbalani (Ph.D)**

**M.Sc. Ehsan Borzoui (M.Sc.)**

By:

**Shadi Majd-Marani**

**Septamber – 2017**