

## امکان سنجی پرورش انبوه سن شکارگر *Andrallus spinidens* Fabricius روی لارو شب پره هندی *Plodia interpunctella* Hübner در شرایط آزمایشگاهی: پیوند جدول زندگی و نرخ شکارگری

سیده راضیه موسوی<sup>۱</sup>، آزاده کریمی ملاطی<sup>۱\*</sup>، احد صحراگرد<sup>۱</sup> و مهدی جلائیان<sup>۲</sup>

۱- گروه گیاه پزشکی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران، ۲- بخش تحقیقات گیاه پزشکی، موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۵

### چکیده

سن شکارگر *Andrallus spinidens* Fabricius از شکارگرهای مهم مزارع برنج در شمال کشور است. در پژوهش حاضر، پراسنجه-های جدول زندگی و نرخ شکارگری این سن با تغذیه از لارو *Plodia interpunctella* Hübner در شرایط آزمایشگاهی بررسی شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها بر اساس نظریه سن-مرحله رشدی دوجنسی و نظریه نرخ مصرف دوجنسی صورت گرفت. بر اساس نتایج به دست آمده، کل دوره رشدی قبل از بلوغ برای جنس نر و ماده به ترتیب  $23/39 \pm 0/23$  و  $23/66 \pm 0/29$  روز بود. طول دوره پیش از تخمگذاری (APOP) و طول کل دوره پیش از تخمگذاری (TPOP) به ترتیب  $7/46 \pm 0/21$  و  $31/07 \pm 0/41$  روز محاسبه شد. نرخ ذاتی افزایش جمعیت ( $r$ )، نرخ متناهی افزایش جمعیت ( $\lambda$ )، نرخ خالص تولیدمثل ( $R_0$ ) و متوسط طول یک نسل ( $T$ ) به ترتیب  $0/136 \pm 0/004$  بر روز،  $1/146 \pm 0/005$  بر روز،  $188/52 \pm 26/61$  نتاج به ازای هر فرد و  $38/54 \pm 0/49$  روز برآورد شد. میانگین نرخ شکارگری کل مراحل پورگی  $21/70 \pm 0/80$  لارو بود. همچنین میزان شکار خورده شده توسط پوره‌های جنس ماده به صورت معنی‌داری بیش‌تر از پوره‌های جنس نر بود. حشرات بالغ ماده از  $101/93 \pm 5/32$  عدد لارو و حشرات بالغ نر از  $96/43 \pm 4/8$  لارو شب پره هندی تغذیه کردند. علاوه بر این، نرخ خالص شکارگری ( $C_0$ ) سن آندرالوس  $104/32 \pm 6/22$  لارو به ازای هر شکارگر بود. نرخ تبدیل شکار خورده شده به نتاج ( $Q_p$ ) نشان داد که سن شکارگر *A. spinidens* برای تولید یک تخم بارور به  $0/55$  لارو *P. interpunctella* نیاز داشت. با توجه به پراسنجه‌های نرخ شکارگری و جدول زندگی، به نظر می‌رسد می‌توان لارو شب پره هندی را به عنوان یک طعمه واسط مناسب برای پرورش سن آندرالوس در نظر گرفت.

**واژه‌های کلیدی:** سن آندرالوس، جمعیت‌نگاری، کارایی شکارگر، نرخ مصرف

## مقدمه

تاکنون بررسی‌های زیادی در مورد زیست‌شناسی، پویایی جمعیت و اثرات جانبی آفت‌کش‌های شیمیایی روی کارایی این حشره شکارگر صورت گرفته است (Mohaghegh and Amir-Maafi, 2007; Shintani et al., 2010; Gholamzadeh-Chitgar et al., 2015). طول کل دوره پورگی سن شکارگر آندرالوس از ۱۸/۲۵ روز روی لارو پروانه موم خوار *Galleria mellonella* L. (Ghaninia et al., 2002) تا حدود ۳۵ روز روی لارو *S. littoralis* (Khodaverdi et al., 2012) متغیر بود. در پژوهشی دیگر طول دوره پورگی با تغذیه از *Spodoptera mauritia* (Boisduval) ۱۸/۵۴ روز برآورد شد (Shanker et al., 2017). علاوه بر این، بررسی‌های مختلف نشان داد که طول عمر حشرات بالغ ماده سن آندرالوس بیش‌تر از نرها بود (Javadi et al., 2005; Shanker et al., 2017). بر اساس گزارش‌ها میانگین تخمگذاری حشرات بالغ ماده *A. spinidens* با تغذیه از شکارهای مختلف، متفاوت بوده است؛ به طوری که میانگین تخمگذاری این حشره با تغذیه از لارو *S. littoralis* ۲۵۹، ۳۴۲/۵۸ و ۳۵۲ تخم محاسبه شد (Ghaninia and Ebadi, 2004; Khodaverdi et al., 2012; Shanker et al., 2017).

جدول زندگی یک ابزار مناسب در ارزیابی کارایی دشمنان طبیعی است و نقش به‌سزایی در تخمین میزان موفقیت یک دشمن طبیعی در کنترل آفات ایفا می‌کند (Fathipour et al., 2004; Yu et al., 2013). عوامل مختلفی بر پراسنجه‌های جدول زندگی یک شکارگر موثر است که از جمله می‌توان به دما (Jafari et al., 2002; Zamani et al., 2006)، نوع گیاه میزبان آفت برای شکارگران (Hu et al., 2010; Xiu-Hua et al., 2010) و نوع طعمه (Kalushkov and Hodek, 2004; Farhadi et al., 2011; Yu et al., 2013) اشاره کرد. همچنین از جدول زندگی می‌توان برای ارزیابی رژیم‌های غذایی مختلف در پرورش انبوه یک دشمن طبیعی استفاده کرد تا بدین ترتیب میزبان یا شکار واسط مناسب شناسایی

سن شکارگر *Andrallus spinidens* Fabricius در بسیاری از نقاط مختلف دنیا پراکنش دارد (Rajendra and Patel, 1971; Manley, 1982) و به‌عنوان شکارگر عمومی لارو بالپولکداران به ویژه در آسیا مورد توجه قرار گرفته است (Nageswara, 1965; Singh and Singh, 1988; Mohaghegh and Najafi, 2003)؛ به طوری که برخی پژوهش‌ها نشان از اهمیت سن آندرالوس در کاهش جمعیت لارو *Helicoverpa armigera* Hübner در مزارع یونجه و باقلا، لارو *Diacrisia obliqua* Walker (Lep.: Arctiidae) و نیز لارو *Rivula* sp. (Lep.: Erebidae) در مزارع سویا داشت (Rajendera and Patel, 1971; Singh and Gangrade, 1975; Singh and Singh, 1988). این سن شکارگر در مزارع برنج نیز در کنترل آفاتی مانند لارو پروانه تک نقطه‌ای *Mythimna unipuncta* (Haworth) کرم سبز برگ‌خوار *aenescens* Moore و ساقه‌خوار نواری برنج *Chilo suppressalis* (Walker) موثر بود (Mohaghegh and Najafi, 2003; Mohaghegh and Amir-Maafi, 2007). این شکارگر همچنین به‌عنوان عامل کارای کنترل بیولوژیک علیه *Spodoptera littoralis* Boisduval در مزارع چغندر قند معرفی شده است (Khodaverdi et al., 2012).

بررسی‌های زیست‌شناسی سن *A. spinidens* نشان داد که این شکارگر در شرایط آب و هوایی مازندران پنج نسل و در گیلان سه نسل در سال دارد. در ایران زمستان‌گذرانی این شکارگر به‌صورت حشره کامل گزارش شده است (Javadi et al., 2005). همچنین بررسی‌های آزمایشگاهی در ژاپن نشان داد که دیابوز این سن شکارگر بدون در نظر گرفتن دوره نوری در دماهای پایین‌تر از ۲۲/۵ درجه سلسیوس اتفاق افتاد و در دماهای بالاتر از ۲۵ درجه سلسیوس دیابوز صورت نگرفت (Shintani et al., 2010).

شکار خورده شده توسط یک شکارگر در طول زندگی با در نظر گرفتن نرخ زنده‌مانی است و اهمیت آن زمانی بیش‌تر مشخص می‌شود که میزان شکار خورده شده توسط افراد نر و ماده در مراحل مختلف سن-مرحله رشدی متفاوت باشد (Chi and Yang, 2003; Farhadi *et al.*, 2016; Tuan *et al.*, 2011). شایان ذکر است که با استفاده از نسبت نرخ خالص شکارگری ( $C_0$ ) به نرخ خالص تولیدمثل ( $R_0$ ) یک شکارگر می‌توان تعداد شکار مورد نیاز برای شکارگر به منظور تولید یک تخم بارور را محاسبه کرد که همان نرخ تبدیل شکار مصرف شده به نتاج ( $Q_p$ ) می‌باشد (Chi and Yang, 2003).

پژوهشگران میزان تغذیه مراحل مختلف پورگی و حشرات بالغ سن شکارگر *A. spinidens* از طعمه‌های مختلف را مورد بررسی قرار داده‌اند (Mohaghegh and Najafi, 2003; Javadi *et al.*, 2005; Shanker *et al.*, 2017). در یک پژوهش نشان داده شد که پوره‌های سن اول سن آندرالوس نیازی به تغذیه از شکار ندارند، اما میزان تغذیه از پوره سن دوم به بعد افزایش یافت، به طوری که پوره سن پنجم و حشرات بالغ سن شکارگر آندرالوس هر روز به ترتیب ۱/۴۴ و ۱/۸۷ لارو کرم سبز برگ‌خوار برنج را در شرایط مزرعه مورد تغذیه قرار دادند (Mohaghegh and Najafi, 2003). با این حال، بر اساس بررسی‌های جوادی و همکاران (Javadi *et al.*, 2005)، پوره‌های سن دوم تا پنجم سن شکارگر *A. spinidens* هر روز به ترتیب از ۲/۲، ۳، ۴/۸ و ۵/۴ لارو کرم سبز برگ‌خوار برنج تغذیه کردند. همچنین میزان شکار حشرات بالغ نر و ماده به ترتیب ۸/۸ و ۹/۳ لارو در هر روز بود. در پژوهشی دیگر میانگین تعداد لاروهای *S. mauritia* شکار شده در هر روز توسط پوره‌های سن دوم تا پنجم سن آندرالوس به ترتیب ۱/۸، ۳/۳۳، ۷/۱۸ و ۱۹/۲۵ لارو گزارش شد (Shanker *et al.*, 2017).

بر اساس بررسی منابع صورت گرفته، تاکنون پژوهشی در مورد استفاده از لارو شب‌پره هندی به عنوان یک شکار واسطه محتمل برای پرورش سن آندرالوس صورت نگرفته است و از آن جا که هر دو جنس نر و ماده سن آندرالوس

شود (Yu *et al.*, 2013). در مورد امکان پرورش سن آندرالوس روی رژیم‌های غذایی مختلف، پژوهش‌هایی به صورت پراکنده انجام گرفته است که در آن‌ها پراسنجه‌های جدول زندگی بررسی نشده است. محقق و امیرمعافی (Mohaghegh and Amir-Maafi, 2007) اظهار داشتند سن آندرالوس از لاروهای زنده و منجمد پروانه موم‌خوار و بید آرد در نبود شکار اصلی تغذیه می‌کند. در پژوهشی دیگر با تغذیه پوره‌های *A. spinidens* از لاروهای مختلف، مشخص شد وزن پوره‌های سن آندرالوس تحت تاثیر گونه شکار مورد استفاده قرار دارد، به طوری که پوره‌های سن پنجم با تغذیه از لارو *G. mellonella* و *C. suppressalis* بیش‌ترین وزن را داشتند (Sorkhabi-Abdolmaleki *et al.*, 2013). به طور کلی، تاکنون پژوهش‌های محدودی در مورد پراسنجه-های جدول زندگی سن آندرالوس صورت گرفته است. خداوردی و همکاران (Khodaverdi *et al.*, 2012) با بررسی پراسنجه‌های جدول زندگی سن آندرالوس روی لارو *S. littoralis* نرخ ذاتی افزایش جمعیت ( $r$ ) و طول دوره یک نسل ( $T$ ) این سن شکارگر را به ترتیب ۰/۰۸۲ بر روز و ۵۸/۶ روز گزارش کردند. غلامزاده چیتگر و همکاران (Gholamzadeh-Chitgar *et al.*, 2015) در بررسی اثرات زیر کشنده سموم شیمیایی، نرخ ذاتی افزایش جمعیت سن آندرالوس در تیمار شاهد را ۰/۰۹۳ بر روز گزارش کردند. در پژوهشی دیگر غلظت‌های زیرکشنده *Beauveria bassiana* (Balsamo) پراسنجه‌های جدول زندگی سن شکارگر آندرالوس را با تغذیه از لارو پروانه موم‌خوار نسبت به تیمار شاهد تغییر نداد (Gholamzadeh-Chitgar *et al.*, 2017).

در تعیین کارایی یک شکارگر، علاوه بر پراسنجه‌های جدول زندگی باید از نرخ شکارگری نیز استفاده کرد. به عبارتی نرخ شکارگری ویژه سن-مرحله رشدی ( $C_{ij}$ )، به درستی تفاوت در تعداد شکار خورده شده توسط افراد جمعیت در مراحل مختلف رشدی را نشان می‌دهد (Tuan *et al.*, 2016). نرخ خالص شکارگری ( $C_0$ ) میانگین کل

شد. برای تامین رطوبت و همچنین تحریک برای تخم‌گذاری بیش‌تر، از گیاه بندواش *Paspalum distichum* L. که در انتهای آن پنبه مرطوب قرار داشت، داخل ظرف استفاده شد (Shintani et al., 2010). برای تامین بستر مناسب برای تخم‌گذاری و همچنین جلوگیری از تخم‌گذاری حشرات ماده روی دیواره ظرف، تکه‌های کاغذ سفید (۵×۱۵ سانتی‌متر) به‌شکل بادبزی در دیواره ظرف نصب شد. همچنین لارو شب‌پره هندی به تعداد کافی و به صورت روزانه برای تغذیه در اختیار حشرات بالغ *A. spinidens* قرار داده می‌شد. سپس ظرف‌های تخم‌گذاری به اتاقک رشد (دمای  $26 \pm 2$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $65 \pm 10$  درصد و دوره نوری ۸:۱۶ ساعت) منتقل شدند. پس از پرورش یک نسل از سن شکارگر روی لارو *P. interpunctella* در آزمایشگاه، برای به‌دست آوردن تخم‌های هم‌سن *A. spinidens* ظرف‌های تخم‌گذاری به صورت روزانه مورد بررسی قرار گرفتند و کاغذهای حاوی تخم در فواصل ۲۴ ساعت جمع‌آوری شدند. کاغذها، برگ‌ها و ساقه‌های گیاه بندواش حاوی تخم به ظرف‌های پلاستیکی شفاف (۳×۵/۵×۷ سانتی‌متر) منتقل شدند. برای حفظ رطوبت، داخل ظروف پنبه مرطوب گذاشته شد.

### تعیین پراسنجه‌های جدول زندگی و نرخ شکارگری

آزمایش با ۶۵ عدد تخم هم‌سن آغاز شد. پس از تفریح تخم‌ها، پوره‌های سن اول به‌دلیل داشتن زندگی تجمعی در همان ظرف باقی ماندند و ساقه گیاه بندواش در اختیار آن‌ها قرار گرفت. به‌دلیل عدم تغذیه پوره‌های سن اول، لارو شب‌پره هندی در اختیار آن‌ها قرار نگرفت. پس از پوست‌اندازی این پوره‌ها، هر کدام از پوره‌های سن دوم به ظرف‌های جداگانه‌ای (قطر ۶ و ارتفاع ۴ سانتی‌متر) که شماره‌گذاری شده بودند، منتقل شدند. به‌منظور سهولت در پوست‌اندازی و عدم آسیب به پوره‌ها در هنگام پوست‌اندازی (مشاهدات شخصی)، از گیاه بندواش که در انتهای آن پنبه مرطوب برای حفظ رطوبت قرار داشت، داخل ظرف‌ها استفاده شد. روزانه ۱۵ عدد لارو سن چهارم

هم در مرحله پورگی و هم بلوغ رفتار شکارگری دارند، بررسی پراسنجه‌های جدول زندگی و نرخ شکارگری آن می‌تواند اطلاعات ارزشمندی در مورد کارایی این شکارگر در اختیار ما قرار دهد. بنابراین، هدف از این پژوهش تعیین پراسنجه‌های جدول زندگی و نرخ شکارگری *A. spinidens* با تغذیه از لارو شب‌پره هندی *Plodia interpunctella* Hübner برای توصیف اکولوژی تغذیه‌ای این شکارگر مهم بود.

### مواد و روش‌ها

#### پرورش شب‌پره هندی *P. interpunctella*

کلنی اولیه شب‌پره هندی *P. interpunctella* از موسسه تحقیقات برنج کشور تهیه شد. برای تخم‌گذاری، حشرات نر و ماده به قیف‌هایی (قطر ۹ و ارتفاع ۸ سانتی‌متر) که دو طرف آن به‌وسیله توری پوشیده شده بود، منتقل شدند. در زیر قیف، برگه کاغذ برای جمع‌آوری تخم‌های شب‌پره هندی گذاشته شد. پس از ۴۸ ساعت، تخم‌ها جمع‌آوری و به ظرف‌های پلاستیکی (۵×۵/۵×۱۲ سانتی‌متر، ارتفاع×عرض×طول) حاوی غذای مصنوعی منتقل شدند. ترکیب غذای مصنوعی شامل ۸۰۰ گرم سبوس گندم، ۱۶۰ گرم مخمر آبجوی خشک، ۲۰۰ سی‌سی گلیسرول و ۲۰۰ سی‌سی عسل بود (Sait et al., 1997). برای جلوگیری از رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا، یک گرم اسید سوربیک به این ترکیب اضافه شد. پرورش شب‌پره هندی در اتاقک رشد در دمای  $28 \pm 2$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $65 \pm 10$  درصد و دوره نوری ۱۴:۱۰ ساعت (روشنایی: تاریکی) انجام شد.

#### پرورش سن شکارگر *A. spinidens*

جمعیت اولیه سن شکارگر *A. spinidens* از درختان توت آلوده به لارو برگ‌خوار توت *Glyphodes pyloalis* Walker از مرکز تحقیقات ابریشم کشور جمع‌آوری شد. تعداد پنج جفت حشره نر و ماده برای جفت‌گیری در یک ظرف پلاستیکی شفاف (قطر ۱۵ و ارتفاع ۱۴ سانتی‌متر) قرار داده شدند و روی درب آن، سوراخ‌هایی برای تهویه ایجاد

شب‌پره هندی برای تغذیه در اختیار پوره‌های سنین مختلف و حشره بالغ قرار می‌گرفت. ظرف‌های پرورش پوره‌ها تا زمان ظهور حشرات کامل به‌صورت روزانه مورد بررسی قرار گرفتند و در هر بازبینی غذای آن‌ها تجدید می‌شد. همچنین ظرف‌های پرورش روزانه تمیز و هر دو روز یک‌بار گیاه بندواش تعویض می‌شد. بدین ترتیب طول دوره رشدی مراحل مختلف، تعداد لاروهای شکار شده و میزان مرگ و میر سن آندرالوس در هر مرحله ثبت شد. حشرات کامل نر و ماده بعد از ظهور با هم جفت شدند و به ظرف‌های مجزا (قطر ۱۰ و ارتفاع ۸ سانتی‌متر) منتقل شدند. ظرف‌های تخم‌گذاری روزانه مورد بررسی قرار می‌گرفتند و تخم‌های گذاشته شده در هر روز شمارش و به ظرف‌های جداگانه‌ای منتقل می‌شدند تا درصد نفریخ تخم محاسبه شود. شمارش تخم‌ها و تعداد شکار خورده شده توسط حشرات کامل تا زمان مرگ آخرین فرد ادامه یافت.

### تجزیه‌های آماری

پس از تعیین داده‌های مربوط به طول دوره‌های مختلف زیستی، درصد مرگ و میر و نیز میزان تخم‌گذاری سن شکارگر *A. spinidens* با تغذیه از لارو *P. interpunctella* پراسنجه‌های جدول زندگی شکارگر با استفاده از روش جدول زندگی دوجنسی سن-مرحله رشدی (Chi, 1988) و با استفاده از نرم‌افزار TWOSEX-MSChart محاسبه شدند (Chi, 2019b). میانگین و خطای استاندارد با استفاده از روش بوت‌استرپ با ۱۰۰۰۰۰ تکرار تخمین زده شد (Huang and Chi, 2012). برای مقایسه میانگین‌ها از روش بوت‌استرپ جفت‌شده در سطح ۵ درصد استفاده شد (Efron and Tibshirani, 1993; Chi, 2019b). همچنین پراسنجه‌های شکارگری شامل نرخ شکارگری ویژه سن-مرحله رشدی ( $C_{xj}$ )، نرخ شکارگری ویژه سن ( $k_x$ )، نرخ خالص شکارگری ویژه سن ( $q_x$ ) و نرخ خالص شکارگری ( $C_0$ ) به همراه نسبت نرخ خالص شکارگری به نرخ خالص تولیدمثل ( $Q_p$ ) با استفاده از نظریه نرخ شکارگری دوجنسی و با استفاده از نرم‌افزار

### نتایج و بحث

در پژوهش حاضر سن شکارگر آندرالوس تمام مراحل رشدی خود را با تغذیه از لارو شب‌پره هندی کامل کرد. نتایج حاصل از بررسی طول دوره‌های رشدی سن شکارگر *A. spinidens* با تغذیه از لارو *P. interpunctella* در شرایط آزمایشگاهی در جدول ۱ نشان داده شده است. از ۶۵ عدد تخم هم‌سن استفاده شده در ابتدای آزمایش، ۶۱ تخم نفریخ شدند. مقایسه طول دوره رشدی مراحل مختلف پورگی بین جنس نر و ماده نشان داد که تنها در سن چهارم پورگی بین جنس نر و ماده اختلاف معنی‌دار وجود داشت ( $P=0/012$ ). بدین ترتیب بین طول کل دوره پیش از بلوغ برای جنس نر و ماده اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ( $P=0/47$ ) و به ترتیب  $23/39 \pm 0/23$  و  $23/66 \pm 0/29$  روز برآورد شد. در بررسی‌های انجام شده توسط غنی‌نیا و همکاران (Ghaninia et al., 2002) طول دوره پیش از بلوغ سن شکارگر *A. spinidens* به ترتیب روی لاروهای برگ‌خوار چغندر قند ۲۹/۹۷ روز، بید آرد ۳۰/۲۵ روز، ساقه-خوار نواری برنج ۲۸/۸۲ روز و لارو موم‌خوار ۲۵/۷۵ روز برآورد شد. علاوه بر این، طول کل دوره رشدی از تخم تا ظهور حشره بالغ سن شکارگر *A. spinidens* روی لاروهای پروانه کرم سبز برگ‌خوار برنج و ساقه‌خوار نواری برنج به ترتیب  $33/33$  و  $35/0$  روز برآورد شد (Javadi et al., 2005). در پژوهشی دیگر، میانگین طول دوره پیش از بلوغ این شکارگر روی لاروهای *S. litura* برابر ۳۲ روز گزارش شد (Uematsu, 2006). نتایج حاصل از بررسی خدآوردی و همکاران (Khodaverdi et al., 2012) روی ویژگی‌های زیستی *A. spinidens* با تغذیه از لاروهای سن چهارم *S. littoralis* نیز نشان داد که میانگین طول دوره پیش از بلوغ برای جنس نر و ماده به ترتیب  $35/07$  و  $35/67$  روز بود. بدین ترتیب طول دوره پیش از بلوغ (تخم تا ظهور حشرات بالغ) سن شکارگر *A. spinidens* در پژوهش

ترتیب ۴۸/۵ و ۴۷/۹ روز برآورد شد (Mohaghegh and Amir-Maafi, 2007). در حالی که غلام‌زاده چیتگر و همکاران (Gholamzadeh-Chitgar et al., 2015) طول عمر حشرات بالغ نر و ماده *A. spinidens* را با تغذیه از لارو موم‌خوار به ترتیب ۳۱/۹ و ۲۱/۷۵ روز گزارش کردند. علاوه بر این، یافته‌های پژوهش حاضر موید آن بود که میانگین کل دوره زندگی حشرات نر و ماده سن آندرالوس اختلاف معنی‌داری داشتند ( $P=0/04$ ).

حاضر، کوتاه‌تر از پژوهش‌های اشاره شده در بالا بود. شایان ذکر است که کیفیت منابع غذایی بر طول دوره‌های رشدی عوامل کنترل بیولوژیک موثر است، به طوری که کوتاه بودن دوره رشدی یکی از نشانه‌های مطلوبیت شکار برای یک شکارگر است (Du et al., 2004).

بر اساس نتایج پژوهش حاضر، طول عمر حشرات بالغ نر ( $36/1 \pm 52/96$  روز) به صورت معنی‌داری کوتاه‌تر از طول عمر حشرات بالغ ماده ( $42/2 \pm 72/48$  روز) بود ( $P=0/04$ ). در یک پژوهش طول عمر حشرات بالغ نر و ماده سن آندرالوس روی لارو زنده پروانه موم‌خوار به

جدول ۱- طول دوره رشدی و نرخ شکارگری (میانگین  $\pm$  خطای معیار) مراحل مختلف سن شکارگر *Andrallus spinidens* با تغذیه از لارو *Plodia interpunctella* در شرایط آزمایشگاهی

Table 1. Developmental time and consumption rate (mean  $\pm$  SE) of different stages of *Andrallus spinidens* fed on *Plodia interpunctella* larva under laboratory conditions

Stage	n	Developmental time			P	Consumption rate			P
		♂+♀	♀	♂		♂+♀	♀	♂	
Egg	61	7.00 $\pm$ 0.00	7.00 $\pm$ 0.00	7.00 $\pm$ 0.00	ns	-	-	-	
Instar I	61	2.05 $\pm$ 0.03	2.07 $\pm$ 0.05	2.04 $\pm$ 0.04	ns	-	-	-	
Instar II	58	4.03 $\pm$ 0.11	3.86 $\pm$ 0.15	4.13 $\pm$ 0.17	ns	3.07 $\pm$ 0.17	2.86 $\pm$ 0.25	3.39 $\pm$ 0.26	ns
Instar III	55	3.05 $\pm$ 0.1	3.10 $\pm$ 0.15	2.96 $\pm$ 0.13	ns	3.71 $\pm$ 0.21	3.93 $\pm$ 0.28	3.52 $\pm$ 0.31	ns
Instar IV	54	3.00 $\pm$ 0.06	3.10 $\pm$ 0.41	2.83 $\pm$ 0.08	*	5.09 $\pm$ 0.28	5.66 $\pm$ 0.42	4.39 $\pm$ 0.32	*
Instar V	52	4.48 $\pm$ 0.08	4.52 $\pm$ 0.51	4.43 $\pm$ 0.12	ns	9.83 $\pm$ 0.33	10.28 $\pm$ 0.46	9.26 $\pm$ 0.43	ns
Preadult	52	23.54 $\pm$ 0.19	23.66 $\pm$ 0.29	23.39 $\pm$ 0.23	ns	21.70 $\pm$ 0.80	22.72 $\pm$ 0.85	20.57 $\pm$ 0.54	*
Adult	52	39.98 $\pm$ 1.68	42.72 $\pm$ 2.48	36.52 $\pm$ 1.96	*	99.5 $\pm$ 3.85	101.93 $\pm$ 5.32	96.43 $\pm$ 4.8	ns
Life span	52	63.52 $\pm$ 1.69	66.38 $\pm$ 2.5	59.91 $\pm$ 1.95	*	121.1 $\pm$ 3.89	124.66 $\pm$ 5.73	116.99 $\pm$ 5.57	ns

Standard errors were estimated by using 100,000 bootstraps. Means followed by \* are significantly different between female and male by using paired bootstrap test at the 5% significance level.

نشان داد کل دوره پیش از تخم‌گذاری (TPOP) که از مرحله تخم تا شروع اولین تخم‌گذاری بود،  $31/07 \pm 0/41$  روز طول کشید. در حالی که در بررسی غنی‌نیا و همکاران (Ghaninia et al., 2002) طول کل دوره پیش از تخم‌گذاری (TPOP) سن آندرالوس روی لارو بید آرد و لارو پروانه موم‌خوار به ترتیب  $45/25$  و  $39/5$  روز برآورد شد که طولانی‌تر از پژوهش حاضر بود. خداوردی و همکاران (Khodaverdi et al., 2012) نیز برای سن *A. spinidens* پرورش یافته روی لارو *S. littoralis*، طول

نتایج مربوط به پراسنجه‌های تولیدمثلی سن شکارگر *A. spinidens* روی لارو *P. interpunctella* در جدول ۲ قابل مشاهده است. بر اساس نتایج پژوهش حاضر، طول دوره پیش از تخم‌گذاری حشرات کامل (APOP) که عبارت است از زمان ظهور حشره بالغ تا زمان اولین تخم‌گذاری،  $7/46 \pm 0/21$  روز بود. به صورت مشابه، طول دوره پیش از تخم‌گذاری (APOP) افراد ماده سن شکارگر *A. spinidens* با تغذیه از لاروهای سن سوم تا پنجم *S. litura* ۷-۸ روز بود (Uematsu, 2006). یافته‌های حاضر

نتایج مربوط به پراسنجه‌های جدول زندگی سن شکارگر *A. spinidens* در جدول ۲ نشان داده شده است. در پژوهش حاضر نرخ ذاتی افزایش جمعیت ( $r$ ) سن شکارگر *A. spinidens* روی لارو شب‌پره هندی  $0.136 \pm 0.104$  (بر روز) محاسبه شد. در سایر پژوهش‌های صورت گرفته مقدار این پراسنجه روی لارو *S. littoralis* و لارو *G. mellonella* کم‌تر و به ترتیب  $0.108$  و  $0.093$  بر روز گزارش شده است (Khodaverdi et al., 2012; Gholamzadeh-Chitgar et al., 2015). نرخ ذاتی افزایش جمعیت، مهم‌ترین پراسنجه برای مقایسه تغییرات جمعیت در شرایط مختلف و نیز ارزیابی کیفیت رژیم‌های غذایی متنوع بوده و در برگیرنده طول دوره رشدی، میزان زادآوری و نیز نرخ زنده‌مانی یک حشره است (Southwood and Henderson, 2000). بدین ترتیب در پژوهش حاضر به نظر می‌رسد بالاتر بودن مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت سن آندرالوس روی لارو شب‌پره هندی را شاید بتوان به کاهش دوره رشدی پیش از بلوغ و کل دوره پیش از تخمگذاری (TPOP) و نیز افزایش میزان زادآوری، در مقایسه با سایر طعمه‌های به کار رفته در دیگر پژوهش‌ها نسبت داد. همچنین بر اساس نتایج پژوهش حاضر، متوسط طول مدت یک نسل  $38/54 \pm 0/49$  روز برآورد شد که کوتاه‌تر از مقادیر طول مدت یک نسل سن آندرالوس با تغذیه از لاروهای *S. litura* (۴۹/۸ روز)، *S. littoralis* (۵۸/۶۸ روز) و *G. mellonella* (۴۴/۶۴ روز) بود (Uematsu, 2006; Khodaverdi et al., 2012; Gholamzadeh-Chitgar et al., 2015).

منحنی نرخ زنده‌مانی ویژه سن-مرحله رشدی ( $S_{xj}$ ) که نشان‌دهنده احتمال زنده ماندن یک تخم بارور تا سن  $x$  و مرحله رشدی  $j$  می‌باشد (Chi, 1988)، در شکل ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود افراد بالغ ماده، نرخ زنده‌مانی بیش‌تری نسبت به حشرات بالغ نر داشتند. همچنین مشخص شد که آخرین حشره بالغ نر و ماده به ترتیب تا سن ۷۲ و ۹۹ روز زنده ماندند.

دوره TPOP طولانی‌تری (۴۶ روز) را گزارش کردند. باید توجه داشت که کل دوره پیش از تخمگذاری یک شاخص بسیار مهم در پراسنجه‌های تولیدمثلی حشرات می‌باشد و در حقیقت اهمیت تاثیر سن شروع تخمگذاری یک حشره بر نرخ ذاتی افزایش جمعیت را نشان می‌دهد (Huang and Chi, 2012). به طوری که توان و همکاران (Tuan et al., 2013) بیان کردند که یک حشره حتی به رغم پایین بودن میزان تخمگذاری، نرخ تفریح پایین و نیز طول عمر کم حشرات بالغ می‌تواند نرخ ذاتی افزایش جمعیت بالایی داشته باشد، در صورتی که کل دوره پیش از تخمگذاری (TPOP) آن کوتاه باشد. بنابراین در پژوهش حاضر کوتاه بودن دوره TPOP برای سن آندرالوس پرورش‌یافته روی لارو شب‌پره هندی می‌تواند نقش موثری در افزایش جمعیت آن داشته باشد.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که میانگین زادآوری افراد ماده این سن شکارگر روی لارو شب‌پره هندی  $396/55 \pm 17/83$  تخم بود (جدول ۲). سینگ و سینگ (Singh and Singh, 1988) تعداد تخم‌های این حشره شکارگر را  $288-562$  تخم به ازای هر حشره ماده روی لارو آفت سویا *Rivula sp.* برآورد کردند. در پژوهشی دیگر میانگین زادآوری شکارگر *A. spinidens* روی لارو *N. aenescens* در حضور و عدم حضور گیاه برنج به ترتیب  $352$  و  $218/80$  تخم به ازای هر حشره ماده گزارش شد (Ghaninia and Ebadi, 2004). همچنین، میزان زادآوری سن آندرالوس روی لارو *S. littoralis*  $342/58$  تخم (Khodaverdi et al., 2012) و روی لارو *G. mellonella*  $125$  عدد تخم (Gholamzadeh-Chitgar et al., 2015) بود. به عبارتی به نظر می‌رسد در پژوهش حاضر میزان زادآوری سن آندرالوس با تغذیه از لارو شب‌پره هندی بالا بود. البته شایان ذکر است که میزان زادآوری، منعکس‌کننده توان تولیدمثلی حشره می‌باشد و به تنهایی شاخص مناسبی برای مقایسه ظرفیت افزایش جمعیت حشرات روی رژیم‌های غذایی مختلف نیست، بلکه نرخ زنده‌مانی نیز باید در نظر گرفته شود (Jha et al., 2014).

جدول ۲- پراسنجه‌های تولیدمثلی، جدول زندگی و شکارگری (میانگین  $\pm$  خطای معیار) سن شکارگر *Andrallus spinidens* با تغذیه از لارو *Plodia interpunctella* در شرایط آزمایشگاهی

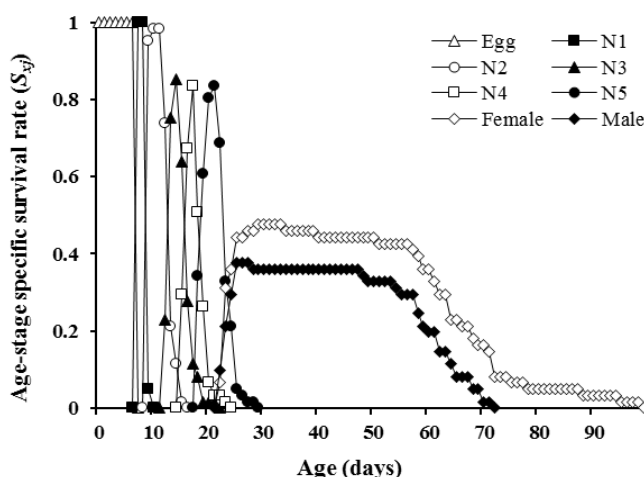
Table 2. Reproductive, life table and predation parameters (mean $\pm$ SE) of *Andrallus spinidens* fed on *Plodia interpunctella* larva under laboratory conditions

Parameters	Mean	Min	Max
APOP (day)	7.46 $\pm$ 0.21	5	9
TPOP (day)	31.07 $\pm$ 0.41	28	38
Oviposition period (day)	8.29 $\pm$ 0.32	4	12
Fecundity (eggs/female)	396.55 $\pm$ 17.83	292	452
Intrinsic rate of increase, $r$ (day <sup>-1</sup> )	0.136 $\pm$ 0.004	0.111	0.151
Finite rate of increase, $\lambda$ (day <sup>-1</sup> )	1.146 $\pm$ 0.005	1.118	1.163
Net reproduction rate, $R_0$ (offspring/individual)	188.52 $\pm$ 26.61	100.311	307.75
Mean generation time, $T$ (day)	38.54 $\pm$ 0.49	36.49	41.04
Net predation rate, $C_0$ (preys/predator)	104.32 $\pm$ 6.22	74.51	128.34
Transformation rate, $Q_p$ (preys/viable egg)	0.55 $\pm$ 0.07	0.361	1.237

Standard errors were estimated by using 100,000 bootstraps.

منحنی ارزش تولیدمثلی ویژه سن-مرحله رشدی ( $v_{xj}$ ) که در شکل ۳ ترسیم شده است، نشان‌دهنده میزان مشارکت نتاجی است که انتظار می‌رود در سن  $x$  و مرحله رشدی  $j$  در پایه‌گذاری نسل بعد نقش داشته باشند. در این منحنی، ارزش تولیدمثلی حشرات بالغ ماده در روز ۳۱ به اوج خود رسید. (۱۲۹/۷۵)

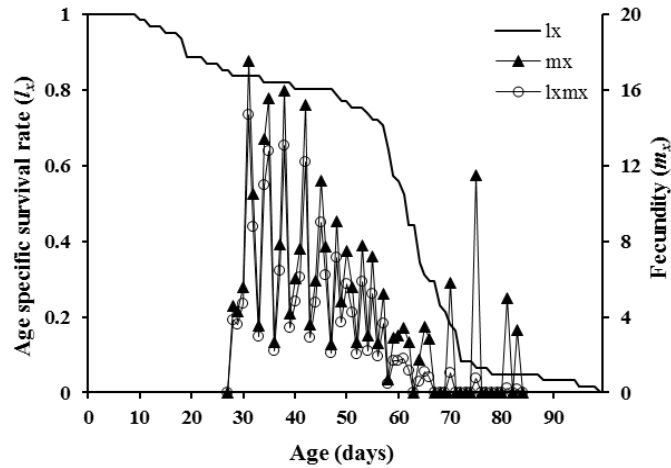
منحنی نرخ زنده‌مانی ویژه سنی ( $l_x$ ) احتمال زنده ماندن یک تخم تازه متولد شده تا سن  $x$  بدون در نظر گرفتن تفاوت در مراحل رشدی مختلف است (Chi, 1988). منحنی‌های نرخ زنده‌مانی ویژه سن ( $l_x$ )، زادآوری ویژه سن حشرات کامل ماده ( $m_x$ ) و تولیدمثل ویژه سن ( $l_x m_x$ ) در شکل ۲ نشان داده شده است. بر این اساس می‌توان اظهار داشت که اوج زادآوری سن آندرالوس با تغذیه از لارو شب‌پره هندی به میزان ۱۷/۵۲ تخم در روز ۳۱ اتفاق افتاد.



شکل ۱- نرخ زنده‌مانی ویژه سن-مرحله رشدی ( $S_{xj}$ ) سن شکارگر *Andrallus spinidens* با تغذیه از لارو *Plodia interpunctella* در شرایط آزمایشگاهی

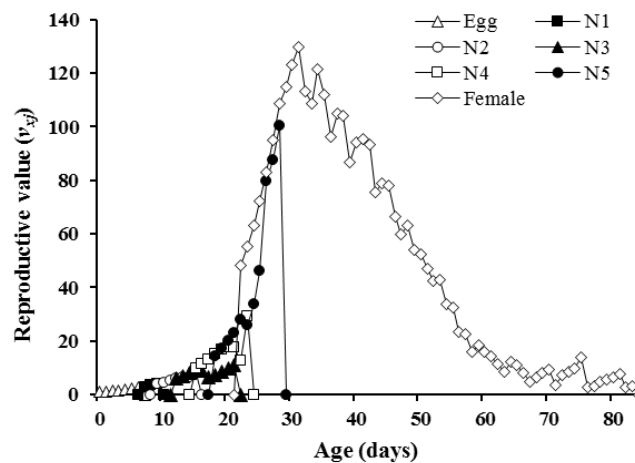
Figure 1. Age-stage specific survival rate ( $S_{xj}$ ) of *Andrallus spinidens* fed on *Plodia interpunctella* larva under laboratory conditions





شکل ۲- نرخ زنده‌مانی ویژه سن ( $l_x$ )، زادآوری ویژه سن ( $m_x$ ) و تولیدمثل ویژه سن ( $l_x m_x$ ) سن شکارگر *Andrallus spinidens* با تغذیه از لارو *Plodia interpunctella* در شرایط آزمایشگاهی

Figure 2. Age specific survival rate ( $l_x$ ), age specific fecundity ( $m_x$ ), age specific maternity ( $l_x m_x$ ) of *Andrallus spinidens* fed on *Plodia interpunctella* larva under laboratory conditions

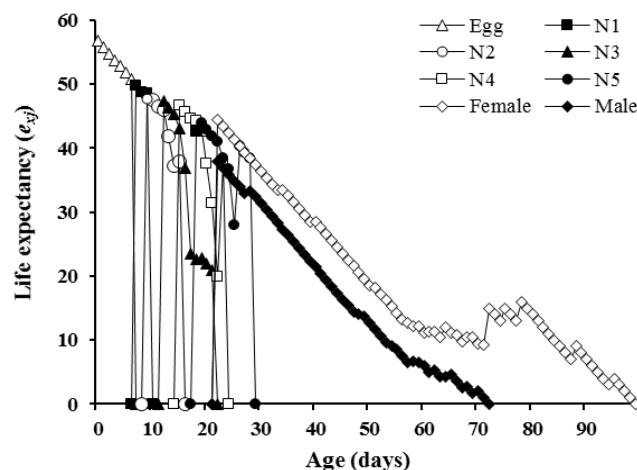


شکل ۳- ارزش تولیدمثل ویژه سن-مرحله رشدی ( $v_{xj}$ ) سن شکارگر *Andrallus spinidens* با تغذیه از لارو *Plodia interpunctella* در شرایط آزمایشگاهی

Figure 3. Age-stage specific reproductive value ( $v_{xj}$ ) of *Andrallus spinidens* fed on *Plodia interpunctella* larva under laboratory conditions

روز محاسبه شد که با افزایش سن به آهستگی کاهش یافت (شکل ۴). همچنین مشخص شد که امید به زندگی حشرات بالغ ماده از حشرات نر بیش تر بود.

منحنی امید به زندگی ویژه سن-مرحله رشدی ( $e_{xj}$ ) نشان‌دهنده مجموع مدت زمانی است که انتظار می‌رود یک فرد تا سن  $x$  و مرحله رشدی  $j$  زنده بماند. بر اساس نتایج به دست آمده، در مرحله تخم ( $e_0$ ) امید به زندگی برای *A. spinidens* پرورش یافته روی لارو شب‌پره هندی ۵۶/۷۸



شکل ۴- امید به زندگی ویژه سن-مرحله رشدی ( $e_{xj}$ ) سن شکارگر *Andrallus spinidens* با تغذیه از لارو *Plodia interpunctella* در شرایط آزمایشگاهی

Figure 4. Age-stage specific life expectancy ( $e_{xj}$ ) of *Andrallus spinidens* fed on *Plodia interpunctella* larva under laboratory conditions

شکارگر با مصرف تعداد بیش‌تری از شکار سعی در جبران کیفیت پایین رژیم غذایی داشت (Eubanks and Denno, 2000). هرچند غیر از کیفیت و ارزش غذایی، عوامل دیگری مانند ویژگی‌های فیزیکی، شکل و ساختار موهای بدن، تحرک شکار و میزان دسترسی نیز بر تعداد شکار خورده شده موثر بودند (Mendes et al., 2002). بنابراین با مقایسه نتایج پژوهش حاضر با سایر یافته‌ها (Javadi et al., 2005; Khodaverdi et al., 2012) می‌توان احتمال داد که لارو شب‌پره هندی برای نشو و نمای سن آندرالوس مناسب باشد. سن آندرالوس برای تکمیل کل مراحل پورگی خود به  $21/70$  عدد لارو شب‌پره هندی احتیاج داشت که بسیار کم‌تر از تعداد مورد نیاز از لاروهای *S. littoralis* و *N. aenescens* در سایر پژوهش‌ها بود.

نرخ شکارگری سن آندرالوس در مرحله حشره بالغ به شدت افزایش یافت، به طوری که به حدود پنج برابر میزان شکار خورده شده در کل مراحل پورگی شکارگر رسید. میانگین شکار خورده شده در کل مراحل زندگی (از پوره سن دوم تا پایان عمر حشرات بالغ) جنس نر و ماده سن آندرالوس به ترتیب  $116/99$  و  $124/66$  عدد لارو شب‌پره هندی بود که اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند ( $P=0/35$ ). یافته‌های سایر پژوهشگران نشان داد که یک جفت سن بالغ

میانگین شکار خورده شده توسط مراحل فعال سن شکارگر *A. spinidens* در جدول ۱ نشان داده شده است. قابل ذکر است که پوره سن یک، هیچ‌گونه تغذیه‌ای از لارو *P. interpunctella* نداشت، بنابراین نرخ شکارگری صفر بود. با افزایش سن پورگی میزان شکار خورده شده از  $3/07 \pm 0/17$  عدد لارو شب‌پره هندی برای پوره سن دوم آندرالوس به  $9/83 \pm 0/33$  عدد لارو برای پوره سن پنج افزایش یافت. همچنین مراحل نابالغ (مجموع پوره سن دوم تا پنجم) جنس ماده نسبت به جنس نر سن شکارگر به صورت معنی‌داری تعداد بیش‌تری لارو شب‌پره هندی را مورد تغذیه قرار دادند ( $P=0/03$ ). جوادی و همکاران (Javadi et al., 2005) میانگین تعداد لارو *N. aenescens* را که توسط پوره‌های سن دوم تا پنجم سن آندرالوس مورد تغذیه قرار گرفتند،  $84/11$  لارو گزارش کردند. همچنین نرخ شکارگری مراحل پورگی (سن دوم تا پنجم) سن آندرالوس روی *S. littoralis* به میزان  $174/08$  عدد لارو بود (Khodaverdi et al., 2012) که با یافته‌های حاضر ( $21/70$  لارو شب‌پره هندی) تفاوت زیادی داشت. برخی از پژوهشگران در بررسی‌های خود اظهار داشتند که کیفیت پایین رژیم غذایی منجر به افزایش تعداد شکار خورده شده توسط شکارگر می‌شود، به طوری که

دوره کل پیش از تخمگذاری کوتاه‌تر و میزان زادآوری بالاتری بود.

شکل ۵ نرخ شکارگری ویژه سن-مرحله رشدی ( $C_{xy}$ ) را نشان می‌دهد. همان گونه که مشاهده می‌شود منحنی نرخ شکارگری ویژه مرحله رشدی سن‌های بالغ نر و ماده از سن ۲۱ تا ۷۱ روزگی همپوشانی بسیاری داشتند، در حالی که از روز ۷۲ تا ۹۷ نرخ شکارگری فقط به سن‌های بالغ ماده *A. spinidens* اختصاص داشت.

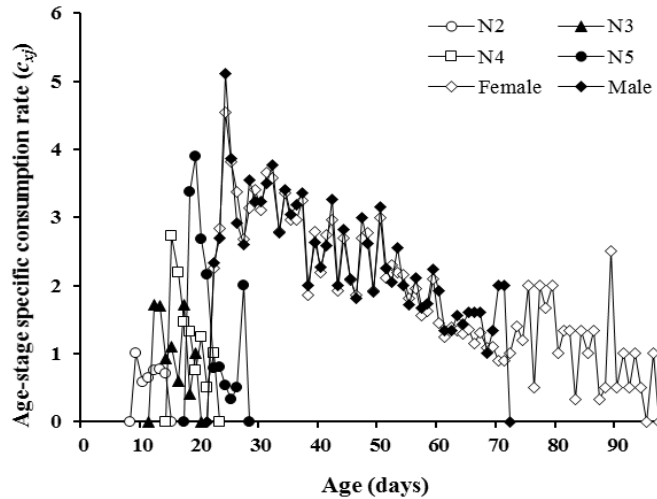
نرخ شکارگری ویژه سنی ( $k_x$ ) عبارت است از میانگین تعداد شکار خورده شده توسط یک شکارگر در سن  $x$  و اگر نرخ زنده‌مانی مراحل مختلف نیز در آن در نظر گرفته شود، نرخ خالص شکارگری ویژه سنی ( $q_x$ ) به دست می‌آید (Chi and Yang, 2003). منحنی نرخ شکارگری ویژه سنی ( $k_x$ ) و نرخ خالص شکارگری ویژه سنی ( $q_x$ ) نشان داد که به دلیل این که مرحله تخم و پوره‌های سن اول *A. spinidens* رفتار شکارگری نداشتند، در روزهای صفر تا ۹ یک شکاف عمیق در نرخ شکارگری سن آندرالوس وجود داشت. سپس شکارگری تا سن ۱۹ روزگی افزایش یافت. اما به نظر می‌رسد از آنجا که پوره‌های سن پنجم آماده آخرین پوست‌اندازی خود بودند، تغذیه به شدت کاهش یافت، به طوری که تقریباً در روزهای ۲۰ تا ۲۴ نرخ شکارگری کاهش شدیدی داشت. چنان‌که در شکل ۶ مشاهده می‌شود شکارگری در سن تقریباً ۲۵ تا ۵۰ روزگی در اوج خود بود (شکل ۶).

در پژوهش حاضر نرخ خالص شکارگری ( $C_0$ ) که برابر است با تعداد شکار خورده شده توسط یک شکارگر در کل طول دوره زندگی و نیز نرخ تبدیل شکار خورده شده به نتاج تولید شده توسط شکارگر ( $Q_p$ ) نیز محاسبه شد. نرخ خالص شکارگری سن *A. spinidens* برابر با  $104/32 \pm 6/22$  لارو شب‌پره هندی بود که در حقیقت مجموع مقادیر  $q_x$  در کل دوره زندگی این سن شکارگر می‌باشد. علاوه بر این، نرخ تبدیل لارو شب‌پره هندی خورده شده به نتاج تولید شده  $0/55 \pm 0/07$  بود. به عبارت دیگر، سن شکارگر *A. spinidens* برای تولید هر تخم به

*A. spinidens* طی ۳۶ روز در مزرعه از ۱۲۷/۸ عدد لارو سنین آخر کرم سبز برگ‌خوار برنج تغذیه کردند (Mohaghegh and Najafi, 2003). در یک پژوهش نشان داده شد که سن‌های بالغ ماده آندرالوس ۹۴۱/۸۷ عدد لارو سن چهارم *S. littoralis* را مورد تغذیه قرار دادند (Khodaverdi et al., 2012) که بسیار بیش‌تر از لاروهای خورده شده شب‌پره هندی توسط سن بالغ ماده در پژوهش حاضر بود. باید توجه داشت که در پژوهش حاضر اگرچه سن‌های بالغ آندرالوس از تعداد لارو شب‌پره هندی کم‌تری تغذیه کردند، اما نرخ خالص زادآوری ۱۸۸/۵۲ نتاج بود که بیش‌تر از نرخ خالص زادآوری (۱۰۲/۷۷) نتاج در زمانی بود که سن‌های بالغ لارو *S. littoralis* را مورد تغذیه قرار دادند (Khodaverdi et al., 2012). همان گونه که پیش از این اشاره شد ویژگی‌های فیزیکی و کیفیت غذایی شکار بر نرخ شکارگری موثر بوده و باعث می‌شود تا شکارگر تعداد بیش‌تری از شکار با کیفیت پایین را مورد تغذیه قرار دهد. البته باید به این نکته نیز اشاره کرد که افزایش میزان تغذیه از یک رژیم غذایی با کیفیت پایین ممکن است در نهایت منجر به افزایش طول عمر و زادآوری شکارگر نشود (Mendes et al., 2002). به عنوان مثال سن‌های شکارگر ماده *Eocanthecona furcellata* Wolff از تعداد ۷۳۰/۱ عدد لارو *S. litura* و ۶۷۰ عدد لارو *Plutella xylostella* L. تغذیه کردند، در حالی که به رغم شکار خورده شده بیش‌تر، میزان زادآوری با تغذیه از لارو *S. litura* کم‌تر (۷۲۵/۶) تخم به ازای سن ماده) از زمانی بود که از لارو *P. xylostella* (۸۲۹/۸) تخم به ازای سن ماده) تغذیه کردند (Tuan et al., 2016). بنابراین، با توجه به نتایج پژوهش حاضر این احتمال می‌رود که پرورش سن آندرالوس روی لارو شب‌پره هندی مناسب باشد، به طوری که شاید بتوان گفت سن آندرالوس با مصرف تعداد کم‌تری لارو شب‌پره هندی نسبت به لارو *S. littoralis* در پژوهش خداوردی و همکاران (Khodaverdi et al., 2012)، دارای دوره رشدی و

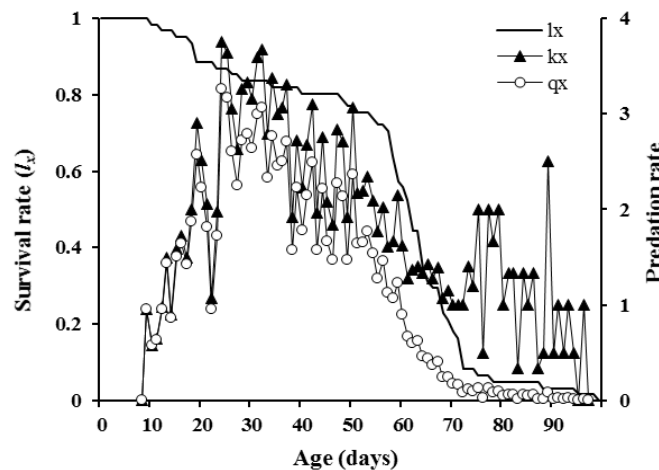
تولید شده سن آندرالوس را به ترتیب ۴۲۶/۲۷ و ۴/۱۵ عدد لارو *S. littoralis* گزارش کردند.

۰/۵۵ لارو *P. interpunctella* نیاز داشت (جدول ۲). خداوردی و همکاران (Khodaverdi *et al.*, 2012) نرخ خالص شکارگری و نرخ تبدیل شکار خورده شده به نتاج



شکل ۵- نرخ شکارگری ویژه سن-مرحله رشدی ( $c_{xj}$ ) سن شکارگر *Andrallus spinidens* با تغذیه از لارو *Plodia interpunctella* در شرایط آزمایشگاهی

Figure 5. Age-stage specific consumption rate ( $c_{xj}$ ) of *Andrallus spinidens* fed on *Plodia interpunctella* larva under laboratory conditions



شکل ۶- نرخ زنده‌مانی ویژه سن ( $l_x$ )، نرخ شکارگری ویژه سن ( $k_x$ ) و نرخ خالص شکارگری ویژه سن ( $q_x$ ) سن شکارگر *Andrallus spinidens* با تغذیه از لارو *Plodia interpunctella* در شرایط آزمایشگاهی

Figure 6. Age specific survival rate ( $l_x$ ), age specific consumption rate ( $k_x$ ) and age specific net consumption rate ( $q_x$ ) of *Andrallus spinidens* fed on *Plodia interpunctella* larva under laboratory conditions

برای تکمیل دوره زندگی و نیز تولیدمثل موفق نیاز به تعداد کمی لارو شب‌پره هندی داشت. به هر حال، بررسی‌های تکمیلی در مورد پرورش متوالی چندین نسل از سن شکارگر *A. spinidens* روی لارو *P. interpunctella* و نیز ارزیابی کارایی شکارگر پرورش یافته روی شکار واسط در شرایط طبیعی ضروری به نظر می‌رسد.

### سپاسگزاری

بدین وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه گیلان به خاطر تامین منابع مالی این پژوهش قدردانی می‌شود. همچنین از همکاری و حمایت موسسه تحقیقات برنج کشور سپاسگزاری می‌شود.

بر اساس نظر توان و همکاران (Tuan et al., 2016) در هنگام ارزیابی کارایی یک شکارگر روی یک رژیم غذایی تنها پراسنجه‌های جدول زندگی ملاک نیست و باید علاوه بر نرخ ذاتی افزایش جمعیت به نرخ شکارگری آن نیز توجه داشت. ایشان اظهار داشتند که یک شکارگر با نرخ شکارگری بالا ممکن است نرخ افزایش جمعیت پایینی داشته باشد و برعکس، که بدین ترتیب از کارایی آن شکارگر می‌کاهد. در پژوهش حاضر، نرخ خالص شکارگری و نرخ تبدیل شکار خورده شده با تغذیه از لارو شب‌پره هندی بسیار کم‌تر از شرایطی بود که سن آندرالوس از لارو *S. littoralis* (Khodaverdi et al., 2012) تغذیه می‌کرد، پس به نظر می‌رسد می‌توان از لارو شب‌پره هندی به عنوان یک شکار واسط مناسب برای پرورش انبوه سن آندرالوس استفاده کرد. به عبارت دیگر، سن آندرالوس

### References

- Chi, H. 1988. Life table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. *Environmental Entomology* 17: 26-34.
- Chi, H. 2019a. CONSUME-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex consumption rate analysis. National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan. (<http://140.120.197.173/Ecology/>).
- Chi, H. 2019b. TWSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis. National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan. (<http://140.120.197.173/Ecology/>)
- Chi, H. and Yang, T. C. 2003. Two-sex life table and predation rate of *Propylaea japonica* Thunberg (Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae). *Environmental Entomology* 32: 327-333.
- Du, L., Ge, F., Zhu, S. and Parajulee, M. N. 2004. Effect of cotton cultivar on development and reproduction of *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) and its predator *Propylaea japonica* (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of Economic Entomology* 97: 1278-1283.
- Efron, B. and Tibshirani, R. J. 1993. An introduction to the bootstrap. Chapman and Hall, NY.
- Eubanks, M. D. and Denno, R. F. 2000. Health food versus fast food: the effects of prey quality and mobility on prey selection by a generalist predator and indirect interactions among prey species. *Ecological Entomology* 25: 140-146
- Farhadi, R., Allahyari, H. and Chi, H. 2011. Life table and predation capacity of *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae) feeding on *Aphis fabae* (Homoptera: Aphididae). *Journal of Biological Control* 59: 83-89.
- Fathipour, Y., Hosseini, A. and Talebi, A. 2004. Some behavioral characteristics of *Diaeretiella rapae* (Hym.: Aphidiidae), parasitoid of *Brevicoryne brassicae* (Hom.: Aphididae). *Iranian Journal of Agricultural Science* 35: 393-401. (In Persian).
- Ghaninia, M. and Ebadi, R. 2004. Effect of rice plant feeding with the aim of improving the mass rearing method of *Andrallus spinidens* fed with the rice semilooper as prey under laboratory conditions. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources* 11: 191-200.
- Ghaninia, M., Ebadi, R. and Saeb, H. 2002. A study of the host effect on biology of the predatory bug *Andrallus spinidens* (F.) (Hem.: Pentatomidae) under laboratory condition. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources* 9: 39-50. (In Persian).

- Gholamzadeh-Chitgar, M., Hajizadeh, J., Ghadamyari, M., Karimi-Malati, A. and Hoda, H. 2015. Effects of sublethal concentration of diazinon, fenitrothion and chlorpyrifos on demographic and some biochemical parameters of predatory bug, *Andrallus spinidens* in laboratory conditions. **International Journal of Pest Management** 61: 204-211.
- Gholamzadeh-Chitgar, M., Hajizadeh, J., Ghadamyari, M., Karimi-Malati, A. and Hoda, H. 2017. Effect of sublethal concentration of *Beauveria bassiana* fungus on demographic and some biochemical parameters of predatory bug, *Andrallus spinidens* fabricius (Hemiptera: pentatomidae) in laboratory conditions. **Trakia Journal of Sciences** 2: 160-167.
- Hu, L. X., Chi, H., Zhang, J., Zhou, Q. and Zhang, R. J. 2010. Life table analysis of the performance of *Nilaparvata lugens* (Hemiptera: Delphacidae) on two wild rice species. **Journal of Economic Entomology** 103: 1628-1635.
- Jafari, Sh., Hajizadeh, J., Jalali Sendi, J. and Hoseini, R. 2002. Effect of temperature on biological factors of *Hippodamia variegata* (Col.: Coccinellidae) in laboratory conditions. **Journal of Entomological Society of Iran** 22: 13-28. (In Persian).
- Javadi, S., Sahragard, A. and Saeb, H. 2005. Morphology, biology and spatial distribution of the rice fields predator, *Andrallus spinidens* (Hem.: Pentatomidae) in rice fields in Guilan Province. **Journal of Agricultural Science and Natural Resources** 12: 146-158. (In Persian).
- Jha R. K., Tuan S. J., Chi, H. and Tang, L. C. 2014. Life table and consumption capacity of corn earworm, *Helicoverpa armigera*, fed asparagus, *Asparagus officinalis*. **Journal of Insect Science** 14: 1-17.
- Kalushkov, P. and Hodek, I. 2004. The effects of thirteen species of aphids on some life history parameters of the ladybird *Coccinella septempunctata*. **Biocontrol** 49: 21-32.
- Khodaverdi, H., Sahagard, A., Amir-Maafi, M. and Mohaghegh, J. 2012. Biology and predator characteristics of *Andrallus spinidens* (Fabr.) (Heteropteran: Pentatomidae) on larvae of *Spodoptera litura*, under field condition. **Journal of Entomological Society of Iran** 32: 1-19.
- Manley, G. V. 1982. Biology and life history of the rice field predator, *Andrallus spinidens* F. (Heteroptera: Pentatomidae). **Entomological News** 93: 19-24.
- Mohaghegh, J. and Amir-Maafi, M. 2007. Reproduction of the predatory stinkbug, *Andrallus spinidens* F. (Heteroptera.: Pentatomidae) on live and frozen prey. **Applied Entomology and Zoology** 42: 15-20.
- Mohaghegh, J. and Najafi, I. 2003. Predation capacity of *Andrallus spinidens* F. (Het.: Pentatomidae) on *Naranga aenescence* Moore (Lep.: Noctuidae) under semi-field and field conditions. **Applied Entomology and Phytopathology** 71: 57-68.
- Nageswara, R. V. 1965. *Andrallus (Audineta) spinidens* (Fabr) as predator of rice pests. **Oryza** 2: 179-181.
- Rajendra, M. K. and Patel, R. C. 1971. Studies on the life and biology of *Podisus placidus* and *Stiretrus fimbriatus* (Pentatomidae). **Canadian Entomologist** 103: 1505-1516.
- Shanker, C., Sapna, P., Shabbir, K., Sunil, V., Jhansirani, B. and GururajKatti. 2017. Biology and functional Response of *Andrallus spinidens* (F.) to the rice army worm *Spodoptera mauritia* (Boisduval). **Journal of Biological Control** 31: 201-204.
- Shintani, Y., Masuzawa, Y., Hirose, Y., Miyahara, R., Watanabe, F. and Tajima, J. Y. 2010. Seasonal occurrence and diapause induction of a predatory bug *Andrallus spinidens* (F.) (Heteroptera: Pentatomidae). **Entomological Science** 13: 273-279.
- Singh, K. J. and Gangrade, G. A. 1975. Parasites, predators and diseases of larvae of *Diacrisia obliqua* Walker (Lepidoptera: Arctiidae) on soybean. **Current Science** 44: 481-482.
- Singh, K. J. and Singh, O. P. 1988. Natural enemies of the soybean gery semilooper, *Rivula* sp. (Lepidoptera: Noctuidae) in Madhya Pradesh. **Journal of Biological Control** 2: 128.
- Sorkhabi-Abdolmaleki, S., Zibae, A., Hosseini, R. and Hoda, H. 2013. Effects of different prey regimes on activities of digestive enzymes in *Andrallus spinidens* Fabricius (Hemiptera: Pentatomidae). **Journal of Entomological Society of Iran** 33: 57-68.
- Southwood, T. R. E. and Henderson, P. A. 2000. Ecological Methods (3rd ed.). Blackwell Science, Oxford, London.
- Tuan, S. J., Lee, C. C. and Chi, H. 2013. Population and damage projection of *Spodoptera litura* (F.) on peanuts (*Arachis hypogaea* L.) under different conditions using the age-stage, two-sex life table. **Pest Management Science** 70: 805-813.

- Tuan, S. J., Yeh, C. C., Atlihan, R. and Chi, H.** 2016. Linking life table and predation rate for biological control: A comparative study of *Eocanthecona furcellata* (Hemiptera: Pentatomidae) fed on *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Journal of Economic Entomology** 109: 13-24.
- Uematsu, H.** 2006. Reproductive rate and predatory ability of the pentatomid bug, *Andrallus spinidens* (Fab.) (Het.: Pentatomidae). **Japan Journal of Applied Entomology and Zoology** 50: 145-150. [In Japanese with English summary].
- Xiu-Hua, W., Zhou, X. R. and Pang, B. P.** 2010. Influence of five host plants of *Aphis gossypii* Glover on some population parameters of *Hippodamia variegata* (Goeze). **Journal of Pest Science** 83: 77-83.
- Yu, J. Z., Chi, H. and Chen, B. H.** 2013. Comparison of the life table and predation rates of *Harmonia dimidiata* (F.) (Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) at different temperatures. **Biological Control** 64: 1-9.
- Zamani, A. A., Talebi, A. A., Fathipour, Y. and Baniamiri, V.** 2006. Effect of temperature on biology and population growth parameters of *Aphis gossypii* Glover (Hom., Aphididae) on greenhouse cucumber. **Journal of Applied Entomology** 130: 453-460.

## Feasibility mass rearing of predatory stink bug, *Andrallus spinidens* Fabricius on *Plodia interpunctella* Hübner larva under laboratory conditions: Linking life table and predation rate

R. Mousavi<sup>1</sup>, A. Karimi-Malati<sup>1\*</sup>, A. Sahragard<sup>1</sup> and M. Jalaeian<sup>2</sup>

1. Department of Plant Protection, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran,

2. Department of Plant Protection, Rice Research Institute of Iran, (AREEO), Rasht, Iran

(Received: January 25, 2020 Accepted: March 10, 2020)

---

### Abstract

The predatory stink bug, *Andrallus spinidens* Fabricius, is a common natural enemy in Northern paddy fields of Iran. In the current study, life table parameters and consumption rate of *A. spinidens* fed on *Plodia interpunctella* Hübner larvae were determined under laboratory conditions. The evaluations were based on age-stage, two sex life table using TWSEX and CONSUME-MSChart theories. According to obtained results, the total immature developmental times were  $23.39 \pm 0.23$  and  $23.66 \pm 0.29$  days for male and female, respectively. The adult pre-oviposition period (APOP) and total pre-oviposition period (TPOP) were evaluated to be  $7.46 \pm 0.21$  and  $31.07 \pm 0.41$  day, respectively. The intrinsic rate of increase ( $r$ ), finite rate of increase ( $\lambda$ ), net reproductive rate ( $R_0$ ), and mean generation time ( $T$ ) were  $0.136 \pm 0.004 \text{ day}^{-1}$ ,  $1.146 \pm 0.005 \text{ day}^{-1}$ ,  $188.52 \pm 26.61$  offspring/individual and  $38.54 \pm 0.49$  day, respectively. The mean predation rate of total nymphal stage of the predator was  $21.70 \pm 0.80$  *P. interpunctella* larvae. Furthermore, the predation rate for female nymphs was significantly higher than male nymphal stage. Female and male adults of *A. spinidens* consumed  $101.93 \pm 5.32$  and  $96.43 \pm 4.8$  *P. interpunctella* larvae, respectively. In addition, the net predation rate ( $C_0$ ) of the total life span for *A. spinidens* was  $104.32 \pm 6.22$  *P. interpunctella* larvae per predator. The transformation rate ( $Q_p$ ) showed that *A. spinidens* consumed 0.55 *P. interpunctella* larvae to produce one viable egg. According to life table and predation parameters, it seems that the larvae of *P. interpunctella* might be a suitable intermediate prey for rearing this predator.

**Key words:** *Andrallus spinidens*, demography, predator efficiency, consumption rate

---

\*Corresponding author: a\_karimi@guilan.ac.ir