مجله علوم کشاورزی ایران
جلد ۳۴، شماره ۱، سال ۱۳۸۲ (۲۴۵-۲۳۱)

مطالعه قدرت تولید مثل و میزان پارازیتیسم *Apanteles subandinus* و *Orgilus lepidus* دو پارازیتوئید بید سیب زمینی، *Phthorimaea operculella*

لطیف صالحی
استادیار گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان
تاریخ پذیرش مقاله ۸۱/۸/۸

خلاصه

قدرت تولید مثل دو گونه از زنبورهای براکونید، *Apanteles subandinus* و *Orgilus lepidus*، پارازیتوئیدهای داخلی لارو بید سیب‌زمینی، *Phthorimaea operculella* موردبررسی‌قرار گرفت. نتایج آزمایش‌ها، کارایی دو گونه را در مقایسه با یکدیگر به شرح زیر نشان داد که: ۱) تولید مثل واقعی گونه *O. lepidus* در جمعیت‌های مختلف میزبان و در ۲٤ درجه سانتیگراد بیشتر از گونه *A. subandinus* است، ۲) زنبور ماده *O. lepidus* تعداد اُواریول بیشتری نسبت به *A. subandinus* دارد و تعداد تخم بیشتری تولید می‌کند، ۳) حشرات ماده هر دو گونه از اولین روز ظهور زاد و ولد خود را شروع میکنند، ٤) زنبور ماده *O. lepidus* در نسلهای مختلف آزمایشگاهی کاهش اندازه بدن نشان نمی‌دهد،در حالیکه، ماده *A. subandinus* به علت تولید مثل داخلی، در طی نسل‌های آزمایشگاهی کوچکتر می‌شود،٥) زنبور *A. subandinus* از برتری رشد و نمو سریع برخوردار است و تعداد نسل آن در سال بیشتر از *O. lepidus* است، ٦) هر دو گونه قدرت تولید مثل بالاتری نسبت به میزبان خود دارند. نتایج این آزمایش‌ها نشان داد که این دو گونه با هم مرگ و میر بیشتری را در بید سیب زمینی ایجاد می‌کنند و کارایی مبارزه بیولوژیکی را افزایش می‌دهند تا اینکه هر یک به تنهایی بکار گرفته شوند.

واژه‌های کلیدی: تولید مثل، *Phthorimaea operculella*، *Apanteles subandinus*، *Orgilus lepidus*.

مقدمه

بید سیب زمینی *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae) بومی آمریکای جنوبی، یک آفت مهم سیب زمینی و سایر بادمجانیان در بسیاری از کشورهای جهان است (۲۵). لاروهای آن ضمن تغذیه از برگها، ساقه‌ها و غده‌های سیب زمینی، در همه این اندامها کانال حفر می‌کنند. خسارت آفت روی غده‌های سیب زمینی در زمین های رسی که سله می بندد، زیاد است (۲۳). زیان آفت در سیب زمینی های انبار شده بویژه در مکانهایی که شرایط برای رشد ونمو آفت مناسب است، به مراتب بیشتر از خسارت آن در مزرعه است (۴). حشره ماده از اولین روز ظهور جفتگیری و تخمریزی را شروع میکند (۲۳) و در طول عمر خود بطور متوسط ۱۰۴ تخم میگذارد(۱۷). برای مبارزه بیولوژیک با این آفت در استرالیا، زنبورهای پارازیتوئید مختلف از جمله *Orgilus lepidus* Muesbeck و *Apanteles subandinus* Blanchard برای لارو و *Copidosoma spp.* برای کنترل جمعیت تخم بید سیب زمینی از آمریکای جنوبی وارد کرده‌اند که در اکثر مناطق سیب زمینی کاری استقرار یافته‌اند (۱۴)، اما در مورد کارایی آنها تحقیقات کافی انجام نگرفته‌است. دو زنبور *A. subandinus* و *O. lepidus* پارازیتوئیدهای انفرادی و داخلی هستند که لاروهای سن اول بید سیب زمینی را به لاروهای سنین دوم تا چهارم آن ترجیح میدهند (۳، ۲۱). این حشرات بومی کشور آرژانتین هستند و از آنجا به آمریکا و از آمریکا به کشورهای دیگر از جمله استرالیا انتقال داده اند تا

مبارزه بیولوژیک با بید سیب زمینی را تقویت نمایند(۱، ۲، ۱۲). این دو گونه در تمام نواحی استرالیا بخوبی استقرار یافته‌اند(۱۴). زنبورهای مورد مطالعه در این تحقیق در نواحی مختلف استرالیای جنوبی و ویکتوریا جمع‌آوری شدند که آب و هوایی بسیار متنوعی دارند و سیب زمینی کاری در تمام این نواحی رایج است. برخی از نواحی مورد مطالعه دارای شرایط آب و هوایی مشابه استانهای مرکزی و تهران و حتی جنوب کشور ما هستند.

تحقیقات متعدد در دنیا ثابت کرده است که کارایی یک پارازیتوئید در کنترل جمعیت یک آفت به چندین فاکتور مرتبط به هم بستگی دارد. در بین آنها، توانایی پارازیتوئید در افزایش جمعیت خود از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در طبیعت نقش عوامل محیطی و ارتباطات پیچیده بین آنها در باروری حشرات خیلی مهم هستند(۵). تغییرات در میزان باروری یک پارازیتوئید تاثیر مهمی در تراکم جمعیت آن دارد (۶). تفاوت در نوع گیاه میزبان، تغییرات در تراکم میربان و تراکم پارازیتوئید نیز در تولید مثل پارازیتوئید دخالت دارند. با وجود این، میزان باروری یک گونه به ظرفیت تخمدان‌های آن در تولید تعداد معینی تخم بستگی دارد (۸) تحقیق حاضر بر اساس این فرضیات که نرخ تولید مثل *A. subandinus* و *O. lepidus* که با تغییر تراکم میزبان، دوره مجاورت با میزبان، بافت‌های گیاه میزبان و ظرفیت تولید تخم در تخمدانهای آنها نوسان دارد، طرح‌ریزی و مورد بررسی قرارگرفت.براساس فرضیات فوق، چهار سری آزمایش‌های مختلف آزمایشگاهی و صحرایی برنامه‌ریزی شدند.

مواد و روش‌ها

بید سیب زمینی و دو پارازیتوئید آن از انسکتاریوم تامین می‌شدند که بر اساس روش فینی و همکاران (۱۹۷۴) بصورت انبوه پرورش می‌یافتند. پرورش آزمایشگاهی حشرات هر سال در اول و آخر فصل زراعی با جمع آوری و وارد نمودن حشرات نر از طبیعت تقویت می‌گردید. روزانه صدها تخم بید سیب زمینی در قوطی‌های پلاستیکی ۱۲۵ میلی‌لیتری در درجه حرارت ۱۰ درجه سانتیگراد ذخیره می‌شدند تا در صورت نیاز برای هر نوع آزمایشی بطور همزمان در شرایط آزمایشگاه قرار گیرند تا به اندازه لازم لاروهای سن اول در اختیار باشند. غده‌ها و گیاهان سیب زمینی‌های مورد استفاده در این آزمایشات واریته‌های Kennebec و Colliban بودند. گیاه سیب زمینی در گلدان‌های پلاستیکی سیاه به قطر ۲۰ ساتتیمتر در گلخانه پرورش داده می‌شد و در هر آزمایشی گیاهان مشابه از نظر سن، ارتفاع و حجم انتخاب می‌گردیدند.

آزمایش اول: قدرت تولید مثل دو گونه پارازیتوئید در تراکم‌های مختلف میزبان، گیاهان میزبان و طول مدت مجاورت با میزبان:

قدرت تولیدمثل دو گونه زنبور پارازیتوئید در شرایط آزمایشگاه با حرارت ۲۴ درجه سانتیگراد، رطوبت نسبی ۷۰-۶۰ درصد و دوره روشنایی به تاریکی ۱۴:۱۰ ساعت با استفاده از لامپ‌های فلورسنت سفید مطالعه شد. برای برآورد قدرت تولید مثل *A. subandinus* و *O. lepidus* در تراکم مختلف میزبان روی سیب زمینی، مقایسه ظرفیت تخمگذاری هر گونه در طول دوره‌های زمانی مختلف مجاورت با میزبان و اندازه‌گیری قابلیت تخمگذاری دو پارازیتوئید وقتی که میزبان روی غده و یا شاخه و برگ سیب زمینی فعالیت دارد، چهار سری آزمایش در این بخش انجام گردید.

الف- رهاسازی پارازیتوئیدها در چهار تراکم مختلف میزبان بطور مجزا

چهار تراکم ۲۰، ۴۰، ۸۰ و ۱۶۰ لارو یک روزه بید سیب زمینی هر یک بطور جداگانه و یکنواخت روی برگهای هر گیاه گلدانی به ارتفاع ۴۰-۳۰ سانتیمتر سیب زمینی رهاسازی شدند. گلدان‌های آلوده جداگانه در قفس‌های تخمریزی (به ابعاد ۵۵× ۵۰×۴۰ سانتیمتر) قرار داده شدند. در هر قفس تخمریزی یک زنبور ماده یک روزه جفتگیری کرده رهاسازی شد(شکل۱-الف). در هر قفس آب و عسل ۲۰ درصد جهت تغذیه زنبور فراهم گردید. بعد از ۲۴ ساعت هر گلدان با تراکم معین از میزبان با گلدان آلوده جدید با همان تعداد لارو تعویض گردید. این عمل تا پایان عمر طبیعی زنبور ادامه یافت و سرانجام زنبور مرده تشریح گردید تا تعداد تخم باقی مانده در تخمدانهای آن شمارش شوند. لاروهای هر گلدان جداگانه در قوطی‌های

پلاستیکی بیرنگ یک لیتری حاوی غده سیب زمینی و ماسه سفید جهت تغذیه و رشد و تبدیل شدن به شفیره انتقال یافتند. تعداد زنبورهای خارج شده، نسبت جنسی آنها و تعداد پروانه‌های خارج شده شمارش شدند تا میزان تولید مثل روزانه زنبورها محاسبه شود.

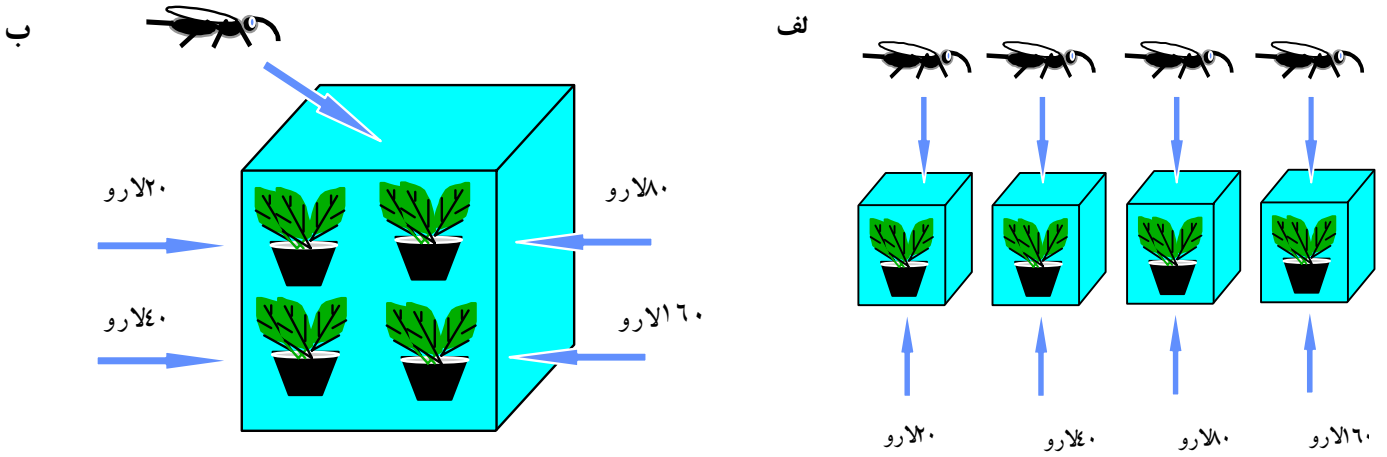
ضریب خالص زاد و ولد (R_0) دو پارازیتوئید در تراکم‌های مختلف میزبان با استفاده از معادله $R_0 = \sum l_x m_x$ محاسبه گردید (۲۷) که در آن x سن زنبور به روز، l_x نسبت ماده‌های زنده مانده در طول عمر x و m_x تعداد نتاج تولید شده از هر زنبور ماده در روزهای متوالی است که از فرمول $m_x = N_x / 2$ بدست می‌آید و در این فرمول N_x کل نتاج حاصل از هر ماده در طول عمر x است. این آزمایش از ۴ تا ۷ بار تکرار شد و نتایج بدست آمده به روش رگرسیون ساده با استفاده از برنامه Genstat 5 تجزیه و تحلیل شدند(۱۸).

ب- رهاسازی پارازیتوئیدها در چهار تراکم مختلف میزبان در مجاورت یکدیگر

در این سری از آزمایش‌ها، هر زنبور ماده با شرایط آزمایش قبل، به مدت سه روز در یک قفس حاوی چهار گلدان سیب زمینی آلوده شده به چهار تراکم ۲۰، ۴۰، ۸۰ و ۱۶۰ لارو یک روزه بید سیب زمینی رها سازی شد (شکل ۱-ب). بعد از این مدت، بقایای آلوده هر گیاه جداگانه در جعبه‌های پرورش نگهداری شدند تا تعداد لاروهای میزبان پارازیته شده در هر تراکم شمارش شوند. این آزمایش ۴ بار تکرار شد و اعداد حاصل به روش رگرسیون ساده با استفاده از برنامه Genstat 5 تجزیه و تحلیل شدند (۱۸).

ج- تاثیر بافت گیاه میزبان

یک سری آزمایش جهت مقایسه قدرت تخمریزی دو پارازیتوئید در روی میزبان فعال در اندامهای غده و شاخه و برگ سیب زمینی انجام گردید. روی هر غده سیب زمینی ثابت نگهداشته شده در انتهای یک میخ ۱۰ سانتیمتری که از یک پایه چوبی ۴×۴ سانتیمترخارج شده بود و روی هر گیاه گلدانی به ارتفاع ۱۵ سانتیمتر، تعداد ۵۰ لارو یک روزه بید سیب زمینی قرار داده شد. بعد از ۲۴ ساعت از زمان انتقال لاروها، هر غده و گیاه سیب زمینی آلوده بطور جداگانه داخل یک قفس قرار داده شدند. هر اندام آلوده گیاه به لارو یک روزه بید سیب زمینی برای مدت ۲۴ ساعت در اختیار یک زنبور ماده یک روزه جفتگیری کرده از هر گونه پارازیتوئید بصورت جداگانه قرار گرفت. این آزمایش ۹ بار برای *A. subandinus* و ۱۰ بار برای *O. lepidus* جداگانه تکرار شد. تفاوت تعداد میزبان پارازیته شده به وسیله هر پارازیتوئید در هر اندام گیاهی به روش Kruskal-Wallis در نرم افزار Genstat 5 مقایسه گردیدند (۱۸).



شکل ۱- نمایش اشکال شماتیک قفس‌های رهاسازی پارازیتوئید. الف- چهار تراکم مختلف میزبان جداگانه در اختیار یک زنبور ماده قرار گرفت و ب- چهار تراکم مختلف میزبان همزمان در اختیار هر زنبور ماده قرار داده شد.

د-نقش مدت زمان مجاورت در میزان تخمریزی دو پارازیتوئید

در این سری از آزمایش‌ها، میزان تخمریزی دو پارازیتوئید در زمانهای مختلف مجاورت پارازیتوئید با میزبان مورد مطالعه قرار گرفته‌است. غده‌های سیب‌زمینی آلوده به ۵۰ لارو یک روزه بطور جداگانه در زمان‌های ۴، ۸، ۱۲ و ۲۴ ساعت در اختیار هر گونه زنبور ماده یک روزه جفتگیری کرده و تغذیه شده با آب و عسل ۲۰ درصد بصورت جداگانه قرار گرفت. بعد از این زمان‌ها، لاروها جداگانه پرورش یافتند تا با خروج حشرات کامل زنبور و شمارش آنها، میزان پارازیتیسم مشخص گردد. این آزمایش ۱۰ بار جداگانه برای هر پارازیتوئید انجام شد و نتایج حاصل به طریق رگرسیون ساده با استفاده از برنامه Genstat 5 تجزیه و تحلیل شدند (۱۸).

آزمایش دوم: شمارش تعداد تخم‌های تولید شده توسط ماده‌های هر پارازیتوئید

هدف از انجام این سری از آزمایش‌ها، برآورد تعداد تخم تولید شده در اُواریولهای هر زنبور ماده بود. به ترتیب تعداد ۲۲ و ۴۸ زنبور ماده *A. subandinus* و *O. lepidus* که در یک روز در آزمایشگاه ظاهر شده بودند، از قفسهای پرورش جمع‌آوری شدند. این زنبورها در ۲۴ درجه سانتیگراد با آب و عسل تغذیه شدند ولی هیچگونه تماسی با میزبان نداشتند. جهت بررسی قدرت تخم زایی اُواریولهای این زنبورها، از روز اول تا حداکثر ۱۸ روز بعد تشریح شدند. در واقع حد اکثر عمر مفیدی که در انجام آزمایش اول (بند الف) داشتند. همچنین زنبورهای ماده‌ای که در آزمایشهای بخش الف (از آزمایش اول) تا پایان عمر خود بطور طبیعی تخمریزی کرده و می‌مردند، بلافاصله جمع‌آوری و تشریح می‌شدند تا تخم‌های باقیمانده در اُواریولهای آنها شمارش گردد. عملیات تشریح با استفاده از پنس INOX شماره ۴ در زیر بینوکولار داخل محلول Phosphate Buffer Saline با فرمول زیر:

(PBS, 138 mM NaCl, 2.7 mM KCl, 1.47 mM KH_2PO_4, 7.3 mM Na_2HPO_4, pH 7.6)

انجام گرفت. بدین‌ترتیب، تعداد کل تخم تولید شده توسط هر زنبور از حاصل جمع تخم گذاشته شده توسط هر ماده با تعداد تخم باقیمانده در تخمدانهای آن بدست آمد.

آزمایش سوم: نمونه برداری در مزرعه

اهداف این آزمایش عبارت بودند از: ۱) آمارگیری از تعداد زنبورهای دو گونه در دو منطقه بزرگ سیب زمینی کاری در استرالیای جنوبی، ۲) مقایسه جمعیت طبیعی با جمعیت آزمایشگاهی دو گونه با در نظر گرفتن نسبت جنسی هر یک و نیز اندازه بدن آنها. با توجه به اینکه زنبور *Copidosoma* sp. پارازیتوئید تخم بید سیب زمینی بصورت غالب در مزارع مورد آزمایش وجود داشت، در تمام آمارگیریها تعداد این زنبور نیز شمارش گردید.

بطور مرتب هر دو هفته یکبار در مزارع سیب زمینی سمپاشی نشده و آلوده به بید سیب زمینی با استفاده از تور حشره‌گیری عملیات تور زدن انجام میگرفت تا لاروهای بید سیب‌زمینی جمع‌آوری شوند.در هر نوبت ۴۰ بار تور حشره‌گیری روی گیاهان سیب زمینی به چپ و راست در یک حرکت مستقیم در مزرعه زده می‌شد. در واقع در هر قدم به جلو، یکبار به راست و چپ تور زدن انجام میگرفت. در این عملیات مقداری لارو و برگها و ساقه‌های آلوده گیاه سیب‌زمینی در تور جمع‌آوری می‌گردید که پس از انتقال به آزمایشگاه و بازدید دقیق هر قسمت کنده شده گیاه، لاروهای بید سیب زمینی از درون برگ و ساقه آلوده جمع‌آوری می‌شدند. در مجموع در یک فصل زراعی ۴۰۰ بار تور زدن در دو منطقه سیب‌زمینی کاری مجزا انجام می‌گرفت. لاروهای جمع‌آوری شده در جعبه‌های پرورش حاوی غده سیب زمینی و ماسه سفید جهت تغذیه و رشد و تبدیل شدن به شفیره در انسکتاریوم نگهداری شدند. درصد زنبورهای خارج شده از محاسبه کل حشرات خارج شده بدست آمد.

آزمایش چهارم: نسبت جنسی و اندازه پارازیتوئیدها

دو سری آزمایش جهت مطالعه نسبت جنسی و اندازه آنها در دو جمعیت آزمایشگاهی و صحرایی زنبورها انجام گرفت.

الف- نسبت جنسی

حشرات نر و ماده حاصل از پرورش لاروهای پارازیته شده بید سیب زمینی درهر یک از آزمایشهای سری اول شمارش شدندتانسبت‌جنسی‌نربه ماده *A. subandinus* و *O. lepidus* برآوردشود. همچنین جهت تعین نسبت جنسی این‌پارازیتوئیدها در طبیعت، حشرات کامل و لاروهای بید سیب‌زمینی از دو منطقه بزرگ سیب زمینی‌کاریهای استرالیای جنوبی

(Virginia و Adelaide Hills) با استفاد از تور حشره‌گیری جمع‌آوری شدند. نر و ماده حشرات کامل جمع‌آوری شده با تور و حشرات کامل حاصل از پرورش لاروهای جمع آوری شده در مزرعه شمارش شدند. تفاوت بین تعداد نر و ماده بدست آمده در آزمایشگاه و مزرعه با استفاده از روش کای اسکوئر (χ^2) (۳۱) محاسبه گردید و نسبت جنسی آنها برآورد شد.

ب- اندازه پارازیتوئید

اندازه طول بدن از قاعده شاخک تا انتهای شکم و طول شاخک از قاعده آن تا انتها در ۲۰ جفت حشره کامل *A. subandinus* حاصل از ۶ نسل آزمایشگاهی و ۲۰ جفت جمع‌آوری شده از مزرعه اندازه‌گیری شد. اعداد حاصل از این اندازه‌گیریها به روش آنالیز واریانس (ANOVA) با استفاده از Genstat 5 (۱۸). به علت نامحسوس بودن تغییرات اندازه بدن در زنبور *O. lepidu*، اندازه طول بدن آن مورد بررسی قرار نگرفت. طول بدن این زنبور بطور متوسط ۴/۴۵ میلیمتر بود و بین ۴/۱۲ تا ۴/۵۰ میلیمتر نوسان داشت.

نتایج و بحث

آزمایش اول: قدرت تولید مثل دو گونه پارازیتوئید در تراکم‌های مختلف میزبان، گیاهان میزبان و طول مدت مجاورت با میزبان

الف- رهاسازی پارازیتوئیدها در چهار تراکم مختلف میزبان بطور مجزا

ماده‌های هر دو گونه از همان روز اول شروع به تخمریزی نمودند و میزان تخمریزی روزانه آنها با افزایش طول عمر بتدریج کاهش نشان داده‌است. تعداد میزبان پارازیته شده توسط هر دو پارازیتوئید با تراکم بالاتر روی گیاه افزایش یافت (شکل ۲). در این تحقیق نیز مانند یافته‌های وارلا و برنایس (۱۹۸۸) مشاهده گردید که تمام لاروهای سن اول انتقال یافته روی سیب زمینی بدلیل حرکت و جابجایی سریع روی گیاه باقی نمی‌مانند و از روی اندامهای گیاه میزبان خارج می‌شوند. به همین دلیل در محاسبات آماری میزان پارازیتیسم هر پارازیتوئید، تعداد لاروهای مستقر شده روی گیاه شمارش شده‌اند. در این آزمایش تعداد لارو مستقر شده روی هر گیاه بین ۵۲/۷٪ در بالاترین تراکم (۱۶۰ لارو در هر گیاه) تا ۶۴/۴٪ در پایین‌ترین تراکم (۲۰ لارو در هر گیاه) نوسان داشت. وارلا و برنایس در سال ۱۹۸۸ دریافتند که لاروهای تازه تفریخ شده بید سیب‌زمینی حرکت سریع دارند، آنها روی گیاه می‌خزند و گاهی سقوط می‌کنند. میانگین تعداد واقعی لاروهای مستقر شده در شکل ۲ آمده‌ست.

ضریب خالص زاد و ولد بتدریج با افزایش تراکم جمعیت میزبان افزایش یافته‌است (شکل ۳). یک ارتباط معکوس بین طول عمر پارازیتوئید و تراکم جمعیت میزبان مخصوصا در زنبور *O. lepidus* وجود داشت. طول عمر هر دو گونه وقتی‌که به جمعیت زیاد میزبان روبرو می‌شدند کمتر از طول عمر آنها در جمعیت پائین میزبان بود (جداول ۱ و ۲).

جدول ۱- طول عمر زنبور *O. lepidus* در تراکم‌های مختلف جمعیت میزبان.

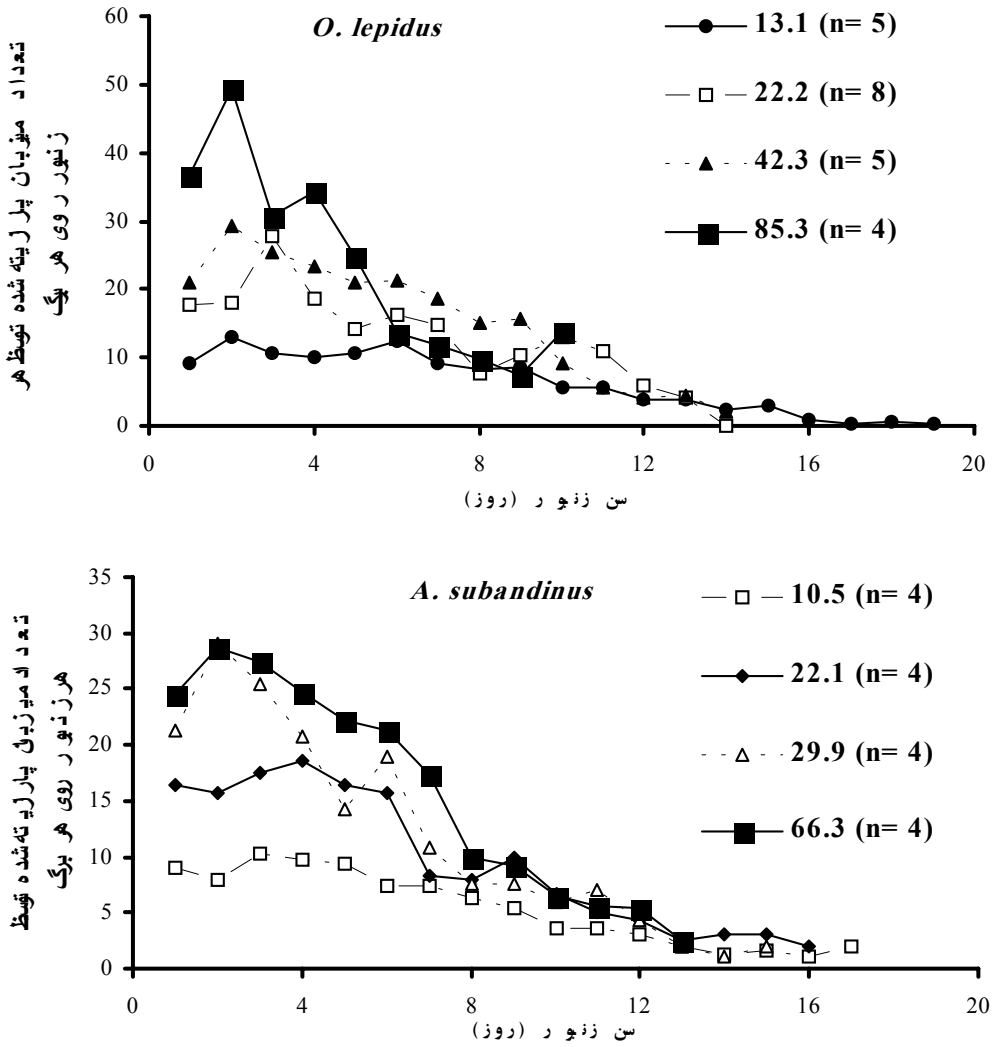
تعداد تکرار	(±sd) میانگین	حداکثر (روز)	حداقل (روز)	تراکم واقعی میزبان
۵	۱۴/۰±۳/۸	۱۸	۸	۱۳/۱
۷	۱۱±۲/۱	۱۳	۸	۲۲/۲
۵	۱۰/۶±۳/۰	۱۴	۶	۴۲/۳
۴	۹/۸±۱/۷	۱۲	۸	۸۵/۳

جدول ۲- طول عمر زنبور *A. subandinus* در تراکم‌های مختلف جمعیت میزبان.

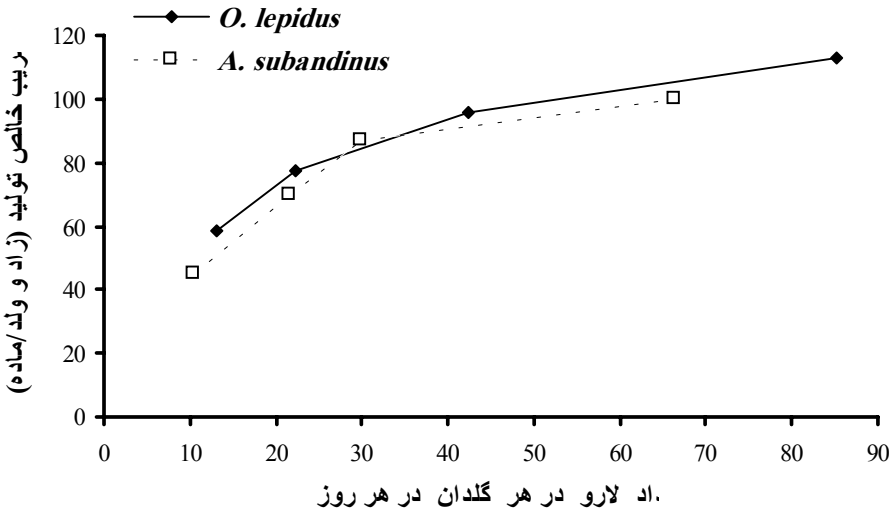
تعداد تکرار	(±sd) میانگین	حداکثر (روز)	حداقل (روز)	تراکم واقعی میزبان
۴	۱۵/۸±۱/۰	۱۷	۱۵	۱۳/۱
۴	۱۳/۰±۲/۲	۱۶	۱۱	۲۲/۲
۴	۱۲/۳±۲/۵	۱۵	۹	۴۲/۳
۴	۱۱/۸±۱/۵	۱۳	۱۰	۸۵/۳

ب- رهاسازی پارازیتوئیدها در چهار تراکم مختلف میزبان در مجاورت یکدیگر

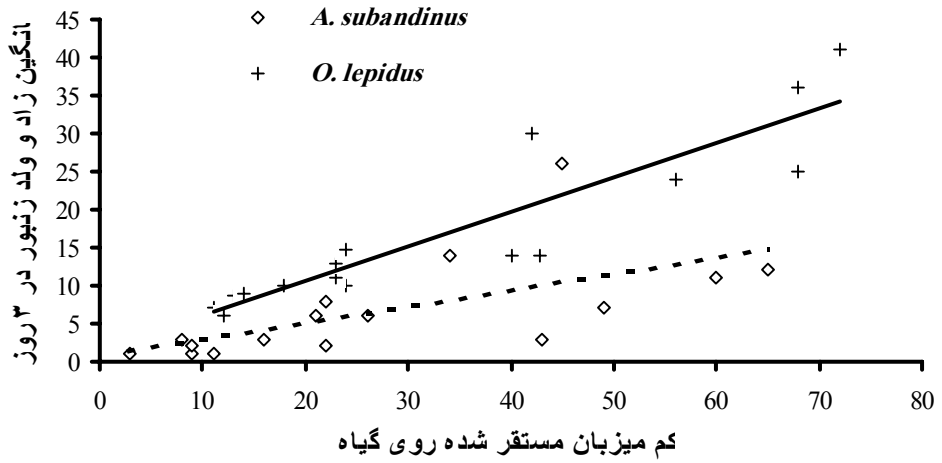
در این آزمایش تعداد میزبان پارازیته شده توسط هر زنبور ماده *O. lepidus* و *A. subandinus* با افزایش جمعیت میزبان زیادتر شد (شکل ۴). هر دو گونه میزبان بیشتری را در جمعیت بالای آن درمدت۳ روز پارازیته کردند. هر چند ضریب خالص تولید (R_0) در *O. lepidus* (۰/۸۳) بیشتر از *A. subandinus* (۰/۴۱) بود. همچنین نتایج این آزمایش‌ها تفاوت معنی‌داری بین تعداد تخم گذاشته شده توسط دو پارازیتوئید را در شرایط یکسان نشان داد ($P< 0.05$).



شکل ۲- تولید مثل روزانه (تخم/ماده/روز) بوسیله *A. subandinus* و *O. lepidus* در تراکم‌های مختلف جمعیت میزبان.



شکل ۳- ضریب خالص تولید (R_0) در دو پارازیتوئید با افزایش جمعیت میزبان.



شکل ۴- مقایسه قدرت تخمریزی دو پارازیتوئید *A. subandinus* و *O. lepidus* در شرایطی که ۴ گیاه گلدانی آلوده به ۴ تراکم میزبان بطور یکجا در اختیار هر زنبور ماده قرار گرفت. خط ممتد و + متعلق به *O. lepidus* و خط هاشورزده و مربع توخالی متعلق به *A. subandinus* است.

ج- تاثیر بافت گیاه میزبان

در تمام آزمایش‌ها (۱۹ تکرار) میانگین تعداد لارو بید سیب‌زمینی مستقر شده روی اندام هوایی هر گیاه ۳/۶±۲۸/۹ و روی هر غده سیب‌زمینی ۲/۹±۲۶/۹ بود. تعداد لاروهای پارازیته شده توسط زنبور *A. subandinus* در اندام هوایی گیاه با تعداد آنها در غده سیب‌زمینی اختلاف معنی‌داری داشت (P=۰/۰۰۸)، در حالیکه در زنبور *O. lepidus* چنین اختلافی دیده نشد، هرچند که میزان تخمریزی *O. lepidus* در هر دو نوع اندام گیاه بیشتر از میزان تخمریزی *A. subandinus* بود (شکل ۵).

نتایج این آزمایش ثابت نمود که زنبور ماده *O. lepidus* توانایی بیشتری در پارازیته نمودن لاروهایی را دارد که در اندام هوایی گیاه یا در غده سیب زمینی فرو رفته‌اند. این امتیاز برخورداری تخمریز بلند تر در این زنبور است که طول آن (۴/۵ میلیمتر) هفت برابر طول تخمریز زنبور ماده *A. subandinus* (۰/۶۳ میلیمتر) است.

د- تخمریزی وابسته به زمان

با افزایش زمان، تعداد میزبان پارازیته شده توسط هر دو گونه افزایش یافته‌است (شکل ۶ الف). زنبورهای ماده هر دو گونه وقتی مدت ۲۴ ساعت با میزبان روبرو بودند بیش از دو برابر میزبان را پارازیته کردند نسبت به موقعی که فقط ۴ ساعت با میزبان روبرو شده اند (P= ۰/۰۵). تعداد میزبان پارازیته شده توسط هر دو زنبور در یک ساعت، با افزایش دوره‌های زمانی مجاورت با میزبان کاهش داشته‌است (شکل ۶ ب).

در مجموع نتایج چهار سری آزمایش‌های توصیف شده در فوق نشان می‌دهد که میزان تخمریزی هر دو گونه تحت تاثیر تراکم جمعیت لارو بید سیب زمینی قرار دارد و قدرت تخمریزی هر دو گونه با تغیر تراکم میزبان متفاوت است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که میزان پارازیتسم توسط هر دو پارازیتوئید با افزایش جمعیت میزبان بیشتر شده است. با توجه به اینکه زنبور *O. lepidus* از تخمریز بلندتری (۴/۵ میلیمتر) نسبت به زنبور *A. subandinus* (۰/۶۳ میلیمتر) برخوردار است (۳، ۲۱)، بنابراین تعداد لاروهای پارازیته شده توسط زنبور اول در لاروهای نفوذ کرده در عمق غده سیب زمینی به مراتب بیشتر از زنبور دوم بوده‌است و میزان پارازیتیسم زنبور *O. lepidus* در اندام هوایی گیاه کمی بیشتر از میزان پارازیتیسم آن در غده‌ها بوده است.

آزمایش دوم: شمارش تعداد تخم‌های تولید شده توسط ماده‌های هر پارازیتوئید

تعداد اُواریول‌های[1] مشاهده شده در تخمدانهای زنبورهای *O. lepidus* ثابت نبود. از ۴۸ زنبور ماده تشریح شده به ترتیب ۱۲٪ زنبورها دارای ۶، ۷۱/۵٪ دارای ۸، ۵٪ دارای ۹و ۱۱/۵٪ آنها دارای تعداد ۱۲ اُواریول در هر تخمدان بودند. در زنبور *A. subandinus* تعداد اُواریولها همیشه ثابت و یک جفت در هر تخمدان بود (شکل ۷).

1 . Ovariols

در تخمدانهای هر دو گونه تعداد زیادی تخم در مرحله تولد دیده می‌شد. تعداد تخم تولید شده تا ۱۰ روز از زمان تولد ماده‌ها بتدریج افزایش داشت. در زنبور *O. lepidus* افزایش تعداد تخم با افزایش تعداد اُواریولها ارتباط مستقیم نشان می‌داد (شکل ۸). در شکل ۸ میانگین تعداد تخم شمارش شده در زنبورهای *O. lepidus* با تعداد اُواریولهای مختلف بطور جداگانه نمایش داده شده است.

از شمارش تعداد تخم باقیمانده در تخمدانهای هر ماده که در طول عمر طبیعی خود تخمگذاری کرده بود، مشخص گردید که زنبور *O. lepidus* حداکثر تعداد ۲۷۵ تخم و زنبور *A. subandinus* حداکثر تعداد ۲۱۵ تخم تولید می‌کنند. در پایان عمر طبیعی دو زنبور اول و دوم که در تمام زندگی خود به اندازه کافی میزبان در اختیارشان بود، بترتیب بطور متوسط ۶۴±۱۳/۰۹ و ۳۵±۷/۰۷ تخم باقیمانده در تخمدانهای خود داشتند (جداول ۳ و ۴).

نتایج این آزمایش نشان داد که تعداد اُواریول در گونه‌های مختلف زنبورها می‌تواند متغیر یا ثابت باشد و برخی از آنها مانند *Apanteles* ظرفیت ذخیره کردن تخمهای تولید شده خود را دارند(۷، ۱۰، ۱۶، ۲۳). بطوریکه در زنبور *A. subandinus* بعد از روز اول به تعداد ۵-۳ تخم رسیده درهر اُواریول اضافه شده تا به ۵۴ تخم در هر تخمدان رسیده‌است. این افزایش تخم در زنبور به تعداد ۷-۳ تخم رسیده در هر اُواریول در روز (با متوسط ۹ اُواریول در هر تخمدان) بوده‌است. در بسیاری از گونه‌های پارازیتوئیدها یک رابطه مستقیم بین تعداد تخم تولیدی ماده‌ها با اندازه بدن و تعداد اُواریولهای آنها وجود دارد (۱۶، ۱۹، ۲۰). نتایج این آزمایش با تحقیقات انجام شده روی سایر پارازیتوئیدها هماهنگی دارد و در زنبور *O. lepidus* نشان می‌دهد که ماده‌های با اُواریول بیشتر، تعداد تخمهای زیادتری تولید می‌کنند (متوسط ۱۹۲ تخم در ۱۲ اُواریول و متوسط ۷۷ تخم در ۶ اُواریول).

آزمایش سوم: نمونه برداری در مزرعه

مشاهدات مزرعه‌ای نشان داد که هر دو پارازیتوئید در دو منطقه Virginia و Adelaide Hills سازش پیدا کرده‌اند، اما تراکم جمعیت هر دو گونه در منطقه اول کمتر از منطقه دوم است (جدول ۵). این موضوع به علت سمپاشی بیشتر در منطقه اول نسبت به منطقه دوم است (مصاحبه حضوری با کشاورزان در هر دو منطقه).

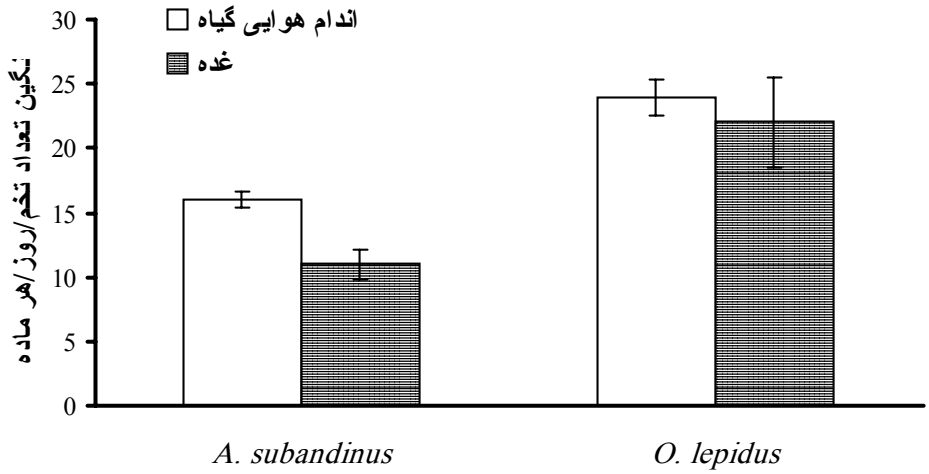
جدول ۳- تعداد کل تخم تولید شده توسط ماده *O. lepidus* که از حاصل جمع تخم‌های گذاشته شده در طی عمر طبیعی زنبور با تعداد تخم باقیماند در تخمدان‌های آن بدست آمده‌است.

کل تخم	تعداد تخم باقیمانده	طول عمر زنبور	تعداد تخم گذاشته شده	تراکم جمعیت میزبان	تعداد اُواریول
۲۱۵	۵۶	۱۸	۱۵۹	۲۰	۱۲
۲۲۴	۱۵۳	۸	۷۱	۲۰	۸
۲۰۷	۶۴	۹	۱۴۳	۴۰	۸
۲۳۹	۴۸	۱۴	۱۹۱	۸۰	۸
۲۶۳	۲۸	۱۰	۲۳۵	۱۶۰	۸
۲۷۵	۳۲	۱۲	۲۴۳	۱۶۰	۱۲
۲۳۷	۶۴±۱۳/۰۹		Sd±میانگین		

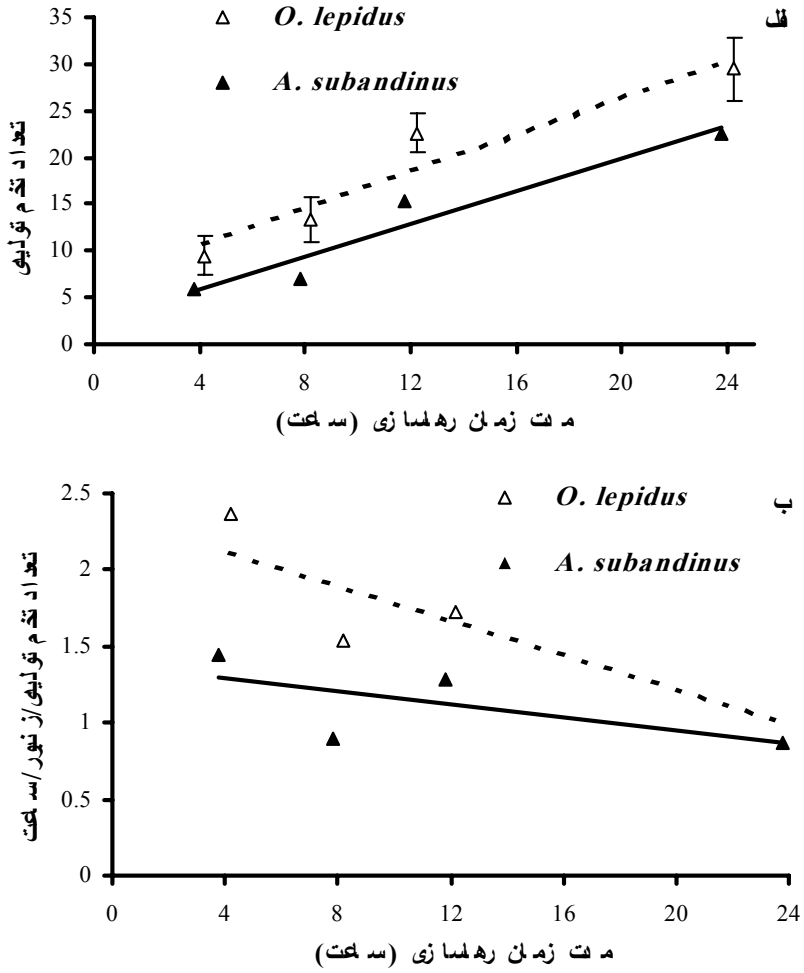
جدول ۴- تعداد کل تخم تولید شده توسط ماده *A. subandinus* که از حاصل جمع تخمهای گذاشته شده در طی عمر طبیعی زنبور با تعداد تخم باقیماند در تخمدانهای آن بدست آمده‌است.

کل تخم	تعداد تخم باقیمانده	طول عمر زنبور	تعداد تخم گذاشته شده	تراکم جمعیت میزبان	تعداد اُواریول
۱۴۳	۶۲	۱۵	۸۱	۲۰	۲
۱۴۵	۲۸	۱۲	۱۱۷	۲۰	۲
۱۳۵	۲۴	۱۶	۱۱۱	۴۰	۲
۲۱۰	۴۳	۱۳	۱۶۷	۸۰	۲
۲۱۵	۱۶	۱۲	۱۹۹	۱۶۰	۲
۲۰۲	۲۰	۱۰	۱۸۲	۱۶۰	۲
۱۷۰	۳۵±۷/۰۷		Sd± میانگین		

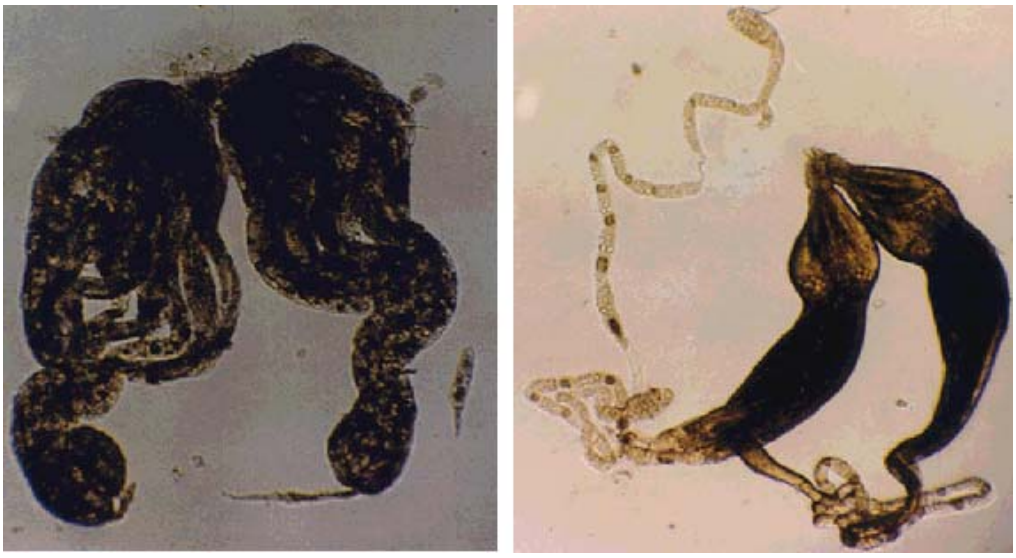
نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که درصد پارازیتیسم *A. subandinus* در Adelaide Hills نسبت به *O. lepidus* در این نواحی از استرالیای جنوبی زیادتر است. همچنین با وجود اینکه گونه *O. lepidus* تعداد زیادی میزبان را پارازیته می‌کند و سریع‌تر از بید سیب زمینی رشد می‌کند، اما در اوایل فصل دارای پارازیتیسم کم است و تراکم جمعیت آن در این زمان با جمعیت بید سیب زمینی همخوانی ندارد.



شکل ۵- مقایسه قدرت تخمریزی دو پارازیتوئید *A. subandinus* و *O. lepidus* روی اندام هوایی و غده آلوده سیب زمینی. اختلاف معنی دار برای *A. subandinus* (*P*= ۰/۰۰۸) و بدون اختلاف برای *O. lepidus* (*P*= ۰/۶۲۹).

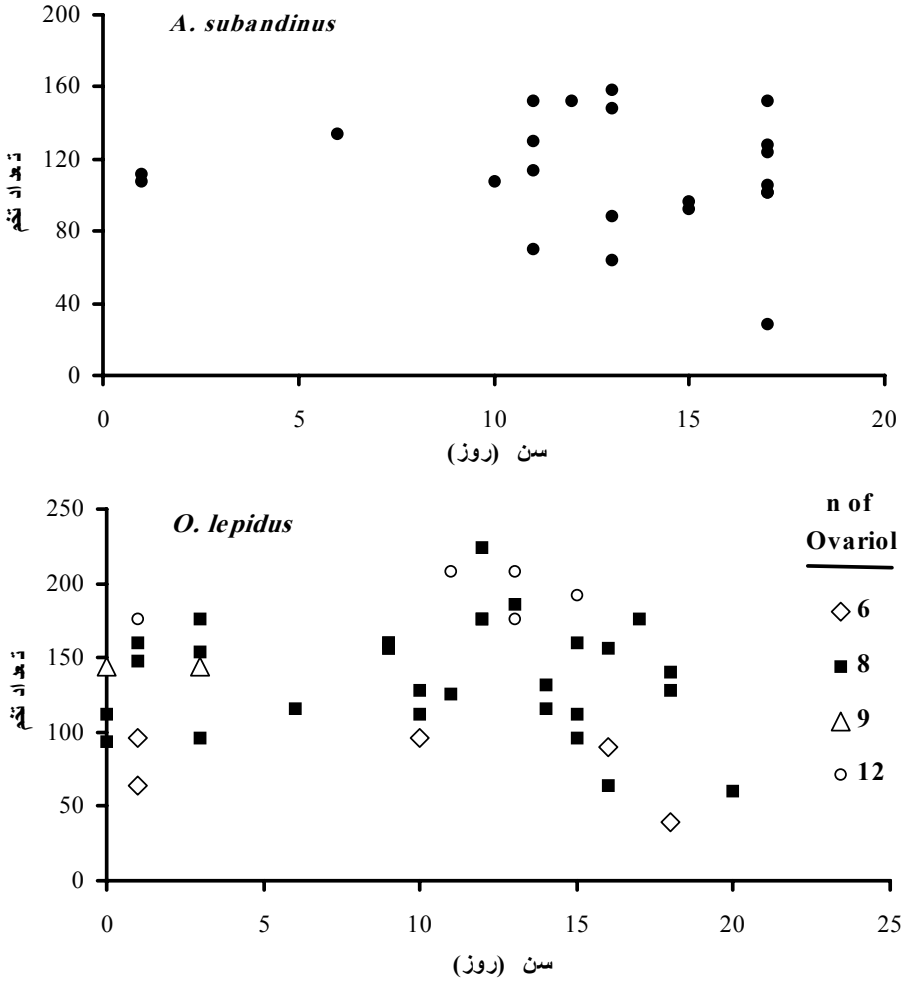


شکل ۶- تعداد تخم گذاشته شده توسط *A. subandinus* و *O. lepidus* در دوره‌های زمانی مختلف مجاورت با تعداد ثابتی از جمعیت میزبان (الف) و تعداد میزبان پارازیته شده توسط دو زنبور در دوره‌های زمانی مختلف در هر ساعت (ب). رابطه خط رگرسیون و ضریب همبستگی برای زنبور *A. subandinus* برابر با $Y= -0.125X + 1.06, r^2= 0.18$ و برای زنبور *O. lepidus* برابر با $Y= -0.052X + 2.074, r^2= 0.78$ در ساعت بوده‌است.



A. *subandinus* *O. lepidus*

شکل ۷- دستگاه تناسلی داخلی دو زنبور *A. subandinus* (با ۲ اُواریول) و *O. lepidus* (با ۱۲-۶ اُواریول در هر تخمدان).



شکل ۸- تعداد تخم تولید شده توسط زنبورهای *A. subandinus* و *O. lepidus* در مراحل مختلف سنی حشره ماده. این زنبورها طول عمر طبیعی داشتند و بدون تخمریزی قبلی بودند.

جدول ۵- نتایج آمارگیری از جمعیت دو پارازیتوئید در دو منطقه از سیب زمینی کاریهای استرالیای جنوبی در مدت ۴ ماه.

منطقه نمونه برداری	اولین نمونه‌گیری	آخرین نمونه‌گیری	کل حشرات	درصد لاروهای پارازیتیسم *A. subandinus*	*O. lepidus*	*Copidosoma sp.*	درصد لاروهای غیر پارازیته
Virginia	۹۷/۰۱/۰۵	۹۷/۰۳/۰۵	۱۲۱۱	٪۱۰/۲	٪۸/۳	٪۱۱/۱	٪۷۰/۶
The AdelaideHills	۹۶/۰۲/۱۰	۹۶/۰۵/۲۷	۶۹۵	٪۱۵/۳	٪۵/5	٪۱۱/۸	٪۶۷/۵

آزمایش چهارم: نسبت جنسی و اندازه پارازیتوئیدها

نتایج بدست آمده از هر دو جمعیت آزمایشگاهی و صحرایی نشان می‌دهد که درصد نرهای هر دو گونه بیشتر از درصد ماده‌های آنها است (جدول ۶). نسبت جنسی نرها به ماده‌های هر دو گونه پرورش یافته در انسکتاریوم بتدریج افزایش داشته‌است. تعداد نرهای تولیدی *A. subandinus* در انسکتاریوم با افزایش نسلها افزایش یافت و این اختلاف در گونه *O. lepidus* به مراتب کمتر بود. این نتایج نشانگر ایجاد تغییرات در رفتار زاد و ولد دو گونه در شرایط انسکتاریوم بخصوص در *A. subandinus* بعد از ۵-۴ نسل است. ساتمر و همکاران در سال ۱۹۹۲ ابراز داشته‌اند که پرورش نسل‌های متمادی Braconid و Ichneumonid در آزمایشگاه باعث تغییرات در آلل‌های جنسی حشره می‌شود و تولید مثل داخلی متوالی سبب افزایش نرها می‌گردد که در تولید انبوه برای مبارزه بیولوژیک مشکل ساز است.

داشتن نسبت جنسی مناسب از مزایای یک پارازیتوئید است (۱۵). چندین عامل در تنظیم نسبت جنسی یک حشره دخالت دارند و محققین این عوامل را در چهار گروه تقسیم کرده‌اند که عبارتند از خصوصیات ظاهری، خصوصیات میزبان، خصوصیات محیط و عواملی که در رفتار جفتگیری حشره تاثیر دارند (۱۱، ۳۰). واگ و همکارن (۱۹۸۵) چندین عامل مؤثر در تنظیم نسبت جنسی حشرات تحت پرورش را مورد بررسی قرار داده اند که مهمترین آنها تکرار پرورش یک کلنی در آزمایشگاه است.

نتایج نشان می‌دهد که اندازه بدن زنبور *A. subandinus* پرورش یافته در انسکتاریوم با آنهایی که از مزرعه جمع‌آوری شده بودند تفاوت وجود داشت. طول بدن و شاخک حشرات پرورش یافته در انسکتاریوم بعد از ۵-۴ نسل کاهش پیدا کرد (جدول ۷). حشرات کامل جمع آوری شده از مزرعه بزرگتر بودند. محققین معتقدند بین اندازه بدن پارازیتوئید و کیفیت میزبانی که در آن پرورش یافته‌اند، ارتباط دیده می‌شود (برای اطلاعات بیشتر به ۱۳ و ۲۶ مراجعه شود). اندازه بدن زنبور *O. lepidus* جمع‌آوری شده از مزرعه با آنهایی که چندین نسل در انسکتاریوم پرورش یافته بودند تفاوتی وجود نداشت و اندازه بدن همه آنها بین ۴ تا ۴/۵ میلیمتر متغیر بود. اندازه بدن برخی از پارازیتوئیدها یک رابطه مستقیم با میزان تغذیه میزبان دارد (۱۳). نتایج این آزمایش نشان میدهد که تکرار پرورش و تغذیه لارو بیدسیب‌زمینی‌درکوچک‌شدن تدریجی زنبور *A. subandinus* دخالت دارند.

جدول ۶- مقایسه بین نسبت جنسی دو زنبور *A. subandinus* و *O. lepidus* در انسکتاریوم و در مزرعه.

پارازیتوئید	انسکتاریوم				مزرعه			
	تعداد*	نر	ماده	ضریب جنسی نر	تعداد*	نر	ماده	ضریب جنسی نر
A. subandinus	۶۳۵ (۲۱)	۴۱۵	۲۲۰	۰/۶۵	۱۲۳ (۱۸)	۷۲	۵۱	۰/۵۹
O. lepidus	۱۵۱۴ (۲۷)	۹۸۰	۵۹۳	۰/۶۲	۱۰۱ (۱۳)	۵۵	۴۶	۰/۵۴

* تعداد کل در انسکتاریوم و (تعداد نمونه).

جدول ۷- مقایسه طول بدن و طول شاخک نرها و ماده‌های *A. subandinus* پرورش یافته در انسکتاریوم و جمع آوری شده از مزرعه.

تعداد	ماده				نر				محل پرورش
	طول بدن*		طول شاخک*		طول بدن*		طول شاخک*		
	میانگین	دامنه	میانگین	دامنه	میانگین	دامنه	میانگین	دامنه	
۲۰	۲/۹±۰/٤	۳/٥-۲/٤	۲/٤±۰/۲	۲/٦-۲/۱	۲/۷±۰/۳	۳/۲-۲/۱	۳/٥±۰/۳	۳/۸-۳/۲	انسکتاریوم
۲۰	۳/۱±۰/۲	۳/۳-۲/۹	۲/٥±۰/۲	۲/۸-۲/۳	۲/۹±۰/۱	۳/۲-۲/۸	۳/٥±۰/۲	٤/۱-۳/٥	مزرعه

* طول به میلیمتر و میانگین ± خطای معیار است.

نتیجه‌گیری

نتایج بدست آمده حاکی است که میزان تخمریزی دو زنبور *A. subandinus* و *O. lepidus* در شرایط مختلف نوسان داشته است. در این آزمایش‌ها مشخص شد که حداقل متغیر تراکم میزبان در تخمریزی روزانه هر دو پارازیتوئید دخالت دارند. علاوه بر این تولید تخم دو گونه به اندازه بدن و تعداد اُواریولهای موجود در تخمدان آنها نیز بستگی دارد. Price در سال ۱۹۷۵ ابراز نمود که بیشترین عامل محدود کننده پارازیتیسم یک زنبور کمیابی میزبان است. نتایج این تحقیق نشان داد که هر گونه افزایش در جمعیت میزبان، پارازیتیسم هر دو گونه به نسبت قابل ملاحظه‌ای زیاد شده است. نتایج با گزارش دی‌باچ و اسمیت در سال ۱۹۴۱ تطابق دارد که دریافتند تعداد میزبان پارازیته شده توسط یک زنبور بستگی دارد به اینکه پارازیتوئید چه تعداد میزبان پیدا کند و این مسئله ارتباط دارد به اینکه تراکم میزبان به چه میزانی باشد.

تعداد تخم تولیدی این پارازیتوئیدها محدود به تعداد تخم گذاشته شده در روز توسط آنها نبود، بلکه با وجود میزبان مناسب، تعدادی از تخمهای تولید شده در تخمدان پارازیتوئیدها باقی می‌ماند. میانگین تخمریزی روزانه *A.. subandinus* و *O. lepidus* بترتیب ۱۳/۵٪ و ۱۵٪ تخمهای موجود در تخمدانهای آنها بود. تشریح تخمدانهای ماده‌ها مشخص نمود که تخمهای رسیده از همان روز اول در تخمدانها وجود دارند، اما اگر شرایط مناسب باشد این تخمها روی میزبان قرار داده می‌شود.

میانگین طول عمر هر دو گونه در تراکم بالای میزبان کمتر از طول عمر آنها در تراکم پائین جمعیت میزبان بود. ماده‌ها در اوایل (۴-۳ روز اول) نسبت به روزهای آخر عمر خود، تخمریزی بیشتری داشتند. بنابراین، حد اکثر تخمریزی تنها به طول عمر ماده‌ها بستگی نداشت.

نسبت نرهای تولید شده توسط *A. subandinus* و *O. lepidus* در تولید آزمایشگاهی بیشتر از نسبت آنها در مزرعه بود و در واقع تغییرات ضریب جنسی هر دو گونه به عواملی نظیر تعداد نسلهای پرورش یافته در آزمایشگاه بستگی داشت.

در مجموع مقایسه نتایج بدست آمده از آزمایشهای مختلف تولید مثلی دو پارازیتوئید با شرایط تعین شده، نشان می‌دهد که اندازه بدن، اندازه تخمدانها و تعداد اُواریولهای *O. lepidus* بزرگتر و بیشتر از *A. subandinus* است و قدرت زاد و ولد آن در تراکم مختلف میزبان در ۲۴ درجه سانتیگراد بیشتر است. در نتیجه تکرار نسلهای پرورش یافته در آزمایشگاه، اندازه بدن ماده‌های *O. lepidus* و تعداد نرهای تولیدی آن تغییری نمی‌کند، در حالیکه در *A. subandinus* اندازه بدن کوچکتر می‌شود و تعداد نرها در تکرار نسلها زیاد می‌شود. طول دوره یک نسل و تعداد نسل در سال در *A. subandinus* بیشتر از *O. lepidus* است (۲۴). هر دو گونه بلافاصله پس از تولد شروع به تخمریزی می‌کنند و نسبت جنسی نر در هر دو گونه پرورش یافته در آزمایشگاه بیشتر از مزرعه است، اما در هر شرایطی قدرت تولید مثل هر دو گونه بیشتر از بید سیب زمینی است.

نتایج آزمایشهای انجام شده نشان دادند که دو گونه با هم مرگ و میر بیشتری در بید سیب زمینی ایجاد می‌کنند، بنابراین می‌توان پیشنهاد نمود در اوایل فصل که جمعیت آفت کمتر و درجه حرارت محیط پائین‌تر است، *A. subandinus* قبل از *O. lepidus* رهاسازی شود تا کارایی مبارزه بیولوژیک با بید سیب زمینی افزایش یابد.

REFERENCES

1. Briese, D. T. (1981). The incidence of parasitism and disease in field populations of the potato moth *Phthorimaea operculella* Zeller in Australia. *Journal of the Australian Entomological Society*. 20, 319-326.
2. Callan, E. M. (1974). Changing status of parasites of potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae) in Australia. *Entomophaga.* 19*,* 97-101.
3. Cardona, C. and Oatman, E. R. (1975). Biology and physical ecology of *Apanteles subandinus* Blanchard (Hymenoptera: Braconidae), with notes on temperature responses of *A. scutellaris* Muesebeck its host, the potato tuber worm. *Hilgardia*. 43*,* 1-51.
4. Das, G. P. 1995. Plants used in controlling the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller). *Crop protection.* 14*,* 631-636.
5. DeBach, P. and Smith, H. S. 1941. The effect of host density on the rate of reproduction of entomophagous parasites. *Journal of Ecological Entomology.* 34*,* 741-745.
6. Dempster, J. P. 1975. *Animal Population Ecology*. Academic. New York and London.
7. Dowel, R. 1978. Ovary structure and reproductive biologies of larval parasitoids of the alfalfa weevil (Coleoptera: Curculionidae). *The Canadian Entomologist*. 110*,* 507-512.
8. Engelmann, F. 1984. *Reproduction in Insects*. Wiley, New York.
9. Finney, G. L., Flanders, S. E. and Smith, H. S. (1947). Mass culture of *Macrocentrus ancylivorus* and its host, the potato tuber moth. *Hilgardia.* 13, 437-483.
10. Flanders, S. E. 1950. Effect of host density on parasitism. *Journal of Economic Entomology.* 28*,* 898-900.
11. Flanders, S. E. 1965. Competition and cooperation among parasitic Hymenoptera: related to biological control. *The Canadian Entomologist.* 97, 409-422.
12. Franzmann, B. A. (1980). Parasitism of *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae) larvae in Queensland. *Entomophaga*. 25, 369-372.
13. Godfray, H. C. J. 1994. *Parasitoids: behavioral and evolutionary ecology*. Princeton University Press, New Jersey.
14. Horne, P. A. 1990. The influence of introduced parasitoids on the potato moth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae) in Australia. *Bulletin of Entomological Research*. 80*,* 159-163.
15. Jackson, D. J. 1966. Observations on the biology of *Caraphractus cinctus* Walker (Hymenoptera: Mymaridae), a parasitoid of the eggs of Dytiscidae (Coleoptera) III. The adult life and sex ratio. *Transactions of the Royal Entomological Society of London.* 118, 23-49.
16. Jervis, M. and Kidd, N. 1996. *Insect Natural Enemies, Practical approaches to their study and evaluation.* Chapman and Hall, London.
17. Kabir, A. (1994). Laboratory studies on the oviposition and generation production of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae). *Bangladesh Journal of Zoology*. 22, 25-28.
18. Lane, P. W. and Payne, R. W. 1996. *Genstat for windows: an introductory course*. Oxford University Press, New York.
19. Le Masurier, A. D. 1987. A comparative study of the relationship between host size and brood size in *Apanteles* spp. (Hymenoptera: Braconidae). *Ecological Entomology.* 12*,* 383-393.
20. Nealis, V. G., Jones, R. E. and Wellington, W. G. 1984. Temperature and development in host-parasite relationships. *Oecologia.* 61*,* 224-229.
21. Oatman, E. R., Platner, G. R. and Greany, P. D. (1969). The biology of *Orgilus lepidus* (Hymenoptera: Braconidae), a primary parasite of the potato tuber worm. *Annals of the Entomological Society of America.* 62, 1407-1414.
22. Price, P. W. 1975. Reproductive strategies of parasitoids. *Evolutionary Strategies of Parasitoids.* (ed. by P. W. Price), pp. 87-111. Plenum, New York.
23. Rothschild, G. H. L. 1986. The potato moth- an adaptable pest of short-term cropping systems. *The Ecology of Exotic Animals and Plants* (ed. by R. L. Kitching), pp. 144-162. John Wiley, Brisbane.

24. Salehi, L. and Keller, M. A. 2001. Investigation on host finding behavior of the two parasitoids of potato tuber moth in a flight tunnel. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 4.
25. Sankaran, T. and Girling, D. J. 1980. The current status of biological control of the potato tuber moth. *Biocontrol Commonwealth Institute Biological Control.* 1, 207-211.
26. Southamer, R., Luck, R. F. and Werren, J. H. 1992. Genetics of sex determination and the improvement of biological control using parasitoids. *Environmental Entomology.* 21, 427-435.
27. Southwood, T. R. E. 1978. *Ecological methods with particular reference to the study of insect populations*. John Wiley and Sons, New York.
28. Varela, L. G. and Bernays, E. A. 1988. Behaviour of newly hatched potato tuber moth larvae, *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae), in relation to their host plants. *Journal of Insect behaviour.* 1, 161-275.
29. Waage, J. K., Mills, N. J. and Greathead, D. J. (1985). Rearing entomophagous insects. *Handbook of Insect Rearing.* (ed. by P. Singh and R. F. Moore), pp. 45-66. Elsvier, Amsterdam.
30. Wylie, H. G. 1973. Control of egg fertilisation by *Nasonia vitripennis* Walk. (Hymenoptera: Pteromalidae) when laying on parasitised housefly pupae. *The Canadian Entomologist*. 97*,* 709-718.
31. Zar, J. H. (1984). *Biostatistical analysis.* Prentice-Hall International, London.

Iranian, J. Agric. Sci., Vol. 34, No. 1, 2003

A Study on Reproductive Capacities and Rate in Parasitism of Two Parasitoids of Potato Tuber Moth

L. SALEHI
Assistant Professor, Faculty of Agriculture, University of Guilan, Rasht, Iran
Accepted Oct., 30, 2002

SUMMARY

Reproductive capacities of two braconid wasps, *Apanteles subandinus* and *Orgilus lepidus*, endoparasitoids of larval potato tuber moth (PTM), *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae)were investigated. The results showed following advantages of the two parasitoids when their reproductive capacity was compared: 1) The realised fecundity of *O. lepidus* is higher than *A. subandinus* when they expose to various densities of PTM at 24°C; 2) female *O. lepidus* has a greater number of ovarioles that allow it to produce more eggs than *A. subandinus*; 3) in both species, there is essentially no preoviposition period; 4) female *O. lepidus* does not decrease in size in laboratory, but *A. subandinus* becomes smaller when kept in continuously laboratory culture, perhaps due to inbreeding; 4) fecundity of female *A. subandinus* is higher than *O. lepidus* at high temperature; 5) *A. subandinus* has the advantages of shorter developmental time and more generations per annum than *O. lepidus*; 6) both species have greater fecundity than their host. The results indicate that these species should cause complementary mortality of PTM and thereby increase the degree of biological control than either species alone.

Key words: Reproductive, *Phthorimaea operculella*, *Apanteles subandinus*, *Orgilus lepidus*