پژوهش‌های کاربردی در گیاه‌پزشکی ۱۳ (۱): ۱۰۹–۹۷ (۱۴۰۳)- مقاله پژوهشی
Journal of Applied Research in Plant Protection 13 (1): 97–109 (2024)-*Research Article*

https://dx.doi.org/10.22034/arpp.2024.17481

پارازیتیسم زنبور *Ooencyrtus telenomicida* روی تخم سن گندم: تاثیر سن و پارازیتیسم قبلی توسط *Trissolcus grandis*

نیلوفر حاتمی صدر، شهزاد ایرانی پور✉، رقیه کریم زاده
گروه گیاهپزشکی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران ✉shiranipour@tabrizu.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۱۵ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۸/۲۵ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۰۱

چکیده

زنبورهای پارازیتوئید *Ooencyrtus telenomicida* و *Trissolcus grandis* از جمله عوامل زنده کنترل جمعیت سن گندم *Eurygaster integriceps* هستند. زنبورهای جنس *Ooencyrtus* به‌عنوان هیپرپارازیتوئید اختیاری تخم سن گندم یا تخم‌های پارازیته شده توسط زنبورهای Scelionidae عمل می‌کنند. ترجیح و انتخاب این زنبورها در بین مجموعه‌ای از میزبان‌های با کیفیت‌های مختلف (تخم‌های سالم تازه گذاشته شده، دوروزه و چهارروزه سن گندم، تخم تازه پارازیته شده توسط *T. grandis*، و تخم‌های پارازیته شده سه، هفت و ۱۰ روزه) بررسی گردید. نتایج نشان داد که در تخم‌های چهار روزه میزبان، میزان پارازیتیسم بالا بوده، اما زنبورها از تخم پارازیته ۱۰روزه اجتناب کردند. در آزمایش واکنش تابعی، تراکم‌های مختلف تخم میزبان از هر یک از هفت گروه مذکور، به مدت شش ساعت در اختیار زنبورهای ماده۷۲ ساعته بارور بی‌تجربه قرار گرفتند. واکنش زنبور به تمامی میزبان‌ها از نوع سوم بود ولی به تخم‌های پارازیته هفت روزه واکنشی نشان ندادند (پارامترهای غیر معنی‌دار). بالاترین نرخ پارازیتیسم بسته به تیمار از ۲۵/۷ تا ۴۶/۵٪ متغیر بود که در تراکم های پنج الی ۹ مشاهده شد و بعد از آن، کاهش رخ داد. زمان دستیابی بین ۰/۶۱ تا ۱/۸۳ ساعت و حداکثر نرخ حمله ۳/۲۷ تا ۹/۸۵ تخم میزبان بود. سه تیمار تخم پارازیته شده۱۰روزه، تخم تازه و تخم چهار روزه بیشترین پارازیتیسم را نشان دادند. نتایج آزمایش واکنش تابعی و ترجیح میزبانی تأیید کننده یکدیگر نبودند، لذا مطالعات بیشتر برای تعیین ترجیح و واکنش زنبور به تخم‌های با کیفیت‌های مختلف ضروری می‌نماید.

کلمات کلیدی: نرخ رویارویی، واکنش تابعی، ترجیح میزبانی، برهمکنش پارازیتوئید-میزبان

Parasitism of *Ooencyrtus telenomicida* on common sunn pest's eggs: effect of host age and previous parasitism by *Trissolcus grandis*

Niloofar Hatami Sadr, Shahzad Iranipour✉, Roghaiyeh Karimzadeh
Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran. ✉shiranipour@tabrizu.ac.ir

Received: 6 August 2023 Revised: 16 November 2023 Accepted: 22 November 2023

Abstract

The parasitic wasps *Ooencyrtus telenomicida* and *Trissolcus grandis* are among the most common biocontrol agents of the common sunn pest (CSP), *Eurygaster integriceps*. The *Ooencyrtus* spp. act as facultative hyperparasitoids of CSP eggs, which may earlier have parasitized by Scelionidae. The preference and choice of these wasps among hosts of different quality (recently deposited eggs, 2-, and 4d-old eggs, as well as recently parasitized CSP eggs by *T. grandis*, 3-, 7-, and 10 d-old parasitized eggs) was studied. The results indicated that, unexpectedly, parasitism rate was the highest in 4d-old eggs, while the wasps significantly avoided 10d-old parasitized eggs. The functional response experiments were carried out with the same set of hosts. The 72h-old inexperienced fertile females were confined individually with different host densities for 6h. The response of the wasp to all kinds of the host was a type III response. No response to 7d-old parasitized eggs was evident (non-significant parameters). Depending on the treatment, the highest parasitism rate occurred at densities 5 to 9 which was between 25.7 and 46.5%. The handling time and maximum attack rate ranged between 0.61 - 1.83 h and 3.27-9.85 host eggs respectively. The maximim parasitism rates was observed in the 10d-old parasitized eggs, newly deposited eggs and 4d-old eggs. The results of the functional response and host preference experiments were not confirming, and therefore more studies are still required to reveal the impact of host quality on the parasitoid.

Keywords: Encounter rate, Functional response, Host preference, Parasitoid-host interaction

How to cite:
Hatami-Sadr N, Iranipour S, Karimzadeh R, 2024. Parasitism of *Ooencyrtus telenomicida* on common sunn pest's eggs: effect of host age and previous parasitism by *Trissolcus grandis*. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 13 (1): 97–109.

مقدمه

سن گندم *Eurygaster integriceps* Puton آفت کلیدی گندم و جو در مزارع غلات کشور می‌باشد. در این مزارع، تعدادی از دشمنان طبیعی این آفت باهم همزیستی و رقابت می‌کنند. برهمکنش بین این گونه‌ها ممکن است اثرات منفی روی یکدیگر و اثر نامطلوب روی کنترل آفت بگذارد. بنابراین، شناخت این اثرات و پیش بینی نتیجه نهایی این برهمکنش‌ها حائز اهمیت است و می‌تواند ارزش کاربردی داشته باشد. دو گروه از پارازیتوئیدهای تخم با خصوصیات متفاوت در مزارع غلات حضور دارند. یکی اعضای خانواده‌ی Scelionidae و دیگری اعضای خانواده Encyrtidae. که اعضای خانواده Encyrtidae علاوه بر تخم‌های سن گندم به پارازیتوئیدهایی از خانواده Scelionidae که در داخل این تخم‌ها به سر می‌برند، نیز حمله می‌کنند و در نقش هیپرپارازیتوئید روی آن‌ها ظاهر می‌شوند. بنابراین می‌توانند نقش مفید یا زیان‌آور بسته به اینکه در حلقه سوم یا چهارم زنجیره غذایی قرار گیرند، بازی کنند (Safavi 1968; Nassiri *et al*. 2020; Iranipour & Vaez 2021).

زنبور *Ooencyrtus telenomicida* Vassiljev یک پارازیتوئید گروهی تخم است که انتشار جهانی دارد (Jones 1988). این گونه، حشرات متعددی را از راسته‌های ناجوربالان (خانواده‌های Coreidae، Pentatomidae، Scutelleridae) و بالپولکداران (خانواده‌های Thaumetopoeidae، Notodontidae، Lymantriidae) انگلی می‌کند. همچنین به عنوان پارازیتوئید ثانویه اختیاری خانواده Scelionidae از بال‌غشائیان گزارش شده است (Zhang *et al*. 2005; Catalan & Verdu 2005; Japoshvili & Noyes 2006). در اوایل فصل که تخم‌های پارازیته نشده سن‌های میزبان در دسترس و فراوان هستند به‌عنوان پارازیتوئید اولیه آن‌ها عمل می‌کند و در اواخر فصل که بسیاری از تخم‌های میزبان پارازیته هستند، به‌صورت هیپرپارازیتوئید اختیاری زنبورهای Scelionidae، عمل می‌نماید (Romanova 1953).

هیپرپارازیتوئیدها درون یا روی سایر پارازیتوئیدها تخم‌گذاری می‌کنند و لارو آن‌ها سبب مرگ پارازیتوئید اولیه می‌شود. هیپرپارازیتیسم ممکن است اجباری یا اختیاری باشد که هیپرپارازیتوئید اجباری منحصراً روی پارازیتوئیدهای اولیه نشو و نما می‌نماید، در حالی که هیپرپارازیتوئید اختیاری می‌تواند روی پارازیتوئید اولیه یا میزبان آن رشد کند (Sullivan 1987, 1988). در هیپرپارازیتیسم اختیاری، زمان نشوونمای نوزادان طولانی‌تر از زمانی است که پارازیتویید روی میزبان‌های غیرپارازیته نشوونما می‌نماید و ماده‌ها کوچکتر و بقا و موفقیت تولیدمثلی آن‌ها کمتر است (Godfray 1994; Nicol & Mackauer 1999; Ueno 1999).

در بررسی‌های مختلف، گونه‌های مختلف *Ooencyrtus* رفتار و ترجیح متفاوتی به تخم‌های پارازیته و سالم میزبان‌های خود نشان دادند. به‌عنوان مثال، در حالی‌که در بررسی Nassiri *et al*. (2020)، ترجیح زنبور *O. fecundus* به تخم تازه میزبان قطعی بود و تحت تأثیر تراکم نسبی آن قرار نگرفت، در بررسی Moussa (2011)، تخم پارازیته شده *O. telenomicida* *N. viridula* را به تخم غیرپارازیته ترجیح داد. در بررسی دیگری ماده‌های *O. nezarae* Ishii، میزبان‌های تازه پارازیته شده را به میزبان‌های غیرپارازیته ترجیح دادند (Takasu & Hirose 1991). ظاهراً سوراخ‌های ایجاد شده توسط ماده قبلی، بقای نتاج پارازیتوئید را در میزبان‌های تازه پارازیته شده کاهش می‌دهد. با این حال، زمان دستیابی به میزبان‌های پارازیته شده کوتاه‌تر بود وسود صرفه‌جویی در زمان و انرژی صرف شده برای حفاری بیشتر از هزینه کاهش بقای نتاج می‌باشد.

O. telenomicida تخم‌های سالم سن سبز پنبه، *Nezara viridula* (L.) را تا سن پنج روزگی، درست قبل از تفریخ را به خوبی پارازیته نمود (Cusumano *et al*. 2012). این فرصت با هیپرپارازیتیسم اختیاری تا هفت روز تمدید شد. سن تخم میزبان و سن پارازیتوئید، دو عامل کلیدی موثر بر میزان ظهور *Ooencyrtus pityocampae* Mercet روی میزبان آزمایشگاهی *Philosamia ricini* Donovan (Lepidoptera: Saturniidae) می‌باشند (Tunca *et al*. 2016). بیشترین تخم‌گذاری *O. pityocampae* روی تخم‌های پارازیته نشده سه روزه سن سبز پسته *Brachynema signatum* Jakovlev و تخم‌های پارازیته شده پنج روزه توسط زنبور *Trissolcus agriope* (Kozlov & Le) به وقوع پیوست (Mohammadpour 2012).

واکنش تابعی زنبور *O. telenomicida* به تخم سن گندم *E. Integriceps* از نوع دوم (رابطه‌ی وابسته به تراکم معکوس) تعیین شد و زنبور تخم‌های حداکثر پنج روزه میزبان را با موفقیت پارازیته کرد. بیشترین پارازیتیسم، ۹۷ درصد در پایین‌ترین تراکم حادث شد (Rafat *et al*. 2012, 2013). بررسی اثر نشو و نمای جمعی روی واکنش تابعی زنبور *O. fecundus* نشان داد که زنبورهایی که به صورت سه‌قلو و چهارقلو نشوونما یافته بودند واکنش تابعی نوع دوم و زنبورهایی که به صورت تکی و دوقلو نشوونما یافته بودند، نوع سوم به

تخم سن گندم نشان دادند. تلفات تا تراکم هشت میزبان ۱۰۰ درصد و زمان دستیابی بین ۱۱/۴ تا ۱۴/۳ دقیقه در تیمارهای مختلف محاسبه گردید (Iranipour *et al*. 2020).

بزرگی دسته تخم میزبان یک عامل مهم در پیش‌بینی نتیجه رقابت، بین ماده‌ها تخم‌گذار *O. telenomicida* و *T. basalis* است، زیرا نسبت بیشتری از *T. basalis* از دسته‌های تخم بزرگتر خارج شد، درحالی که *O. telenomicida* در تراکم‌های پایین تخم غالب بود. این نتایج با بررسی‌های مزرعه‌ای روی تراکم‌های مختلف تخم میزبان تایید شد (Cusumano *et al*. 2022). در برهمکنش *O. submetallicus* Howard با *Uschistus heros* F. (Hemiptera: Pentatomidae) نیز تراکم شش میزبان به ازای هر ماده بهترین نسبت میزبان به پارازیتوئید تعیین شد (Sanomia *et al*. 2022).

داشتن ویژگی‌های نامطلوب نظیر هیپرپارازیتیسم موجب کنار گذاشتن پارازیتوئیدها از برنامه‌های کنترل بیولوژیک می‌شود. چنانچه هیپرپارازیتیسم یک رفتار انتخابی باشد و ترجیح پارازیتوئید به سمت میزبان‌های غیرانگلی باشد، آنگاه هیپرپارازیتوئید می‌تواند موجب تکمیل کنترل و افزایش تلفات میزبان شود. پیش بینی نتایج برهمکنش بین اعضای خانواده Encyrtidae (به عنوان یک هایپرپارازیتویید) و Scelionidae (به عنوان یک پارازیتویید اولیه) در مزارع گندم، هدف این پژوهش بود. برای این منظور یک گونه از هر خانواده برای این بررسی انتخاب شد. از خانواده Scelionidae گونه‌ی *T. grandis* که در اغلب کشتزارهای غلات گونه غالب است و از خانواده‌دوم گونه *O. telenomicida* که روابط هیپرپارازیتی آن با اعضای Scelionidae به قدر کافی بررسی نشده است انتخاب گردید.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری و پرورش میزبان اصلی (سن گندم)

حشرات کامل سن گندم، *Eurygaster integriceps* Puton در سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۹۹ از مزارع گندم و جوی شهرستان ورامین (استان تهران) و شهرستان تبریز (استان آذربایجان شرقی) به وسیله تور حشره‌گیری جمع‌آوری و به یکی از واحدهای گلخانه گروه گیاهپزشکی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز منتقل شدند. جهت پرورش و تخم‌گیری از سن گندم از ظروف پلاستیکی مکعب مستطیلی شفاف با درب توری به ابعاد ۳۵ × ۲۵ × ۱۶ سانتی‌متر استفاده شد که تراکم میزبان در هر ظرف حدوداً ۱۰۰ عدد بود. درون ظروف از دانه‌های خشک گندم به‌عنوان غذا، پنبه خیس برای تأمین آب مورد نیاز سن‌ها و کاغذ تا خورده به‌عنوان بستر تخم‌ریزی استفاده شد. این حشرات در دمای ۲ ± ۲۵ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۰ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی در گلخانه نگهداری و تخم‌های گذاشته شده هر روز جمع آوری می‌شدند.

جمع‌آوری و نگه‌داری زنبورهای پارازیتوئید

پارازیتوئیدها با استفاده از تله‌های تخم سن گندم از مزارع گندم و جوی اطراف تبریز از اوایل اردیبهشت تا اواسط تیر ماه سال ۱۳۹۹ جمع‌آوری و به یکی از واحدهای گلخانه گروه گیاهپزشکی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز منتقل شدند. برای این منظور، از مقواهای زرد و سبز به ابعاد ۵ × ۱۵ سانتی‌متر که به شکل مثلث دو بار تا شده بود و از چسب بی بو استفاده شد تا از جلب زنبورها ممانعت نکند. در هر تله سه دسته تخم سن گندم با چسب چسبانده شد و تله‌ها در ارتفاع ۰/۵ متری از سطح زمین روی بوته‌های گندم و به فواصل ۱۰ متر از یکدیگر نصب شدند. بعد از یک هفته، تله‌ها جمع‌آوری و با تله‌های جدید جایگزین و به آزمایشگاه منتقل شدند. تخم‌های پارازیته به واسطه داشتن علایم پارازیتیسم مانند رنگ سیاه و براق شناسایی و جدا شدند و در لوله‌های آزمایشی قرار گرفتند تا زنبورها از تخم خارج شوند. هر دسته تخم به طور جداگانه در یک لوله آزمایش به طول ۱۰ و قطر ۱/۵ سانتی‌متر با درپوش پنبه‌ای قرار داده شد. این لوله‌ها تا زمان خروج زنبورها در ژرمیناتور (شرکت یخ نوش البرز، مدل YGR700L)، با دمای ۲ ± ۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۰ درصد و دوره نوری ۸:۱۶ ساعت (روشنایی : تاریکی) نگهداری شدند. پس از خروج زنبورها، اقدام به شناسایی و جداسازی گونه‌های *O. telenomicida* و *T. grandis* شد (Kozlov & Kononova 1983; Radjabi 2000). برای تغذیه پارازیتوییدها از قطرات ریز عسل روی نوار روغنی یا مقوا استفاده شد.

ترجیح میزبانی

در این آزمایش هفت تیمار گنجانده شد که به ترتیب عبارتند از:

۱- تخم سالم و تازه گذاشته شده سن گندم (با طول عمر حداکثر ۲۴ ساعت)

۲- تخم سالم دو روزه سن گندم (که داخل یخچال نرفته بود)

۳- تخم سالم چهار روزه سن گندم (با همان شرایط)

۴- تخم سن گندم بلافاصله بعد از پارازیته شدن توسط *T. grandis*

۵- تخم پارازیته شده سه روزه
۶- تخم پارازیته شده هفت روزه
۷- تخم پارازیته شده ۱۰ روزه

در یک ظرف طلقی دایره‌ای شکل به قطر۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع هشت سانتی‌متر از هر هفت گروه میزبان دو دسته تخم به‌طور تصادفی در پیرامون ظرف و در داخل ظروف پتری کوچک قرار داده شد (جمعاً ۱۴ دسته تخم میزبان شامل: دو دسته تخم تازه گذاشته شده + دو دسته تخم دو روزه سالم + دو دسته تخم چهار روزه سالم + دو دسته تخم تازه پارازیته شده + دو دسته تخم پارازیته سه روزه + دو دسته تخم پارازیته هفت روزه + دو دسته تخم پارازیته ۱۰ روزه و هر تیمار در پنج تکرار). در ادامه، ۱۰ عدد زنبور *O. telenomicida* هم سن ۷۲ ساعته در مرکز ظرف رها شدند و به مدت چهار ساعت هر ۱۰ دقیقه یک بار تعداد زنبورها درون هر ظرف پتری حاوی تخم میزبان با مشاهده مستقیم یادداشت شد. پس از چهار ساعت، زنبورها از داخل ظرف حذف و تخم‌ها با ثبت نوع میزبان درون لوله‌های آزمایشی و تا زمان خروج زنبورها نگهداری شدند. بعد از خروج زنبورها، تعداد زنبورهای خارج شده، تعداد تخم پارازیته شده، نرخ سوپرپارازیتیسم و نسبت جنسی به تفکیک نوع میزبان یادداشت شد.

واکنش تابعی زنبور Ooencyrtus telenomicida

برای انجام این آزمایش، تراکم‌های مختلف تخم سن گندم شامل ۱، ۲، ۵، ۱۰، ۲۰ و۴۰ عدد از هر یک از گروه‌های هفت-گانه‌ی بالا در اختیار یک عدد زنبور ماده ۷۲-۴۸ ساعته *O. telenomicida* قرار گرفت. برای تراکم‌های گفته شده به ترتیب، ۲۰، ۲۰، ۱۰، ۵، ۳ و ۳ تکرار در نظر گرفته شد. در هر تیمار، به زنبور شش ساعت فرصت داده شد تا تخم‌ها را پارازیته کند. پس از اتمام آزمایش، زنبورها حذف گردیده، تخم‌های مورد استفاده به صورت جداگانه داخل لوله‌های آزمایشی با اتیکت حاوی اطلاعاتی شامل تراکم و تکرار مربوط به هر تیمار، در اتاقک رشد با دمای ۲ ± ۲۵ درجه سلسیوس نگه‌داری شدند تا پس از خروج زنبورها پارامترهای مورد نیاز ثبت شوند. شایان ذکر است یک تیمار تخم شش روزه نیز وجود داشت که به دلیل تفریخ و خارج شدن پوره‌ها از این آزمایش حذف گردید.

تجزیه داده‌ها

از آزمون مربع کای (معادله ۱)، برای مقایسه نتایج مشاهده شده و مورد انتظار ترجیح میزبانی استفاده شد (Zar 1984). مقادیر مورد انتظار، تعداد مساوی پارازیتیسم و مدت زمان مساوی صرف شده در هر لکه میزبانی بود (فرض صفر عدم گرایش زنبورهای ماده *O. telenomicida* به هر یک از میزبان-های مورد آزمایش بود. آماره آزمون غیر معنی‌دار دلالت بر انحراف تصادفی داده‌های مشاهده شده از داده‌های مورد انتظار داشت، حال آن که رد فرض صفر به معنی وجود انحراف از نسبت مساوی دست کم در یکی از تیمارهای آزمایشی بود.

معادله ۱

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{k} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

O و E به ترتیب، مقادیر مشاهده شده و مورد انتظار و i مشاهدات اول تا k ام به کار رفته است. محاسبات در نرم افزار Excel 2013 انجام شد. برای بررسی رابطه تعداد پارازیتیسم با زمان سپری شده در لکه میزبانی، از رگرسیون خطی و برای تعیین میزان برازش مدل بر داده‌ها، از ضریب تبیین (R^2) استفاده شد.

در آزمایش واکنش تابعی در ابتدا نوع واکنش با استفاده از رگرسیون لجستیک و با رویه CATMOD در نرم افزار SAS (SAS institute 2018) تعیین شد (Juliano 2001). برای این منظور، پارامترهای رگرسیون لجستیک (P_0، P_1، P_2، P_3) به کمک معادله ۲ تعیین شدند که در آن، نسبت تخم‌های پارازیته شده به تراکم اولیه تخم‌های میزبان (N_e/N_0) با تراکم اولیه میزبان (N_0) مرتبط شد. علامت مثبت یا منفی قسمت خطی منحنی (پارامتر P_1) نشانگر نوع واکنش تابعی است، به طوری که اگر این پارامتر مثبت باشد، واکنش تابعی از نوع سوم، ولی اگر منفی باشد، واکنش تابعی از نوع دوم است.

معادله ۲

$$\frac{N_e}{N_0} = \frac{\exp(P_0 + P_1 N_0 + P_2 N_0^2 + P_3 N_0^3)}{1 + \exp(P_0 + P_1 N_0 + P_2 N_0^2 + P_3 N_0^3)}$$

در مواردی که جمله درجه اول معنی‌دار نبود، با حذف بالاترین درجه (N_0^2)، تجزیه با درجه دوم (N_0^3) ادامه یافت (Juliano 2001).

در مرحله دوم، پارامترهای واکنش تابعی شامل قدرت جست و جوگری (Searching efficiency) یا نرخ حمله (Attack rate: b یا a به ترتیب در واکنش‌های نوع سه و دو) و زمان دستیابی (Handling time، T_h در هر دو نوع واکنش) با استفاده از رگرسیون غیرخطی و مدل تصادفی راجرز برای

پارازیتوئیدها (معادله‌های ۳ یا ۴) و با رویه NLIN در نرم افزار SAS برآورد شد (Juliano 2001). در واکنش تابعی نوع سوم، معنی‌داری پارامترهای b، c و d در سه مرحله بررسی شد. پارامترهای c و d در صورت معنی‌دار نبودن حذف شدند و تجزیه داده‌ها با مدل کاهش یافته دو پارامتری (شامل b شیب خط افزایش نرخ حمله با تراکم و T_h زمان دستیابی) ادامه یافت. همچنین کمترین مربعات باقی مانده (Error Sum of Squares) یا SSE برای هر دو واکنش تابعی نوع دوم و سوم مورد بررسی قرار گرفت که هر کدام از آن‌ها کمتر بود به عنوان مدلی که برازش بهتری را تأمین می‌نمود انتخاب شد.

معادله ۳

$$N_a = N_t\left(1 - exp\left(-\frac{a'TP_t}{1 + a'T_hN_t}\right)\right)$$

معادله۴

$$N_a = N_t\left(1 - exp\left(-\frac{dN_tTP_t + b\,T\,{N_t}^2\,P_t}{1 + c\,N_t + dN_tT_h + b\,T_hN_t^2}\right)\right)$$

برای مقایسه پارامترهای واکنش تابعی پارامترهای Db و DTh به‌عنوان تفاضل بین پارامترهای b و T_h بین هر دو خط مورد مقایسه تعریف و به مدل واکنش تابعی افزوده شد و با ضریب j به نحوی که برای یکی از دو تیمار j=۰ و برای دیگری j=۱ باشد، تفاضل‌ها فقط برای تیمار با ضریب۱ = j اعمال شد (b+Db×j و T_h+DTh×j)، آنگاه از رویه NLIN برای آزمون فرض معنی دار بودن تفاضل دو پارامتر استفاده شد. در صورتی که دامنه اطمینان بالا و پایین تخمین تفاضل‌ها هم علامت (هر دو منفی یا هر دو مثبت) بودند دلیل بر تفاوت معنی‌دار بین دو تیمار بود (Juliano 2001).

نتایج

ترجیح زنبورهای ماده Ooencyrtus telenomicida به میزبان‌هایی با کیفیت‌های متفاوت

نتایج آزمون مربع کای نشان داد که زنبورهای ماده *O. telenomicida* بین هفت تیمار مختلف به‌طور معنی‌داری تمایز قائل شدند (P<۰/۰۰۰۱، df=۶، χ^2=۳۴/۸۰ برای تعداد پارازیتیسم و P=۰/۰۰۱۷، df=۶، χ^2=۲۱/۱۳ برای زمان سپری شده در لکه‌های میزبان). در تیمار تخم چهار روزه پارازیتیسم بالایی وجود داشت و با توجه به این که این تخم‌ها تقریباً دو سوم نشوونمای خود را قبل از پارازیتیسم انجام داده بودند، این میزان پارازیتیسم بالا سبب ایجاد انحراف معنی‌دار شده است ($\frac{(O-E)^2}{E}$=۱۱/۹۰). همچنین تخم‌های پارازیته شده ۱۰ روزه کمتر از سایر تیمارها مورد بهره‌برداری پارازیتویید قرار گرفت و این امر نیز سبب ایجاد این معنی‌داری شده است ($\frac{(O-E)^2}{E}$=۱۵/۷۴). در این تیمار، بیشتر زنبورهای خارج شده (۸۸٪) بودند و پارازیتیسم زنبورهای *T. grandis* *O. telenomicida* اثر کمتری بر این تخم‌ها داشته است. با حذف این دو تیمار، اختلاف بین تیمارها معنی‌دار نشد (P=۰/۱۳۷، df=۴، χ^2=۶/۹۸۰).

در مورد زمان سپری شده توسط زنبور در داخل لکه‌های میزبانی نیز حذف تخم‌های پارازیته شده ۱۰ روزه به تنهایی سبب کاهش قابل ملاحظه‌ی مقدار مربع کای و عدم معنی‌داری با اطمینان ۹۹٪ شد (P=۰/۰۳۹، df=۵، χ^2=۱۱/۶۷۲). برخلاف انتظار، زنبورها میل کمتری به تخم‌های تازه گذاشته شده نشان دادند و پارازیتیسم کمی روی آن‌ها اتفاق افتاد. همچنین زنبورها در تخم‌های پارازیته سه‌روزه زمان زیادی را صرف کردند که این امر حاکی از گذراندن زمان بیشتر در تخم‌های کم کیفیت شامل تخم‌های چهار روزه میزبان، تخم پارازیته سه روزه و تخم پارازیته هفت روزه است (زنبور تقریباً ۶۰ درصد یا سه پنجم زمان در اختیار خود را در این سه تیمار صرف کرد). زنبورها، به غیر از تخم‌های ۱۰ روزه در تخم‌های تازه گذاشته شده و با کیفیت بالا اعم از تخم‌های دو روزه میزبان و تخم بلافاصله بعد از پارازیتیسم توسط *T. grandis* زمان کمتری را صرف کردند (جدول ۱).

بررسی رابطه رگرسیونی خطی بین تعداد پارازیتیسم و زمان صرف شده در لکه‌ی تخم میزبان نشان داد که این ارتباط معنی‌دار (P<۰/۰۰۰۱، df=۱:۳۳، F=۱۰۶/۳۲) و با ضریب تبیین بالا (۰/۷۶) است (شکل ۱).

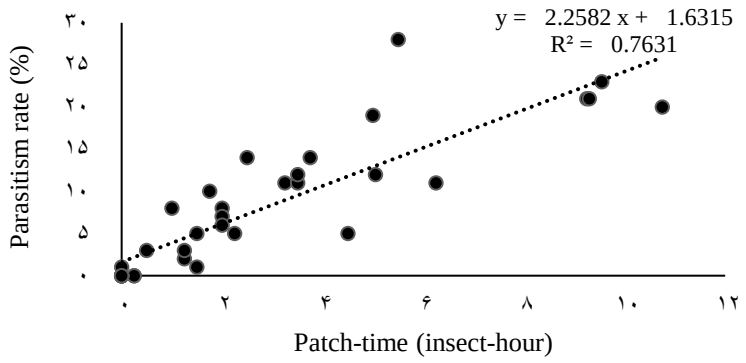
واکنش تابعی زنبور Ooencyrtus telenomicida

نتایج تعیین نوع واکنش تابعی نشان داد که واکنش تابعی زنبور *O. telenomicida* به تمام میزبان‌های مورد مطالعه از نوع سوم بود (جدول۲). در تخم‌های پارازیته شده هفت روزه، واکنش تابعی معنی‌داری مشاهده نشد.

جدول ۱. میانگین تعداد زنبورهای خارج شده از تخم میزبان و زمان سپری شده توسط زنبور *Ooencyrtus telenomicida* در تیمارهایی با کیفیت مختلف (n = ۲۸ برای تمام تیمارها).

Table 1. Average number of emerged wasps (mean±SD), and mean time spent by *Ooencyrtus telenomicida* in treatment with different quality (n = 28 for all treatments).

Treatments	No. wasp emerged	Time spent (insect-hour)	*Per capita* handling time (min)
New eggs	6.8 ± 1.57	2.2 ± 0.62	19.41
2d-old eggs	8.2 ± 5.49	1.65 ± 0.99	12.07
4d-old eggs	12.4 ± 3.83	4.05 ± 1.53	19.60
Recently parasitized eggs	6.2 ± 2.62	2.4 ± 0.78	23.22
3d-old parasitized eggs	9.4 ± 3.29	4.22 ± 1.76	26.93
7d-old parasitized eggs	10.2 ± 4.68	4.46 ± 2.26	26.23
10d-old parasitized eggs	3.0 ± 1.95	0.85 ± 0.36	17.00



شکل ۱. رابطه پارازیتیسم با زمان سپری شده در لکه‌های میزبانی توسط زنبور *Ooencyrtus telenomicida* .

Figure 1. Relation between parasitism rate and time spent by *Ooencyrtus telenomicida* in host patches.

نتایج نشان داد که بیش‌ترین نرخ حمله در تخم‌های پارازیته شده ۱۰ روزه و تخم‌های تازه گذاشته شده سن گندم (به ترتیب، ۹/۸۵ و ۸/۹۶ بر ساعت) به دست آمد. در مقابل، کمترین نرخ حمله (۳/۲۷ بر ساعت) به تخم‌هایی تعلق داشت که بلافاصله پس از پارازیته شدن توسط *T. grandis* در اختیار زنبور *O. telenomicida* قرار گرفته بودند. همچنین، کوتاه‌ترین (۰/۶۰۹۳ ساعت) و طولانی‌ترین (۱/۸۳۳۷ ساعت) زمان دستیابی به‌ترتیب به تخم‌های پارازیته شده ۱۰ روزه و تخم‌های پارازیته شده هفت روزه تعلق داشتند (جدول ۳).

تعداد و درصد تخم‌های پارازیته شده در تراکم‌های مختلف میزبان در شکل ۲ ارایه شده است. بیشینه درصد پارازیتیسم در تیمارهای مختلف، در تراکم‌های پنج تا ۹ و در محدوده ۲۵/۷ تا ۴۶/۵ درصد متغیر بود. نرخ پارازیتیسم در تیمارهای تخم تازه پارازیته شده و تخم دوروزه سن گندم به ترتیب با ۲۵/۷ و ۳۳ درصد نسبت به سایر تیمارها کمتر و در چهار تیمار دیگر نزدیک به هم بود. در پایین‌ترین تراکم، بین ۱۰تا ۱۵/۶ درصد پارازیتیسم برآورد شد و تنها در تیمار ششم (تخم پارازیته سه روزه) پارازیتیسم از ۲۳/۵ درصد در پایین ترین تراکم شروع شد و در تراکم ۵ به بالاترین مقدار (۴۶٪/۵) رسید.

مقایسه آماری پارامترهای واکنش تابعی بین ۱۵ جفت تیمار نشان داد که پارامتر b در هیچ موردی بین تیمارهای آزمایش معنی‌دار نیست، با این حال، تیمارهای مذکور بر اساس T_h به سه گروه تقسیم شدند، به‌طوری که سه تیمار تخم پارازیته ۱۰ روزه، تخم تازه و تخم چهارروزه با کمترین زمان دستیابی در یک گروه، تخم پارازیته سه روزه با زمان دستیابی بینابینی به تنهایی در یک گروه و دو تیمار تخم دو روزه و تخم‌های تازه پارازیته شده با بیشترین زمان دستیابی در یک گروه قرار گرفتند.

جدول ۲. برآورد پارامترهای رگرسیون لجستیک برای تعیین نوع واکنش تابعی زنبور *Ooencyrtus telenomicida* به تخم‌های سن گندم با کیفیت‌های مختلف.

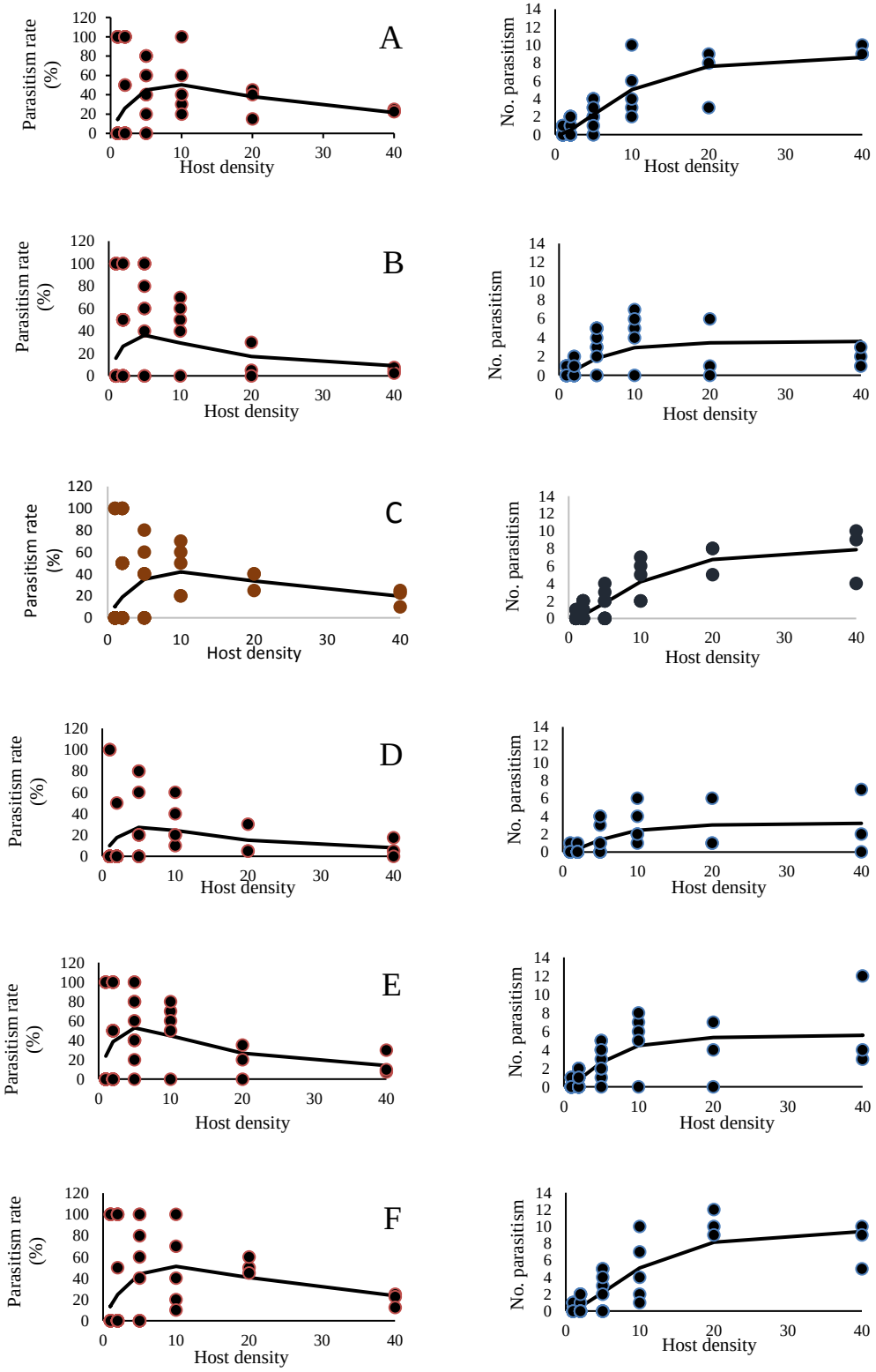
Table 2. Parameter estimates of logistic regression determining type of functional response of *Ooencyrtus telenomicida* to *Eurygaster integriceps* eggs of different quality.

Host	Parameter	df	Estimate value	SE	χ^2	P-value
New egg	Intercept	1	1.0505	0.4	6.9	00.86
	Linear (N_0)	1	0.2498	0.1191	4.4	0.0359
	Quadratic (N_0^2)	1	0.0169	0.0079	4.52	0.0334
	Qubic (N_0^3)	1	0.000264	0.0001	4.02	0.0449
	Residual	57			118.05	<0.0001
2d-old egg	Intercept	1	1.1256	0.3993	7.95	0.0048
	Linear (N_0)	1	0.401	0.1237	10.51	0.0012
	Quadratic (N_0^2)	1	0.0341	0.0088	14.77	0.0001
	Qubic (N_0^3)	1	0.000574	0.0001	13.95	0.0002
	Residual	57			125.57	<0.0001
4d-old egg	Intercept	1	-0.9594	0.2761	12.07	0.0005
	Linear (N_0)	1	0.0601	0.0374	2.59	0.1078
	Quadratic (N_0^2)	1	-0.00181	0.000837	4.69	0.0304
	Residual	58			92.06	0.0029
Recently parasitized egg	Intercept	1	3.3237	0.6449	26.56	<0.0001
	Linear (N_0)	1	0.5741	0.1662	11.93	0.0006
	Quadratic (N_0^2)	1	0.0366	0.0108	11.54	0.0007
	Qubic (N_0^3)	1	0.000569	0.0001	10.22	0.0014
	Residual	57			77.4	0.0374
3d-old parasitized egg	Intercept	1	0.5753	0.4165	14.31	0.0002
	Linear (N_0)	1	0.4886	0.1241	15.49	<0.0001
	Quadratic (N_0^2)	1	0.0365	0.0084	18.54	<0.0001
	Qubic (N_0^3)	1	0.000606	0.0001	18.01	<0.0001
	Residual	57			120.58	<0.0001
7d-old parasitized egg	Intercept	1	-1.1051	0.6495	2.89	0.0889
	Linear (N_0)	1	1.3118	0.3487	14.15	0.0002
	Quadratic (N_0^2)	0	-0.0170#			
	Qubic (N_0^3)	0	-0.00019#			
	Residual	59			51.37	0.7496
10d-old parasitized egg	Intercept	1	0.2602	0.2809	20.12	<0.0001
	Linear (N_0)	1	0.1449	0.0373	15.13	0.0001
	Quadratic (N_0^2)	1	0.00371	0.0008	20	<0.0001
	Residual	58			141.55	<0.0001

جدول ۳. برآورد پارامترهای واکنش تابعی نوع سوم زنبور *Ooencyrtus telenomicida* به تراکم تخم‌های سن گندم با کیفیت‌های مختلف.

Table 3. Parameter estimates of a type III functional response of *Ooencyrtus telenomicida* to hosts of different quality.

Hosts	b±SE	95% CI	SSE	T_h±SE (h)	T/T_h
New eggs	0.0265±0.0062	0.014-0.039	109.2	0.6693±0.055	8.96
2d-old eggs	0.0297±0.0083	0.013-0.0464	143.2	1.648±0.3001	3.66
4d-old eggs	0.0184±0.0043	0.0097-0.027	89.96	0.7242±0.0626	8.29
Recently parasitized eggs	0.0181±0.0083	0.0013-0.0348	89.89	1.8337±0.3034	3.27
3d-old parasitized eggs	0.0469±0.0185	0.0098-0.0839	165.8	1.0631±0.1349	5.64
7d-old parasitized eggs	0.0013±0.0012	-0.0011-0.0039	5.56	14.7637±5.3357	0.0008
10d-old parasitized eggs	0.0248±0.0066	0.0116-0.038	155.3	0.6093±0.0572	9.85



شکل ۲. تعداد و درصد میزبان پارازیته شده توسط زنبور *Ooencyrtus telenomicida* در تراکم‌های مختلف میزبان، A) تخم تازه میزبان، B) تخم دو روزه‌ی میزبان، C) تخم چهار روزه میزبان، D) تخم تازه پارازیته شده توسط *T. grandis*، E) تخم پارازیته سه روزه، F) تخم پارازیته ۱۰ روزه.

Figure 2. Number and rate of host parasitized by *Ooencyrtus telenomicida* in different host densities A) New eggs, B) 2d-old eggs, C) 4d-old eggs, D) recently parasitized eggs by *T. grandis*, E) 3d-old parasitized eggs, F) 10d-old parasitized eggs.

بحث

محتوای شیمیایی و غذایی تخم حشرات با افزایش سن به سرعت تغییر می‌کند و از محیط مایع به بافت‌های پیچیده تبدیل می‌شود. این تغییرات فیزیولژیکی می‌تواند در ادامه بر کیفیت میزبان برای رشد نتاج پارازیتوئید تأثیر بگذارد و حتی اثرات منفی مانند مرگ و میر پیش از موعد و کاهش سازگاری نتاج پارازیتویید بر جای بگذارد. بنابراین، پارازیتوئیدها معمولاً سن خاصی از میزبان را برای پارازیته کردن ترجیح می‌دهند (Tunca *et al*. 2016). نتایج این پژوهش نشان داد که زنبور *O. telenomicida* تخم‌های میزبان را تا چهار روزگی و تخم‌های پارازیته شده توسط زنبور *T. grandis* را تا ۱۰ روزگی پذیرفته و پارازیته نمودند. سنین بالاتر مورد آزمون قرار نگرفتند. این نتایج توسط محققین دیگر نیز در گونه‌های مختلفی از *Ooencyrtus* مشاهده شده است. به‌عنوان مثال، زنبور *O. fecundus* نیز تخم‌های شش روزه سن گندم و تخم‌هایی را که هشت روز از پارازیته شدنشان توسط *T. grandis* گذشته بود به خوبی پارازیته نمود (Nassiri *et al*. 2020). زنبورهای هم سن *O. submetallicus* تخم‌های سنین مختلف سن *N. viridula* را به یک اندازه پارازیته کردند (Faca *et al*. 2021). همچنین، Binazzi *et al*. (2013) اظهار نمودند که پارازیتوئید *O. pityocampae* تخم‌های هفت روزه (۱۶۸ ساعته) را بدون تداخل در ظرفیت تولیدمثلی آن‌ها پارازیته می‌کند. به طور مشابه، Catalán & Verdú (2005) بیان کردند که نتاج زنبورهای پارازیتوئید خانواده Encyrtidae از بیش از ۸۰ درصد از تخم‌های پارازیته شده *N. viridula* ظاهر شدند.

با وجود پذیرش و پارازیتیسم موفق میزبان‌های پارازیته شده یا با جنین رشد یافته توسط زنبورهای جنس *Ooencyrtus*، ترجیح آن‌ها به تمام میزبان‌ها یکسان نبوده، در مواردی تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای در ترجیح گونه‌های مختلف به سنین مختلف میزبان ملاحظه می‌شود. در بررسی حاضر با وجود اینکه زنبور *O. telenomicida* ترجیح قطعی به هیچ‌یک از میزبان‌های مورد آزمایش نشان نداد، تخم‌های سالم چهار روزه میزبان نسبتاً بیشتر و تخم‌های پارازیته شده ۱۰ روزه کمتر از سایر میزبان‌ها پارازیته شدند.، با حذف دو تیمار مذکور، بین تیمارهای باقی مانده تفاوت معنی‌داری در انتخاب زنبورها مشاهده نشد و این زنبور در همه تیمارها پارازیتیسم نسبتاً متعادلی داشت. این نتایج با نتایج Cusumano *et al*. (2013) هم‌خوانی دارد. ایشان در آزمایش‌های با حق انتخاب، نشان دادند که *O. telenomicida* ترجیح قابل توجهی به تخم‌های دو روزه‌ای که اخیراً توسط *T. basalis* پارازیته شده‌اند، نسبت به تخم‌های پارازیته نشده و تخم‌های چهار روزه‌ای که یک روز قبل توسط *T. basalis* پارازیته شده بودند، دارد. با این حال، بر خلاف نتایج بررسی حاضر، در تعدادی از مطالعات قبلی گزارش شده است که زنبورهای جنس*Ooencyrtus* تخم‌های بیش از چهار روزه میزبان را برای تخم‌گذاری کم‌تر ترجیح می‌دهند، هرچند که این پارازیتوئیدها قادر به سازگاری با هر نوع تخم میزبان هستند (Nechols *et al*. 1989; Takasu & Hirose 1993; Hofstetter & Raffa 1998). طبق نظر Cusumano *et al*. (2013) دلیل انتخاب تخم‌های با جنین پیشرفته این می‌تواند باشد که ماده‌های *O. telenomicida* در صورت داشتن انتخاب، از میزبان‌هایی که منجر به هیپرپارازیتیسم اختیاری می‌شود، اجتناب می‌کنند. همچنین Mohammadpour *et al*. (2013) نیز نشان دادند که مناسب‌ترین تخم میزبان برای زنبور *O. pityocampae* تخم‌های پارازیته نشده *Brachynema signatum* بود و نرخ پارازیتیسم در این تخم‌ها بیشترین مقدار را داشت.

بعضی گزارش‌ها حتی ترجیح معکوس زنبور *O. telenomicida* را به سمت تخم‌های پارازیته شده نشان داده‌اند (Moussa 2011). در ترکیب متشکل از دو نوع تخم میزبان که اولی پارازیته نشده و دومی یک ساعت قبل توسط *O. telenomicida* پارازیته شده بود، زنبورهای ماده بلافاصله میزبان‌های اخیراً پارازیته شده را انتخاب کردند. تخم‌هایی که یک روز از پارازیته شدنشان گذشته بود چندان مورد توجه زنبورها قرار نگرفتند. ترجیح میزبان‌های پارازیته شده به دلیل وجود سوراخی است که توسط ماده قبلی روی میزبان پارازیته شده ایجاد شده است (Takasu & Hirose 1988, 1991). فرضیه اصلی در مورد ترجیح تخم‌های پارازیته شده صرفه‌جویی در زمان و تلاش کمتر برای حفاری و تخم‌گذاری است. در بررسی حاضر، زنبور *O. telenomicida* از چنین راهبردی پیروی نکرد و میزان پارازیتیسم در میزبان‌های بلافاصله بعد از پارازیتیسم، پارازیته سه روزه و پارازیته هفت روزه تفاوت چندانی نداشت. این اختلاف می‌تواند ناشی از تفاوت در گونه میزبان و جمعیت زنبور باشد. همچنین در بررسی ایشان پارازیتیسم قبلی توسط افراد هم‌گونه (*O. telenomicida*) و در بررسی حاضر توسط *T. grandis* انجام شده بود که تفاوت در

ساختمان تخم‌ریز می‌تواند منشاء اختلاف در نتایج ملاحظه شده باشد.

ماده‌های کاوشگر *Trissolcus* نشانه‌های بیشتری از جمله کایرومون‌های تماسی یا ترکیبات فرار القا شده در گیاه در اثر تخم‌گذاری آفت میزبان را نسبت به *O. telenomicida* به‌کار می‌گیرند و این نشانه‌ها، شاخص‌های قابل اعتمادتری برای حضور تخم‌های میزبان هستند (Colazza *et al*. 1999, 2004, 2009; Lo Giudice *et al*. 2011; Peri *et al*. 2011). علاوه بر این، ماده‌های *T. basalis* زادآوری کل بالاتری نسبت به زنبور *O. telenomicida* دارند، بنابراین، احتمال اینکه ماده‌های *O. telenomicida* تخم‌های پارازیته نشده را در مزرعه، پیدا کنند اندک است. با این حال، *O. telenomicida* چندین راهبرد برای بهره‌برداری بیشتر از تخم‌های میزبان به تکامل رسانده است (Cusumano *et al*. 2013). به عنوان مثال، در حالی که *T. basalis* در تخم‌های پارازیته نشده *N. viridula* (Bin *et al*. 1993) و *Trissolcus vassilievi* (Mayr) در تخم سن گندم (BenaMolaei *et al*. 2015) می‌توانند تا چهار روزگی با موفقیت نشوونمای خود را کامل کنند، و شایستگی آن‌ها با سن میزبان کاهش می‌یابد، زنبور *O. telenomicida* قادر است از تخم‌های پارازیته نشده *N. viridula* تا زمان ظهور میزبان با موفقیت بهره‌برداری کند بدون آن که پارازیتیسم آن کاهش یابد. با این حال، در بین گونه‌های *Trissolcus*، گونه *Trissolcus* sp. aff. *urichi* هیچ واکنش معنی‌داری به سن میزبان از خود نشان نداد و در تمام سنین تخم *N. viridula* بالای ۸۰ درصد زنده ماند (Penaflor *et al*. 2012). علاوه بر این، در شرایط رقابت بین گونه‌ای لاروی، *O. telenomicida* به وضوح برتر از گونه‌های *Trissolcus* می‌باشد. در بررسی حاضر، زنبور *O. telenomicida* در میان تخم‌های پارازیته شده سه و هفت روزه توسط *T. grandis*، زمان بیشتری سپری کرد و بیشترین نرخ پارازیتیسم در تخم پارازیته هفت روزه اتفاق افتاد.

در پژوهش حاضر، واکنش تابعی زنبور *O. telenomicida* به تخم‌های پارازیته شده (تا ۱۰ روزگی) و سالم (تا چهار روزگی) سن گندم از نوع سوم بود. این با نتایج Nassiri *et al*. (2020) در مورد زنبور *O. fecundus* روی تخم سن گندم همخوانی دارد و کیفیت میزبان در نوع واکنش در هیچیک از دو گونه تأثیری نداشت. بر خلاف بررسی حاضر، Rafat *et al*. (2013) واکش تابعی زنبور *O. telenomicida* به تغییرات تراکم تخم تازه سن گندم را از نوع دوم تعیین کردند. یکی از دلایل اظهار شده برای وقوع واکنش تابعی نوع دوم مرجح بودن میزبان می‌باشد (Gusev & Shmettser 1977). در بررسی حاضر، درصد پارازیتیسم زنبور *O. telenomicida* در تراکم‌های پنج تا ۹ تایی به حداکثر رسید، با افزایش بیشتر تراکم میزبان، میزان پارازیتیسم کاهش یافت و نسبت جنسی تحت تأثیر تراکم میزبان قرار نگرفت که با یافته‌های Aung *et al*. (2010) همخوانی مناسبی دارد. در بررسی ایشان تعداد میزبان‌های پارازیته شده در تراکم پنج یا هفت به حداکثر رسید. پارازیتوئیدها می‌توانند میزان بهره‌برداری را در پاسخ به تراکم میزبان تنظیم کنند (Uçkan & Gülel 2000). Waage (1986) و Charnov & Skinner (1988) نیز از نظر تئوری نشان دادند که میزان بهره‌برداری یک پارازیتوئید با افزایش تراکم میزبان کاهش می‌یابد که این نتیجه در بررسی ما نیز مشاهده شد.

در پژوهش حاضر نتایج آزمایش ترجیح میزبانی تاییدکننده نتایج آزمایش واکنش تابعی نبودند، به طوری که بر اساس زمان دستیابی و بیشینه نرخ حمله در واکنش تابعی، تخم‌های تازه گذاشته شده، چهار روزه سالم و پارازیته شده۱۰ روزه بهترین میزبان‌ها و تخم‌های دو روزه سالم و تخم‌های تازه پارازیته شده توسط گونه رقیب (*T. grandis*) نامطلوب‌ترین میزبان‌ها ارزیابی شدند، حال آن که بر اساس آزمایش ترجیح میزبانی، پارازیتوئید بیشترین وقت و نسبت پارازیتیسم را در تخم‌های چهار روزه سالم، پارازیته شده سه روزه و پارازیته شده هفت روزه و کمترین وقت و نسبت پارازیتیسم را در تخم پارازیته شده ۱۰ روزه صرف نمود. عدم همخوانی نتایج این آزمایش‌ها می‌تواند به علت وقوع خطای نوع اول یا دوم (مثلاً جمع شدن تصادفی زنبورهای کم زادآورتر در یک تیمار با کیفیت مناسب یا برعکس افراد با زادآوری بیشتر در تیماری با کیفیت نازل)، طرح آزمایش (ارائه همزمان تمام تیمارها در آزمایش ترجیح که سبب توزیع زنبورها بین تیمارهای بیشتر شده است) و عوامل دیگر باشد. این احتمال وجود دارد که مقایسه دو به دوی تیمارها (مانند روش Nassiri *et al*. 2020) می‌توانست سبب وقوع نتایج متفاوت گردد. احتمال دارد واکنش ضعیف زنبورها به محرک‌های میزبان سبب بروز ترجیح ضعیف به میزبان‌های مختلف شده باشد. تکرار آزمایش با نمونه بزرگتر و با تفکیک تیمارها ممکن است نتایج متفاوتی داشته باشد. در کل، تخم‌های تازه‌تر یا تازه پارازیته شده کمتر از تخم‌های با کیفیت نامطلوب (تخم‌های مسن یا تخم‌هایی که زمان زیادی از پارازیته شدن آنها گذشته بود) انتخاب شدند که این راهبرد شاید برای دوری جستن از رقیب های اصلی

(*Trissolcus* spp.) اتخاذ شده باشد. با این حال، عملکرد زنبور *O. telenomicida* در این پژوهش به گونه‌ای بوده است که تناسبی با انتخاب آن‌ها نداشته است، بدین معنی که سرانه پارازیتیسم در تخم‌هایی که بیشتر انتخاب شده کمتر بوده است.

به طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری نمود که زنبور *O. telenomicida* تخم‌های پارازیته شده سن گندم توسط *T. grandis* را نسبت به تخم‌های سالم آن بیش‌تر ترجیح می‌دهد و از این طریق، باعث کاهش تاثیر پارازیتیسم این زنبور روی تخم‌های این آفت می‌گردد. هرچند تفاوت‌هایی که در بررسی Nassiri *et al.* (2020) مشاهده شد نیاز به بررسی‌های بیشتر در آینده را گوشزد می‌نماید. در بررسی ایشان، زنبورها تخم‌های پارازیته را به جنین‌های رشد یافته سن گندم به طور قاطعی ترجیح دادند. با این حال، تخم‌های تازه میزبان به هر دو نوع میزبان مرجح بود. بر این اساس، پارازیتیسم سریع‌تر تخم‌های میزبان سبب کنترل انتخابی تخم سن گندم و تأخیر در تخم-ریزی موجب معکوس شدن این رابطه خواهد شد.

سپاسگزاری

منابع مالی این پژوهش به‌وسیله دانشگاه تبریز تامین گردیده است.

References

Aung KSD, Takagi M, Myint YY, Yun KM, Ueno T, 2010. Effect of host density on the progeny production of the egg parasitoids *Ooencyrtus nezarae* (Ishii) (Hymenoptera: Encyrtidae). *Genetics and Pest Management, Faculty of Agriculture, Kyushu University* 56(1): 71–74.

BenaMolaei P, Iranipour S, Asgari S, 2015. Effect of the host embryogenesis on efficiency of *Trissolcus vassilievi*. *Biocontrol in Plant Protection* 3(1): 83–100.

Bin F, Vinson SB, Strand MR, Colazza S, Jones Jr WA, 1993. Source of an egg kairomone for *Trissolcus basalis*, a parasitoid of *Nezara viridula*. *Physiological Entomology* 18(1): 7–15.

Binazzi F, Benassai D, Peverieri GS, Roversi PF, 2013. Effects of *Leptoglossus occidentalis* Heidemann (Heteroptera: Coreidae) egg age on the indigenous parasitoid *Ooencyrtus pityocampae* Mercet (Hymenoptera: Encyrtidae). *Redia* 96: 79–84.

Catalan J, Verdu MJ, 2005. Evaluation de dos parasitoides de huevos de *Nezara viridula* (in Spanish). *Boletin de Sanidad Vegetal Plagas* 3: 187–197.

Charnov EL, Skinner SW, 1988. Clutch size in parasitoids: the egg production rate as a constraint. *Evolutionary Ecology* 2: 167–174.

Colazza S, Salerno G, Wajnberg E, 1999. Volatile and contact chemicals released by *Nezara viridula* (Heteroptera: Pentatomidae) have a kairomonal effect on the egg parasitoid *Trissolcus basalis* (Hymenoptera: Scelionidae). *Biological Control* 16(3): 310–317.

Colazza S, Fucarino A, Peri E, Salerno G, Conti E, *et al.*, 2004. Insect oviposition induces volatile emission in herbaceous plants that attracts egg parasitoids. *Journal of Experimental Biology* 207(1): 47–53.

Colazza S, Lo Bue M, Lo Giudice D, Peri E, 2009. The response of *Trissolcus basalis* to footprint contact kairomones from *Nezara viridula* females is mediated by leaf epicuticular waxes. *Naturwissenschaften* 96(8): 975–981.

Cusumano A, Peri E, Vinson SB, Colazza S, 2012. The ovipositing female of *Ooencyrtus telenomicida* relies on physiological mechanisms to mediate intrinsic competition with *Trissolcus basalis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 143(2): 155–163.

Cusumano A, Peri E, Amodeo V, McNeil JN, Colazza S, 2013. Intraguild interactions between egg parasitoids: window of opportunity and fitness costs for a facultative hyperparasitoid. *PLoSOne* 8(5): e64768.https://doi.org/10.1371/journal.pone.0064768

Cusumano A, Peri E, Alınç T, Colazza S, 2022. Contrasting reproductive traits of competing parasitoids facilitate coexistence on a shared host pest in a biological control perspective. *Pest Management Science* 78(8): 3376–3383.

Faca EC, Pereira FF, Fernandes WC, Silva IF, Costa VA, Wengrat APGS, 2021. Reproduction of *Ooencyrtus submetallicus* (Hymeniptera: Encyrtidae) and *Trissolcus* sp. aff. *urichi* (Hymenoptera: Scelionidae) in eggs of *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae) of differen ages.

Journal of Agricultural Science 13: 96–106.

Godfray HCJ, 1994. Parasitoids Behavioral and Evolutionary Ecology. Princeton; Princeton University Press.

Gusev GV, Shmettser NV, 1977. Effect of ecological factors on the rearing of telenomines in artificial conditions. *Trudy Vsesoyuznogo Nauchnoissledovatel skogo Instituta Zashchity Rastenii* 44: 70–82.

Hofstetter RW, Raffa KF, 1998. Endogenous and exogenous factors affecting parasitism of gypsy moth egg masses by *Ooencyrtus kuvanae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 88(2): 123–135.

Iranipour S, Ahmadpour S, Asgari S, 2020. Gregarious development alters host utilization by the egg parasitoid *Ooencyrtus fecundus* (Hymenoptera: Encyrtidae). *Journal of Crop Protection* 9(3): 523–535.

Iranipour S, Vaez N, 2021. Egg parasitoids: Chalcidoidea with particular emphasis on Trichogrammatidae. In: Karimi J, Madadi H (eds). Biological Control of Insect and Mite Pests in Iran. Springer Nature, Switzerland AG. Pp. 197–233.

Japoshvili GO, Noyes JS, 2006a. New records of encyrtids (Hymenoptera: Chalcidoidea) from Europe. *Entomological Review* 81(1): 218–225.

Japoshvili GO, Noyes JS, 2006b. New data of the European fauna of encyrtid wasps (Hymenoptera, Chalcidoidea, Encyrtidae). *Entomological Reviews* 86(3): 298–304.

Jones WA, 1988. World review of the parasitoids of the southern green stink bug, *Nezara viridula* (L.) (Heteroptera: Pentatomidae). *Annals of the Entomological Society of America* 81(2): 262–273.

Juliano SA, 2001. Non-linear curve fitting: predation and functional response curves. In: Scheiner SM, Gurevitch J (eds). Design and Analysis of Ecological Experiments. Chapman and Hall, New York. Pp: 178–196.

Lo Giudice D, Riedel M, Rostás M, Peri E, Colazza S, 2011. Host sex discrimination by an egg parasitoid on *Brassica* leaves. *Journal of Chemical Ecology* 37(6): 622–628.

Mohammadpour M. 2012. Biological and behavioral studies on the pentatomid hyperparasitoid *Ooencyrtus pityocampae* in association with the primary parasitoid *Trissolcus agriope* and host pentatomid *Brachynema signatum*. MSc thesis, Agricultural Entomology, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran.

Mohammadpour M, Ziaaddini M, Jalali MA, Hashemirad H, 2013. Some biological characteristics of *Oencyrtus pityocampae*, the egg parasitoid of *Brachynema signatum* in laboratory condition. *The Conference of Biological Control in Agriculture and Natural Resources*, August 26-27. College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. P. 28.

Moussa AEH, 2011. The parasitoid *Ooencyrtus telenomicida* (Hymenoptera: Encyrtidae) prefers host parasitized by conspecifics over unparasitized host. PhD thesis, Organic Farming and Quality Management, Dipartiment demetra, Faculty of Agriculture, University degli studi di Palermo, Spain.

Nassiri R, Iranipour S, Karimzadeh R, 2020. Host preference of *Ooencyrtus fecundus* Ferriere & Voegele (Hym., Encyrtidae) egg parasitoid of sunn pest and hyperparasitoid of *Trissolcus* spp. *Biological Control of Pests and Plant Diseases* 8(2): 59–74.

Nechols JR, Tracy JL, Vogt EA, 1989. Comparative ecological studies of indigenous egg parasitoids (Hymenoptera: Scelionidae; Encyrtidae) of the squash bug, *Anasa tristis* (Hemiptera: Coreidae). *Journal of the Kansas Entomological Society* (1): 177–188.

Nicol CMY, Mackauer M, 1999. The scaling of body size and mass in a host-parasitoid association: influence of host species and stage. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 90(1): 83–92.

Peñaflor MFGV, de Moraes Sarmento MM, Da Silva CSB, Werneburg AG, Bento JMS, 2012. Effect of host egg age on preference, development and arrestment of *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae). *European Journal of Entomology* 109(1): 15–20.

Peri E, Cusumano A, Agrò A, Colazza S, 2011. Behavioral response of the egg parasitoid *Ooencyrtus telenomicida* to host-related chemical cues in a tritrophic perspective. *BioControl* 56(2): 163–171.

Rafat A, Safavi SA, Iranipour S, 2012. Biology of *Ooencyrtus telenomicida* Vassiliev (Hymenoptera: Encyrtidae), egg parasitoid of sunn pest. *2th National Conference on Biodiversity and Its Effect on Agriculture and Environment*, July 11 , Urmiya, Iran. Pp 1213–1217. [in Persian with English abstract].

Rafat A, Safavi SA, Iranipour S, 2013. Density dependence of parasitic wasp *Ooencyrtus telenomicida* (Hym.: Encyrtidae) to different densities of sunn pest eggs. *The Conference of Biological Control in Agriculture and Natural Resources*, August 26-27, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. P. 14.

Romanova VP, 1953. Egg parasites of harmful Pentatomidae from observations in the province of Rostov. *Zoologicheskii Zhurnal* 32: 238–248.

Safavi M, 1968. Biological and ecological study of wasp parasites of cereal bug eggs. *Entomophaga* 13: 381–495.

Sanomia W, Pereira F, Da Silva I, Cardoso C, Lucchetta J, 2022. Reproduction of *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae) in egg densities of *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae). *The Canadian Entomologist* 154(1): E4. https://doi.org/10.4039/tce.2021.52

SAS 2018. SAS 9.4 Portable for Windows. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.

Sullivan DJ, 1987. Insect hyperparasitism. *Annual Review of Entomology* 32: 49–70.

Sullivan DJ, 1988. Hyperparasites. Aphids, their Biology, Natural Enemies and Control. Vol. B. Elsevier Science Publishers, Amsterdam.

Takasu K, Hirose Y, 1988. Host discrimination in the parasitoid *Ooencyrtus nezarae*: the role of the egg stalk as an external marker. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 47(1): 45–48.

Takasu K, Hirose Y, 1991. The parasitoid *Ooencyrtus nezarae* (Hymenoptera: Encyrtidae) prefers hosts parasitized by conspecifics over unparasitized hosts. *Oecologia* 87(3): 319–323.

Takasu K, Hirose Y, 1993. Host acceptance behavior by the host-feeding egg parasitoid, *Ooencyrtus nezarae* (Hymenoptera: Encyrtidae): host age effects. *Annals of the Entomological Society of America* 86(1): 117–121.

Tunca H, Colombel EA, Ben Soussan T, Buradino M, Galio F, Tabone E, 2016. Optimal biological parameters for rearing *Ooencyrtus pityocampae* on the new laboratory host *Philosamia ricini*. *Journal of Applied Entomology* 140(7): 5–527.

Uçkan F, Gülel A, 2000. Effects of host species on some biological characteristics of *Apanteles galleriae* Wilkinson (Hym.; Braconidae). *Turkish Journal of Zoology* 24(5):105–114.

Ueno T, 1999. Adult size and reproduction in the ectoparasitoid *Agrothereutes lanceolatus* Walker (Hym., Ichneumonidae). *Journal of Applied Entomology* 123(6): 357–361.

Waage JK, 1986. Family planning in parasitoids: adaptive patterns of progeny and sex allocation. In: Waage JK, Greathead DJ (eds.), Insect Parasitoids. Academic Press, London. Pp. 63–95.

Zar JH. 1984. Biostatistical Analysis. Prentice Hall, New York, USA.

Zhang YZ, Li W, Huang DW, 2005. A taxonomic study of Chinese species of *Ooencyrtus* (Insecta: Hymenoptera: Encyrtidae). *Zoological studies (Taipei, Taiwan : Online)-journal* 44(3): 347–360.

This is an open access article under the CC BY NC license (https://creativecommons .org/licenses/by-nc/2.0/)