نسبت جنسی و پتانسیل زیستی زنبورهای تریکوگراما (*Trichogramma* spp.) در شرایط طبیعی مازندران مرکزی

حسن قهاری[۱]، هادی استوان[۲] و مهرداد طبری[۳]، حمید ساکنین[۴] و مرضیه حاجی امیری[۵]

چکیده

بررسی پتانسیل زیستی و نسبت جنسی پارازیتوئیدها یکی از پژوهش‌های بنیادی در برنامه‌های کنترل بیولوژیک می‌باشد. زنبورهای تریکوگراما (*Trichogramma* spp.) جزو مهمترین و کارآمدترین پارازیتوئیدهای تخم کرم ساقه‌خوار برنج (*Chilo suppressalis* Walker) در مازندران می‌باشند. بر این اساس، پژوهشی در جهت مطالعه‌ی نسبت جنسی (تأثیر سه رقم فجر، خزر و نعمت و تأثیر سه اقلیم دشت، میان‌دشت و کوهپایه روی نسبت جنسی) و نیز پتانسیل زیستی (تأثیر دو عامل اقلیم و واریته روی پتانسیل زیستی) زنبورهای تریکوگراما در شرایط طبیعی مازندران مرکزی انجام شد. نتایج نشان داد که رقم برنج روی نسبت جنسی زنبورهای تریکوگراما مؤثر بود بطوری که نسبت ماده‌های تولید شده‌ی زنبور در تخم‌های جمع‌آوری شده از روی رقم نعمت بیشتر از ارقام خزر و فجر بود. اندازه‌ی دسته تخم میزبان روی نسبت جنسی زنبورهای تریکوگراما تأثیر داشت، بطوری که در دستجات تخم کوچک‌تر معمولاً نسبت نرهای تولید شده بیشتر از ماده‌ها و به میزان ۱/۲۷ به ۱، اما در دستجات تخم بزرگ‌تر تعداد ماده‌های تولید شده بیشتر بود (به میزان ۱ به ۱/۳۹). نتایج بررسی‌های مربوط به تأثیر اقلیم و رقم روی پتانسیل زادآوری زنبورهای تریکوگراما نشان داد که از بین دو عامل فوق، تأثیر اقلیم روی پتانسیل زادآوری معنی‌دار اما تأثیر رقم معنی‌دار نبود. در رابطه با تأثیر اقلیم، درصد نتاج تولید شده در اقلیم‌های دشت و کوهپایه بطور معنی‌داری بیشتر از اقلیم میان‌دشت بود.

کلید واژه ها: نسبت جنسی، پتانسیل زیستی، تریکوگراما، اقلیم، رقم، مازندران مرکزی

مقدمه

کرم ساقه‌خوار برنج *Chilo suppressalis* Walker (Lepidoptera: Pyralidae)، آفت کلیدی برنج در اغلب مناطق دنیا بخصوص آسیای جنوب شرقی (۱۸) می‌باشد و در ایران نیز در استان‌های گیلان، مازندران و اصفهان پراکندگی دارد و هر ساله باعث خسارت شدیدی به بوته‌های برنج و در نتیجه عملکرد محصول می‌شود (۱ و ۳). تمام پارازیتوئیدهای ساقه خواران به دو راسته‌ی Hymenoptera و Diptera تعلق دارند و فهرست کاملی از پارازیتوئیدهای ساقه‌خواران توسط پولازک [5] (۲۰) ارائه گردیده است. از میان پارازیتوئیدهای مختلف، زنبورهای خانواده‌ی Trichogrammatidae مهمترین و کارآمدترین دشمنان طبیعی کرم ساقه‌خوار برنج محسوب می‌شوند. این زنبورها با دارا بودن ۸۰ جنس و بیش از ۶۲۰ گونه دارای پراکندگی وسیعی در اغلب مناطق دنیا می‌باشند (۳۰). از میان جنس‌های مختلف این خانواده، جنس *Trichogramma* تنوع به مراتب بیشتری داشته و دارای ۱۵۱ گونه‌ی شناخته شده می‌باشد (۱۳). زنبورهای تریکوگراما پارازیتوئیدهای داخلی، انفرادی یا تجمعی تخم

۱- استادیار حشره شناسی، عضو هیئت علمی گروه کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر ری (h_ghahhari@yahoo.com)

۲- استاد حشره شناسی؛ عضو هیئت علمی گروه حشره‌شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات فارس

۳- مربی پژوهش حشره شناسی، عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات برنج کشور، مازندران، آمل

۴- استادیار گروه کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائم شهر

۵- مربی گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی مازنداران

5- Polaszek

تاریخ دریافت: ۸۶/۴/۲

تاریخ پذیرش: ۸۷/۴/۹

حشرات هستند و این ویژگی در تمام اعضای این خانواده عمومیت دارد و تاکنون فقط یک گزارش از پارازیتیسم شفیره‌ی دوبالان خانواده‌ی Cecidomyiidae توسط زنبورهای تریکوگراما ارائه شده است (۲۸).

بر اساس گزارش حسن[1] (۹ و ۱۰) شرایط مختلف و متعددی وجود دارند که روی جنبه‌های مختلف زیستی زنبورهای تریکوگراما مانند نسبت جنسی و پتانسیل زیستی تأثیر معنی‌دار می‌گذارند. از جمله‌ی این شرایط گونه و اندازه‌ی دستجات تخم میزبان، شرایط اقلیمی و در بعضی موارد نوع گیاه میزبان می‌باشد. همچنین با توجه به اینکه بنابر عقیده‌ی شجاعی (۲) اختلاف تراکم گروهی تخم‌های *C. suppressalis* روی برخی ویژگی‌های زیستی زنبورهای تریکوگراما تأثیر می‌گذارد و نیز بر اساس گزارش کولازا و واجنبرگ[2] (۵) تعداد تخم‌های موجود در یک دسته تخم روی نسبت جنسی زنبورهای *Trissolcus bassalis* (Woll.) از خانواده‌ی Scelionidae تأثیر گذار است. اگرچه در رابطه با کارآیی و پرورش انبوه زنبورهای تریکوگراما تحقیقات زیادی در دنیا انجام شده است، اما حجم بررسی‌های صورت گرفته در رابطه با تأثیر عوامل مختلف روی پتانسیل زیستی و نسبت جنسی این پارازیتوئیدها بسیار معدود می‌باشد. در ایران نیز در رابطه با ویژگی‌های زیستی زنبورهای تریکوگراما مطالعات نسبتاً متعددی انجام شده است اما اغلب پژوهش‌ها در شرایط آزمایشگاهی صورت گرفته و به تحقیقات بنیادی در شرایط مزرعه کمتر توجه شده است. تحقیقات انجام شده توسط لیتمیا و همکاران[3] (۱۵) نشان داد که شرایط محیطی و از آن جمله رژیم‌های غذایی روی بعضی ویژگی‌های زیستی مانند طول عمر و باروری زنبور *T. minutum* Riley مؤثر می‌باشد، بطوری که زنبورهای تغذیه شده با محلول عسل دارای طول عمر (۲۶/۴ روز) و تعداد نتاج (۲۶۰ عدد) به مراتب بیشتری در مقایسه با زنبورهای تغذیه نشده (دارای طول عمر ۳/۵ روز و تعداد نتاج ۸۰ عدد) و نیز زنبورهای تغذیه شده با محلول‌های فروکتوز (دارای طول عمر ۲۳ روز و تعداد نتاج ۲۳۰ عدد) و ساکارز (دارای طول عمر ۲۱ روز و تعداد نتاج ۲۳۰ عدد) بودند. همچنین کالیبی و همکاران[4] (۱۲ و ۱۳) تحقیق مشابهی در رابطه با تأثیر دماها و رطوبت‌های مختلف روی درصد پارازیتیسم، طول عمر، باروری و واکنش تابعی شش گونه‌ی بومی تریکوگراما در منطقه‌ی کنیا انجام دادند و نتیجه گرفتند که هر یک از شاخص‌های مزبور در شرایط محیطی مختلف، تفاوت دارند. تحقیقات نشان داده است که ماده‌های بزرگ‌تر تعداد تخم‌های بیشتری در مقایسه با ماده‌های کوچک‌تر می‌گذارند. تخم‌های میزبان در مراحل اولیه‌ی رشدی جهت پارازیتیسم مناسب‌تر هستند و تخم‌های مسن (بخصوص تخم‌هایی که کپسول سر لارو سن اول میزبان در داخل تخم مشخص می‌باشد) معمولاً پارازیته نمی‌شوند که بدیهی است که تحت این شرایط بقای تخم پارازیتوئید کاهش می‌یابد (۱۹).

بررسی نسبت جنسی پارازیتوئیدها در ارزیابی دقیق‌تر کارآیی آنها بسیار حائز اهمیت می‌باشد. زیرا در برنامه‌های کنترل بیولوژیک پارازیتوئیدهای ماده حائز اهمیت هستند و در نتیجه پارازیتوئیدهایی که نسبت جنسی آنها به نفع ماده‌ها است قطعاً به دلیل تولید تعداد بیشتری از ماده‌های تخم‌گذار، دارای پتانسیل پارازیتیسم بالاتری می‌باشند (۶). با توجه به اهمیت نسبت جنسی در پارازیتوئیدها، در پژوهش حاضر بررسی‌هایی در رابطه با تعیین نسبت جنسی زنبورهای تریکوگراما در دو مقوله‌ی «تأثیر واریته‌ی

1- Hassan
2- Colazza & Wajnberg
3- Leatemia *et al.*
4- Kalyebi *et al.*

گیاه میزبان» و «تأثیر اندازه‌ی دستجات تخم میزبان[1]» روی نسبت جنسی زنبورهای تریکوگراما در شرایط طبیعی مازندران مرکزی انجام شد.

مواد و روش‌ها

بررسی نسبت جنسی زنبورهای تریکوگراما در مازندران مرکزی

با توجه به اهمیت مطالعه‌ی نسبت جنسی در پارازیتوئیدها، دو بررسی جداگانه شامل تأثیر واریته‌ی گیاه میزبان روی نسبت جنسی و تأثیر اندازه‌ی دستجات تخم میزبان روی نسبت جنسی زنبورهای تریکوگراما انجام شد.

به منظور مطالعه‌ی تأثیر واریته‌ی گیاه میزبان روی نسبت جنسی زنبورهای تریکوگراما، سه مزرعه‌ی برنج هر یک به مساحت ۲۰۰۰ متر مربع تحت کشت سه رقم فجر، خزر و نعمت در ایستگاه تحقیقاتی مؤسسه‌ی برنج آمل (مازندران) در نظر گرفته شدند و حدود ۵۰ دسته تخم *C. suppressalis* در تاریخ‌های ۱۳۸۵/۳/۲۵ و ۱۳۸۵/۴/۱ از هر یک از ارقام فوق جمع‌آوری و پس از قرار گرفتن داخل لوله‌های آزمایش و ثبت مشخصات به آزمایشگاه منتقل گردیدند. به منظور شناسایی و تفکیک دستجات تخم پارازیته شده از غیر پارازیته، دستجات تخم برای مدت ۵ روز بطور جداگانه داخل پتری‌های حاوی کاغذ صافی مرطوب قرار گرفتند. به این ترتیب در طی مدت زمان مزبور تخم‌های پارازیته شده به رنگ سیاه تبدیل شدند و تخم‌های غیر پارازیته همچنان سفید باقی ماندند. البته در طی مدت زمان مزبور تعداد اندکی پارازیتوئید از تخم‌های سیاه رنگ خارج شدند که با ثبت مشخصات نگهداری گردیدند. با گذشت زمان فوق (۵ روز)، از میان برگ‌های حاوی دستجات تخم سیاه رنگ، ۱۰ دسته تخم انتخاب و جهت خروج زنبورهای تریکوگراما بطور جداگانه داخل پتری قرار گرفته و سپس به شرایط انکوباتور با دمای ۲±۲۷ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۵±۷۵ درصد و ۱۴ ساعت روشنایی در شبانه‌روز منتقل شدند. پس از خروج پارازیتوئیدها از تخم‌های پارازیته شده، جنسیت زنبورهای مربوط به هر یک از تیمارها (رقم برنج) بطور جداگانه در زیر استرئومیکروسکوپ تعیین گردید. به منظور تفکیک جنس‌های نر و ماده از ویژگی‌های ارائه شده توسط شجاعی (۲) استفاده گردید.

با در نظر گرفتن اهمیت نسبت جنسی در پارازیتوئیدها که پیشتر به آن اشاره شد، به منظور بررسی تأثیر اندازه‌ی دسته تخم *C. suppressalis* روی نسبت جنسی زنبورهای تریکوگرامای حاصل، ۱۰ دسته تخم بزرگ (دارای بیش از ۷۰ تخم) و ۱۰ دسته تخم کوچک (دارای کمتر از ۲۰ تخم) سیاه رنگ در تاریخ‌های مذکور از روی برنج رقم طارم محلی جمع‌آوری و تا خروج پارازیتوئیدها بطور جداگانه در داخل پتری‌ها در شرایط آزمایشگاه نگهداری شدند. با توجه به احتمال وجود خطا در شمارش تعداد تخم‌های موجود در دستجات تخم بزرگ، خطای معیار ۲± برای هر یک از شمارش‌ها در نظر گرفته شد. پس از خروج پارازیتوئیدها از تخم‌های پارازیته شده، جنسیت زنبورهای مربوط به دستجات تخم کوچک و بزرگ بطور جداگانه و از روی شکل شاخک (۲) تعیین گردید.

بررسی تأثیر اقلیم و واریته روی پتانسیل زادآوری زنبورهای تریکوگراما

به منظور بررسی پتانسیل زادآوری[2] زنبورهای تریکوگراما در مازندران مرکزی و نیز تأثیر دو عامل اقلیم و واریته روی ویژگی مزبور در زنبورهای تریکوگراما، آزمایشی به شرح زیر انجام شد. سه رقم فجر، خزر و نعمت هر یک از سه اقلیم مختلف

1- Clutch size

2- Fertility

شامل دشت (ساروکلای قائمشهر)، میان‌دشت (آمل) و کوهپایه (آهنگرکلای قائمشهر) در نظر گرفته شدند. تعداد ۱۰ دسته تخم سیاه رنگ (پارازیته شده) *C. suppressalis* از روی هر یک از ارقام مزبور و نیز از هر یک از اقلیم‌های سه‌گانه‌ی فوق جمع‌آوری و پس از قرار گرفتن داخل پتری‌ها و ثبت مشخصات در شرایط ذکر شده قرار داده شدند. به این ترتیب از هر یک از اقلیم‌ها ۳۰ دسته تخم سیاه‌رنگ کرم ساقه‌خوار برنج (در مجموع ۹۰ دسته تخم) جمع‌آوری گردید که سهم هر یک از ارقام ۱۰ دسته تخم بود که بطور جداگانه داخل پتری‌ها قرار گرفتند. پانزده روز بعد از جمع‌آوری دستجات تخم، تعداد زنبورهای خارج شده از هر یک از تیمارها (واریته‌ها و اقلیم‌های مختلف) شمارش شدند. به این ترتیب با تفاضل تعداد نتاج تولید شده از تعداد کل تخم‌های سیاه‌رنگ یا پارازیته شده‌ی اولیه، پتانسیل زادآوری زنبورهای تریکوگراما در مازندران مرکزی تعیین گردید. به منظور سهولت در تجزیه و تحلیل آماری، داده‌های حاصل ابتدا به درصد تبدیل شدند و سپس با استفاده از نرم‌افزار SAS (۲۳) آنالیز گردیدند.

نتایج و بحث

نسبت جنسی زنبورهای تریکوگراما در مازندران مرکزی

نتایج بررسی‌ها در رابطه با تأثیر رقم روی نسبت جنسی زنبورهای تریکوگراما نشان داد که نسبت ماده‌های تولید شده‌ی زنبور در تخم‌های جمع‌آوری شده از روی رقم نعمت بیشتر از ارقام خزر و فجر بود. نسبت جنسی بر روی رقم نعمت ۴۵/۶۳٪ نر و ۵۴/۶۷٪ ماده، روی رقم خزر ۴۷/۲۵٪ نر و ۵۲/۷۵٪ ماده و روی رقم فجر ۵۰/۵۳٪ نر و ۴۹/۴۷٪ ماده بود (جدول ۱). به این ترتیب همچنان که از جدول ۱ مشخص می‌گردد، رقم برنج روی نسبت جنسی زنبورهای تریکوگراما بطور معنی‌داری مؤثر است و نتایج این بررسی با گزارش‌های شجاعی (۲)، حسن (۹ و ۱۰) و گادفری[1] (۶) مبنی بر اینکه علاوه بر عوامل محیطی (شامل دما، رطوبت نسبی و نور) و خصوصیات میزبان عوامل دیگری مانند ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی گیاه میزبان نیز روی نسبت جنسی زنبورهای تریکوگراما تأثیرگذار می‌باشند، مطابقت دارد. با توجه به نتایج مربوط به تراکم جمعیت مراحل زیستی نابالغ *C. suppressalis* که بر روی رقم نعمت بطور معنی‌داری کمتر از ارقام خزر و فجر بوده است، به نظر می‌رسد که به دلیل تولید تعداد بیشتری از افراد ماده و در نتیجه افزایش جمعیت مفید (ماده‌های تخمگذار) در رقم نعمت، میزان آلودگی کمتر از دو رقم دیگر می‌باشد.

نتایج مشاهدات در رابطه با جمع‌آوری و پرورش آزمایشگاهی تخم‌های پارازیته شده‌ی *C. suppressalis* نشان داد که اندازه‌ی دسته تخم روی نسبت جنسی زنبورهای تریکوگراما تأثیر داشت، بطوری که در دستجات تخم کوچک‌تر معمولاً نسبت نرهای تولید شده بیشتر از ماده‌ها اما در دستجات تخم بزرگ‌تر تعداد ماده‌های تولید شده بیشتر بود (جدول ۲). همچنان که از داده‌های جدول ۲ مشخص است، نسبت جنسی «نر به ماده» در زنبورهای پرورش یافته از دستجات تخم کوچک ۱/۲۷ (نر) به ۱ (ماده) اما در زنبورهای پرورش یافته از دستجات تخم بزرگ‌تر ۱ به ۱/۳۹ می‌باشد. بعد از خروج پارازیتوئیدها رقابت برای جفتگیری بین افراد نر بوجود می‌آید که بنا بر عقیده‌ی هامیلتون[2] (۸) این پدیده به «رقابت جفتگیری محلی»[3] موسوم است. پارازیتوئیدهای ماده توانایی تنظیم نسبت جنسی را بر اساس مکانیسم هاپلودیپلوئید[4] دارا

1- Godfray
2- Hamilton
3- Local Mate Competition (LMC)
4- Haplodiploid

جدول ۱- تعداد افراد نر و ماده‌ی جمع‌آوری شده‌ی زنبورهای تریکوگراما *Trichogramma* spp. از روی سه رقم فجر، خزر و نعمت به منظور مقایسه‌ی نسبت جنسی

فجر	پتری ۱	پتری ۲	پتری ۳	پتری ٤	پتری ٥	جمع	درصد
تعداد نرها	٥	۷	۱۲	۱۲	۱۱	۴۷ (۱/۰۲)	۵۰/۵۳
تعداد ماده‌ها	۶	۸	۱۳	۱۰	۹	۴۶ (۱)	۴۹/۴۷
خزر	پتری ۱	پتری ۲	پتری ۳	پتری ۴	پتری ۵	جمع	-
تعداد نرها	۹	۱۱	۱۰	۶	۷	۴۳ (۱)	۴۷/۲۵
تعداد ماده‌ها	۱۱	۱۳	۸	۱۰	۶	۴۸ (۱/۱۱)	۵۲/۷۵
نعمت	پتری ۱	پتری ۲	پتری ۳	پتری ۴	پتری ۵	جمع	-
تعداد نرها	۷	۸	۱۳	۱۰	۹	۴۷ (۱)	۴۵/۶۳
تعداد ماده‌ها	۱۲	۹	۱۵	۱۳	۷	۵۶ (۱/۱۹)	۵۴/۶۷

جدول ۲- نسبت جنسی زنبورهای تریکوگراما *Trichogramma* spp. پرورش یافته از دستجات تخم کوچک و بزرگ کرم ساقه‌خوار برنج

تعداد تخم در هر دسته تخم (اندازه کوچک)	تعداد نرهای تولید شده	تعداد ماده‌های تولید شده	تعداد تخم در هر دسته تخم (اندازه بزرگ)	تعداد نرهای تولید شده	تعداد ماده‌های تولید شده
۷	۳	۱	۷۸±۲	۸	۱۵
۱۱	۵	۳	۸۹±۲	۱۳	۱۸
۱۵	۶	۶	۹۳±۲	۱۰	۲۳
۱۹	۹	۸	۹۶±۲	۱۵	۱۹
۱۷	۸	۷	۷۴±۲	۷	۱۱
۱۲	۷	۲	۸۳±۲	۸	۱۴
۹	۴	۳	۹۵±۲	۱۶	۹
۵	۰	۰	۷۶±۲	۳	۱۲
۷	۲	۳	۸۵±۲	۱۱	۱۶
۹	۳	۴	۷۱±۲	۱۳	۸
جمع: ۱۱۱	٤۷ (۱/۲۷)	۳۷ (۱)	جمع: ۸٤۰±۲	۱۰٤ (۱)	۱٤٥ (۱/۳۹)

هستند که به این ترتیب تخم‌های بارور[1] به افراد ماده و تخم‌های غیر بارور[2] به افراد نر تبدیل می‌شوند. هم رقابت درون‌گونه‌ای و هم رقابت بین‌گونه‌ای می‌توانند نقش مؤثری در نسبت جنسی داشته باشند که نتیجه‌ی این امر اثر منفی در نتایج کنترل بیولوژیک می‌باشد، زیرا فقط ماده‌ها هستند که نقش کنترل کننده روی آفت هدف را دارند. به همین دلیل در شرایط طبیعی (مزرعه) در صورت وجود بیش از یک گونه و یا وارد نمودن و رهاسازی چندین گونه باعث می‌شود تا نسبت نتاج نر تولید شده افزایش یابد که می‌تواند خطری در برنامه‌های کنترل بیولوژیک محسوب گردد. وجود حداقل دو گونه تریکوگراما شامل *T. brassicae* و *T. embryophagum* در مزارع برنج مازندران مرکزی که در این پژوهش به اثبات رسیده است و در نتیجه بروز پدیده‌ی رقابت بین‌گونه‌ای، احتمالاً

1- Diploid
2- Haploid

یکی از موارد ضعف عوامل مزبور در کنترل طبیعی و یا رهاسازی اشباعی[1] علیه کرم ساقه‌خوار برنج محسوب می‌گردد. همچنین در محیط‌های پرورش *Trichogramma* spp. نیز افزایش رقابت درون‌گونه‌ای که بر اثر کم بودن تعداد میزبان در دسترس برای پارازیتوئیدهای رهاسازی شده در داخل اتاق‌های پرورش بوجود می‌آید باعث افزایش تعداد تخم‌های نر گذاشته شده (نسبت نرزایی) می‌شود (۹). بدیهی است که در چنین شرایطی رهاسازی تخم‌های میزبان واسط (مانند بید آرد و بید غلات) که محتوای پارازیتوئیدهای نر هستند، فاقد کارآیی لازم در کنترل آفت هدف *C. suppressalis* در شرایط مزرعه می‌باشند و این در حالی است که تولید بیوفابریک پارازیتوئیدها با صرف هزینه‌های هنگفت صورت می‌پذیرد.

پارازیتوئیدهای ماده نسبت جنسی خود را به دلایل مختلفی تغییر می‌دهند. یکی از این عوامل مهم، پدیده‌ی رقابت جفتگیری محلی (LMC) یا بهره‌برداری از یک زیستگاه توسط چندین پارازیتوئید ماده‌ی تخمگذار است (۱۶).

نتایج این مشاهده با گزارش کولازا و واجنبرگ (۵) مبنی بر اینکه هرچه تعداد تخم‌های موجود در یک دسته تخم کمتر باشد (یا دسته تخم کوچک‌تر باشد)، تعداد تخم‌های نر گذاشته شده توسط زنبور *Trissolcus bassalis* (Woll.) از خانواده‌ی Scelionidae بیشتر از تخم‌های ماده خواهد بود و در نقطه‌ی مقابل، زنبورهای پارازیتوئید در صورت مواجه با دستجات تخم بزرگ که واجد تعداد تخم بیشتری هستند، تخم‌های ماده‌ی بیشتری می‌گذارند، مطابقت دارد. همچنین شجاعی (۲) معتقد است که نسبت جنسی در زنبورهای تریکوگراما معمولاً ۱ به ۱ می‌باشد که البته ایشان نسبت جنسی کل (نسبت جنسی زنبورهای حاصل از مجموع تخم‌های کوچک و بزرگ) را در نظر گرفتند که در این تحقیق نیز با تقسیم عدد ۱/۳۹ بر ۱/۲۷ عدد ۱/۰۹ (نسبت جنسی کل) بدست می‌آید که با عقیده‌ی ایشان مطابقت نسبی دارد و اندک اختلاف موجود به سایر عوامل مؤثر بر نسبت جنسی شامل دما، نور، رطوبت نسبی، واریته‌ی گیاه میزبان، گونه و سوش پارازیتوئید (های) مورد بررسی و غیره مربوط می‌شود. با توجه به اینکه پائین بودن تراکم تخم میزبان بیانگر این است که جمعیت میزبان در نسل‌های بعد کاهش می‌یابد و در نتیجه نتاج پارازیتوئید با کمبود میزبان مناسب مواجه خواهند شد، لذا ماده‌های پارازیتوئیدها با گذاشتن تخم‌های نر بیشتر با یک آینده‌نگری ارزشمند جمعیت خود را تنظیم می‌نمایند تا به این ترتیب مانع رقابت شدید میان نتاج و نیز پدیده‌ی سوپرپارازیتیسم[2] گردند (۴ و ۶). همچنین بر اساس تحقیقات تیلمن و کیت[3] (۲۵) روی زنبور *Bracon melitor*، پارازیتوئید لارو سرخرطومی پنبه *Antonomus grandis* *grandis* نشان داد که اندازه‌ی میزبان روی اندازه‌ی بدن، نسبت جنسی، طول عمر و باروری پارازیتوئیدهای خارج شده تأثیر معنی‌داری دارد؛ بطوری که پارازیتوئیدهای خارج شده از میزبان‌های درشت‌تر دارای اندازه‌ی بزرگ‌تر، طول عمر و نیز باروری بیشتری بودند. همچنین نسبت نرزایی پارازیتوئیدها در میزبان‌های کوچک‌تر بطور معنی‌داری بیشتر از میزبان‌های درشت‌تر بود. در هر حال آنچه که در مورد اغلب پارازیتوئیدهای تخم به خصوص خانواده‌های Trichogrammatidae و Scelionidae به اثبات رسیده است اینکه پارازیتوئیدها بسیار تمایل دارند تا دستجات تخم بزرگ‌تر را پارازیته نمایند که دلیل این امر پدیده‌ی LMC می‌باشد (۲۷). بر اساس تحقیقات انجام شده توسط گادفری (۶) و کولازا و واجنبرگ (۵) پدیده‌ی

1- Annundative release

2- Superparasitism
3- Tillman & Cate

LMC دارای سه دلیل اساسی می‌باشد که عبارتند از: ۱- میزبان پارازیتوئید دارای یک توزیع فضایی[1] کاملاً تجمعی است و پارازیتوئیدهای ماده به محض خروج از تخم میزبان و قبل از پراکندگی اقدام به جفتگیری می‌نمایند؛ ۲- هر دسته تخم میزبان صرفاً توسط یک پارازیتوئید ماده پارازیته می‌شود؛ ۳- نرهای پارازیتوئید همواره زودتر از ماده‌ها از تخم‌های میزبان خارج می‌گردند و نیز به محض خروج از تخم‌های میزبان با ماده‌های داخل پوسته‌ی شفیرگی[2] جفتگیری می‌نمایند.

همچنین بر اساس نتایج مشاهدات حاضر حداکثر تعداد نتاج تولید شده از هر دسته تخم کوچک ۱۷ عدد (۹ نر و ۸ ماده) و حداکثر تعداد نتاج تولید شده از هر دسته تخم بزرگ ۳۴ عدد (۱۵ نر و ۱۹ ماده) بود. در این رابطه کارادجف[3] (۱۹۸۲) (به نقل از شجاعی (۲)) معتقد است که تعداد تخم‌های گذاشته شده توسط *Trichogramma* spp. معمولاً ۴۰ تا ۷۰ عدد در هر دسته تخم میزبان می‌باشد و استثنائاً در گونه‌ی *T. euproctidid* (پارازیتوئید تخم *Pyrausta nubilalis*) به ۱۴۰ عدد نیز می‌رسد که در هر حال با نتایج این بررسی مطابقت چندانی ندارد. اما بنابر عقیده‌ی شجاعی (۲)، تعداد تخم‌های گذاشته شده توسط زنبورهای تریکوگراما در دستجات تخم کرم ساقه‌خوار برنج معمولاً حدود ۲۵ عدد در هر دسته تخم میزبان می‌باشد که با نتایج مشاهدات حاضر مطابقت نسبی دارد و اندک تفاوت موجود می‌تواند ناشی از اختلاف در شرایط آب و هوایی و نیز گونه یا بیواکوتیپ پارازیتوئید(های) مورد بررسی باشد. نکته‌ای که در رابطه با تغییرات نسبت جنسی زنبورهای تریکوگراما بر اساس ویژگی‌های کمی و کیفی تخم میزبان مطرح است، فرضیه‌ی ترجیح - عملکرد[4] می‌باشد که البته پرایس[5] (۲۲) از آن به عنوان فرضیه‌ای برای حشرات گیاه‌خوار بکار گرفته است. بر اساس این فرضیه، در بعضی حشرات حشره‌ی مادر نسبت به سرنوشت نتاج خود «آینده‌نگری» دارد و سعی در تنظیم جمعیت خود می‌نماید که به همین دلیل جمعیت این گروه از حشرات همواره در تعادل است. همچنین در صورتی که تراکم تخم میزبان (*C. suppressalis*) پائین اما تعداد نتاج ماده‌ی تولید شده‌ی زنبور در نسل اول (F1) بالا باشد، افراد مربوط به نسل‌های بعد (F2 و F3) قطعاً به دلیل تراکم بالا رقابت درون‌گونه‌ای بین آنها افزایش خواهد یافت و این امر باعث تلفات شدیدی در بین نتاج می‌شود. به همین دلیل ماده‌های زنبور با بررسی دستجات تخم میزبان نسبت جنسی خود را تنظیم می‌نمایند. به همین دلیل روند جستجوگری[6]، میزبان‌یابی[7] و تست نمودن میزبان[8] استثنائاً در زنبورهای تریکوگراما مدت زمان قابل ملاحظه‌ای (حدود ۱۰ تا ۱۵ دقیقه) به طول می‌انجامد که در بین پارازیتوئیدهای تخم کم و بیش منحصر بفرد است (۱۰ و ۲۹). لازم به توضیح است که در تعدادی از زنبورهای پارازیتوئید رقابت شدید بین افراد بالغ در شرایط طبیعی بسیار به ندرت اتفاق می‌افتد زیرا میزبان‌های آنها دارای پراکندگی وسیعی هستند و از طرف دیگر ممکن است تراکم جمعیت پارازیتوئیدها پائین باشد. با این وجود در اکوسیستم‌های زراعی که پارازیتوئیدها بصورت انبوه رهاسازی می‌گردند (مانند زنبورهای تریکوگراما)، رقابت شدیدتری بین افراد بالغ ممکن است وجود داشته باشد (۷). در رابطه با نسبت جنسی، گادفری (۶) معتقد است که نسبت جنسی جزو عوامل مؤثر در خود تنظیمی[9] جمعیت پارازیتوئیدها محسوب

1- Spatial distribution
2- Pharate adult
3- Karadjov
4- Preference - Performance hypothesis
5- Price
6- Searching & Foraging
7- Host finding
8- Drumming & Probing
9- Self-regulation

می‌گردد که چنین پارازیتوئیدهای دارای ویژگی تنظیم نسبت جنسی، معمولاً فاقد سوپرپارازیتیسم می‌باشند و جمعیت آنها در یک تعادل پایدار[1] قرار دارد.

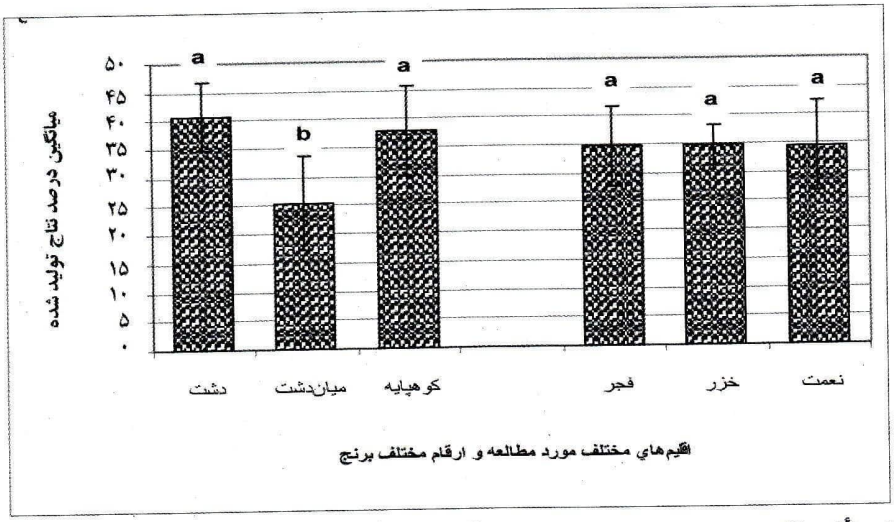
پارازیتوئیدها از طریق پدیده‌ی فرق‌گذاری[2] و با استفاده از انواع علائم شیمیایی داخلی و خارجی میزبان‌های پارازیته شده و میزبان‌های غیرپارازیته را تمییز می‌دهند و به این ترتیب از سوپرپارازیتیسم جلوگیری می‌نمایند (۲۶). زیرا سوپرپارازیتیسم باعث می‌شود تا اولاً رقابت بین نتاج اتفاق بیفتد و در این رابطه هر چه رقابت بین پارازیتوئیدهای تخم‌گذار بیشتر باشد، رقابت بین نتاج نیز افزایش می‌یابد. دوماً سوپرپارازیتیسم روی عملکرد ماده‌های تخمگذار بعدی از لحاظ تعداد تخم‌های گذاشته شده و نیز نسبت جنسی نتایج حاصل تأثیر معنی‌دار می‌گذارد، بطوری که هم تعداد تخم‌های گذاشته شده و هم نسبت جنسی کاهش می‌یابد یعنی به سمت افزایش تعداد نتاج نر پیش می‌رود (۱۶). یکی از موارد مهم در رابطه با نسبت جنسی زنبورهای تریکوگراما اینکه در شرایط آزمایشگاهی و نیز پرورش انبوه در دماهای بالاتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد نسبت نرزایی در این پارازیتوئیدها افزایش می‌یابد و حتی در شرایط مزرعه‌ای نیز در تابستان‌های گرم (با دمای حدود ۳۵ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد)، هم تعداد تخم‌های گذاشته شده توسط ماده‌ها کاهش می‌یابد و هم تعداد نتاج نر تولید شده بطور معنی‌داری افزایش می‌یابد که به این ترتیب در چنین شرایطی باید تعداد زنبورهای رهاسازی شده افزایش یابد (حدود دو برابر) تا کاهش باروری جبران گردد (۲ و ۱۶).

یکی از مواردی که در نتایج این پژوهش مشاهده گردید، همواره در تمام تیمارها و تکرارها تعدادی از تخم‌ها اعم از تخم‌های موجود در دستجات کوچک و بزرگ هرگز تفریخ نگردیدند که این مشاهده هم در مورد تخم‌های غیرپارازیته (سفید رنگ) و هم در تخم‌های پارازیته شده (سیاه‌رنگ) مشاهده گردید. عدم تفریخ تعدادی از تخم‌های کرم ساقه‌خوار برنج می‌تواند دلایلی اعم از تأثیر عوامل بیماری‌زا و غیره داشته باشد که انجام مطالعات بیشتر می‌تواند نتایج دقیق‌تری را به اثبات برساند. در این رابطه تحقیقات اوجدا و همکاران[3] (۱۷) نشان داد که حداکثر درصد خروج زنبورهای تریکوگراما از تخم‌های پارازیته شده‌ی میزبان *Rhyacionia buoliana* Denis & Schiffermüller حدود ۸۱ الی ۸۳ درصد می‌باشد که به این ترتیب در بررسی‌های ایشان نیز تعدادی از تخم‌های میزبان تفریخ نشدند و یا همچنان که در صفحات قبل اشاره شد بالاترین درصد خروج زنبورهای *T. chilonis* از تخم‌های پارازیته شده‌ی *S. cerealella* ۸۸/۸۹٪ می‌باشد (۱۴).

تأثیر اقلیم و واریته روی پتانسیل زادآوری زنبورهای تریکوگراما

نتایج تجزیه و تحلیل آماری مربوط به تأثیر اقلیم و واریته روی پتانسیل زادآوری زنبورهای تریکوگراما نشان داد که از بین دو عامل فوق، تأثیر اقلیم روی پتانسیل زادآوری زنبورهای تریکوگراما در سطح آماری ۵٪ معنی‌دار اما تأثیر واریته معنی‌دار نبود. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، درصد نتایج تولید شده در اقلیم‌های دشت و کوهپایه بیشتر از اقلیم میان‌دشت بدست آمد و اختلاف بین تیمارها در سطح آماری ۵٪ معنی‌دار تعیین گردید (شکل ۱). نتایج بررسی‌ها در رابطه با پتانسیل زادآوری زنبورهای تریکوگراما نشان داد که در هیچ از یک از تیمارهای مورد بررسی ۱۰۰٪ تخم‌های پارازیته شده (سیاه رنگ) به زنبور تبدیل نشدند. همچنین تخم‌های سیاه‌رنگ واجد سوراخ دایره‌ای شکل در ز

1- Steady state
2- Discrimination
3- Ojeda *et al.*



شکل ۱- تأثیر اقلیم و واریته روی پتانسیل زادآوری (میانگین درصد نتاج تولید شده) زنبورهای تریکوگراما *Trichogramma* spp.

دستجات تخم بزرگ‌تر *C. suppressalis* بیشتر از است که میزان بقای جنین زنبور در تخم‌های بزرگ‌تر میزبان بیشتر است که دلیل این امر کیفیت مطلوب‌تر مواد غذایی موجود در تخم‌های بزرگ‌تر است که معمولاً توسط ماده‌های جوان گذاشته می‌شوند (۲۴). در این رابطه تحقیقات نشان داده است که دستجات تخم بزرگ‌تر که معمولاً از ماده‌های جوان ساقه‌خواران ایجاد می‌گردند از لحاظ کیفیت مواد غذایی (زرده) مطلوب‌تر از تخم‌های موجود در دستجات تخم کوچک هستند (۲۱). زنبورهای تریکوگراما و نیز سایر پارازیتوئیدهای تخم مانند Scelionidae دستجات و یا تخم‌های بزرگ‌تر را جهت پارازیتیسم ترجیح می‌دهند و البته نتاج حاصل از تخم‌های بزرگ‌تر از لحاظ برخی ویژگی‌های زیستی (مانند طول عمر، قدرت باروری و بارآوری، رفتار جستجوگری و نسبت جنسی) با نتاج حاصل از تخم‌های کوچک‌تر متفاوت هستند و در واقع نسبت به آنها برتری‌هایی دارند که در مجموع باعث افزایش کارآیی این گروه از زنبورهای حاصل از میزبان‌های مطلوب‌تر می‌گردد (۲۴). همچنین لازم به توضیح است که عمر تخم‌های میزبان در لحظه‌ی تخم‌گذاری زنبورهای تریکوگراما در زادآوری یا به عبارت دیگر در کارآیی پارازیتوئیدها تأثیرگذار است، به طوری که زنبور *T. papilionis* معمولاً تخم‌هایی را که ۱۸ ساعت از عمر آنها گذشته باشد را پارازیته نمی‌کند. بر اساس گزارش هیروز[1] (۱۱) زنبورهای تریکوگراما به منظور تمایز بین تخم‌های تازه گذاشته شده (مناسب برای پارازیتیسم) و تخم‌های کهنه و نیز تفکیک تخم‌های پارازیته شده از تخم‌های غیرپارازیته از روش معاینه با تخمریز[2] استفاده می‌نمایند که البته روش مزبور یک روش وقت‌گیر است و حدود ۱۰ تا ۱۵ دقیقه بطول می‌انجامد. بطور کلی در کنترل بیولوژیک، پارازیتوئیدهایی که فاقد رفتار اختصاص زمان[3] هستند و یا مدت زمانی که صرف بررسی میزبان[4] می‌نمایند کوتاه است، با توجه به اینکه در مدت زمان کوتاه‌تر میزبان‌های بیشتری را پارازیته می‌نمایند لذا کارآیی بالاتری در مقایسه با پارازیتوئیدهای واجد ویژگی اختصاص زمان می‌باشند.

1- Hirose
2- Probing
3- Time allocation
4- Host testing

سپاسگزاری

هزینه‌ی انجام پژوهش از اعتبارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر ری و مؤسسه‌ی تحقیقات برنج آمل تأمین و پرداخت گردیده است که به این وسیله قدردانی می‌شود.

منابع

۱. حسینی، م. و نیکنامی، م. ۱۳۸۰. بررسی عوامل مؤثر بر بکارگیری زنبور تریکوگراما در کنترل کرم ساقه‌خوار برنج توسط شالیکاران شهرستان آمل. مجله‌ی علوم کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی، جلد ۷، شماره ۱، صص ۹۵ - ۱۰۷.

۲. شجاعی، م. ۱۳۷۷. حشره‌شناسی (اتولژی، زندگی اجتماعی، دشمنان طبیعی)، جلد سوم. دانشگاه تهران، ۵۵۰ ص.

۳. مقدس، ح. و نصیری، م.ص. ۱۳۷۴. گزارش آفت پروانه کرم ساقه‌خوار برنج (*Chilo suppressalis* Walk.) از مزارع برنج‌کاری استان اصفهان و بررسی بیولوژی و پراکنش آن در منطقه‌ی آلوده. خلاصه مقالات چهاردهمین کنگره گیاهپزشکی ایران، ص ۷۸.

4. Colazza, S. 1994. Factors influencing brood sex ratio in the egg parasitoids *Trissolcus bassalis* (Woll.) (Hymenoptera: Scelionidae). Entomologica, 27: 211-219.

5. Colazza, S., and Wajnberg, E. 1998. Effects of host egg mass size on sex ratio and oviposition sequence of *Trissolcus bassalis* (Woll.) (Hymenoptera: Scelionidae). Environmental Entomology, 27(2): 329-336.

6. Godfray, H.C.J. 1994. Parasitoids, behavioral and evolutionary ecology. Princeton University Press, 488 p.

7. Haile, A.T., Hassan, S.A., Ogol, C.P.K.O., Baumgartner, J., Sithanantham, S., Monje, J.C., and Zebitz, C.P.W. 2002. Tempereture-dependent development of four egg parasitoid *Trichogramma* species (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Biocontrol Science and Technology, 12 (5): 555-567.

8. Hamilton. W.D. 1967. Extraordinary sex ratios. Science, 156: 477-488.

9. Hassan, S.A. 1993. The Mass production and utilization of *Trichogramma* to control Lepidopterous pests: Achievement and outlook. Pesticide Science 37: 378-391.

10. Hassan, S.A. 1994. Strategies to select *Trichogramma* species for use in biological control, pp: 55-73. *In*: Wajnberg, E. and Hassan, S.A. (eds), Biological control with egg parasitoids. UK: CAB International.

11. Hirose, H. 1982. Recognition time as a factor affecting the parasitism by *Trichogramma*. International Symposium INRA, 9 :1-8 pp.

12. Kalyebi, A., Sithanantham, S., Overholt, W.A., Hassan, S.A., and Mueke, J.M. 2005. Parasitism, longevity and progeny production of six indigenous Kenyan

trichogrammatid egg parasitoids (Hymenoptera: Trichogrammatidae) at different temperature and relative humidity regimes. Biocontrol Science and Technology, 15(3): 255-270.

13. Kalyebi, A., Overholt, W.A., Schulthess, F., Mueke, J.M., Hassan, S.A., and Sithanantham, S., 2005. Functional response of six indigenous trichogrammatid egg parasitoids (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in Kenya: influence of temperature and relative humidity. Biological Control, 32: 164-171.

14. Khan, M.S., Farid, A.A., Ullah, F., and Badshah, H. 2004. Effect of Host and Parasitoid Density on Parasitism Efficiency of *Trichogramma chilonis* (Ishii). Asian Journal of Plant Science, 3: 647-650.

15. Leatemia, J.A., Laing, J.E., and Corrigan, J.E. 1995. Effect of adult nutrition on longevity, fecundity, and offspring sex ratio of *Trichogramma minutum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Canadian Entomology, 127: 245-254.

16. Martel, V., and Boivin, G. 2004. Impact of competition on sex allocation by *Trichogramma*. Entomologia Experimentalis et Applicata, 111: 29-35.

17. Ojeda, S.A., Smith, J.L., and Krauskofpt, M. 1997. *Trichogramma* spp. Control Damage Produced by *Rhyacionia buoliana* Denis & Schiffermüller in Plantations of *Pinus radiata* D. in Chile. BIOFOREST S.A. Tecnical Report BFE-010.

18. Pathak, M.D., and Khan, Z.R. 1994. Insect pests of rice. Manila (Philippines): International Rice Research Institute. 89 pp.

19. Perez, L.A., and Cadapan, E.P. 1986. The efficacy of *Trichogramma* spp. as biological control agent against some rice insect pests. Philippines Entomology, 6: 463-470.

20. Polaszek, A. 1998. African cereal stem borers: Economic importance, taxonomy, natural enemies and control. Wallingford, UK: CABI, 530 pp.

21. Polaszek, A., and Kimani, S.W. 1990. *Telenomus* sp. (Hymenoptera: Scelionidae) attacking eggs of pyralid pests (Lepidoptera) in Africa: A review and guide to identification. Bulletin Entomology Research, 80: 57-71.

22. Price, P.W. 1997. Insect ecology. John Wiley & Sons, 874 p.

23. SAS Institute 2000. SAS/STAT User's Guide, release version 8.2. Cary, North Carolina.

24. Smith, S.M. 1996. Biological control with *Trichigramma*: advances, success and potential for their use in biological control. Annual Review Entomology, 41: 375-406.

25. Tillman, P.G., and Cate, J.R. 1993. Effect of host size on adult size and sex ratio of *Bracon melitor* (Hymenoptera: Braconidae). Environmental Entomology, 22(5): 1161-1165.

26. Van Alphen, J.J.M., van Dijken, M.J., and Waage, J.K. 1987. A functional approach to superparasitism: host discrimination needs not to be learnt. Netherlands Journal of Zoology, 37: 167-179.

27. Van Welzen, C.R.L., and Waage, J.K. 1987. Adaptive response to local mate competition by the parasitoid, *Telenomus remus*. Behavior Ecology Sociobiology, 21: 359-365.

28. Viggiani, G. 1981. Note su alcune specie di *Oligositta* Walker e descizione di quarto nouove specie. Bolletin Del Laboratoire Entomology Agraria "Filippo Silvestri" di Portici, 38: 125-132.

29. Wajnberg, E., and Hassan, S.A. 1994. Biological control with egg parasitoids. CAB International, 286 pp.

30. Zuchi, R.A., and Querino, R.B. 2000. Towards a database for *Trichogramma* species, their hosts and plant association in South America. *In*: 21st International Congress of Entomology, Foz do Iguaçu. Resumos. EMBRAPA Soja/S.E.B. p. 201.

Sex Ratio and Biotic Potential of *Trichogramma* spp. in Natural Condition of Central Mazandaran

H. Ghahari[1], H. Ostovan[2], M. Tabari[3] ,H. Sakeneyn[4], and M. Hajiamiri[5]

Abstract

Study on the biotic potential and sex ratio of parasitoids is one of the fundamental researches in biological control programs. *Trichogramma* spp. are the most important and powerful egg parasitoids of striped stem borer (*Chilo suppressalis* Walker; Lepidoptera: Pyralidae) in Mazandaran, Northern Iran. Therefore, a research was conducted in order to study the sex ratio and biotic potential of *Trichogramma* spp. in natural condition of central Mazandaran. In the studies of sex ratio, the effect of three varieties including, Fajr, Khazar and Nemat, and the effect of three different climates including, (Low-, Middle- and High- altitudes) were evaluated. To evaluate the biotic potential, the effect of two factors including the mentioned climates and varieties were studied on the parasitoid. The results indicated that the rice variety had significant effect on the sex ratio of the parasitoids, as the number of female offspring was higher in Nemat than Khazar and Fajr. Clutch size of host (*C. suppressalis*) was effective on sex ratio of *Trichogramma* spp., as the produced males in small egg masses were higher than the females (1.27 male to 1 female), but more female progenies were reared from big clutch size (1 male to 1.39 female). Of the two factors including climates and rice varieties, the climates had the effective role on the biotic potential of *Trichogramma* spp. but the varieties had no significant effect. In relation to the climate, the percentage produced progenies was higher in the Low- and High-altitudes that the Mid-altitudes.

Keywords: *Sex ratio, Biotic potential, Trichogramma, Climate, Variety, Central Mazandaran*

1- Assistant Professor of Entomology; Department of Agriculture, Shahre Rey Islamic Azad University, Tehran, Iran, (h_ghahhari@yahoo.com)

2- Professor of Entomology; Islamic Azad University, Fars Science and Research Branch, Marvdasht, Iran.

3- M.Sc. of Entomology; Amol Rice Research Institute, Mazandaran, Iran.

4- Assistant Professor of Plant Breeding, Ghaem Shahr, Azad Islamic University, Ghaem Shahr, Iran.

5- Instructor of Plant Breeding, Mazandaran University, Sari, Iran.