

واکنش تابعی کفشدوزک *Exochomus nigromaculatus*  
(Col.: Coccinellidae) نسبت به تراکم‌های مختلف دو گونه شته

خرزهره (*Aphis nerii*) و شته افاقیا (*Aphis craccivora*)

Functional response of *Exochomus nigromaculatus* (Col.: Coccinellidae) to different densities of *Aphis nerii* and *Aphis craccivora*

علیرضا نظری<sup>۱</sup>، احد صحراگرد<sup>۲</sup> و جلیل حاجی‌زاده<sup>۲</sup>

۱- دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک

۲- دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

(تاریخ دریافت: آبان ۱۳۸۲، تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۸۳)

چکیده

واکنش تابعی کفشدوزک *Exochomus nigromaculatus* نسبت به تغییرات انبوهی دو نوع طعمه، شته خرزهره (*Aphis nerii*) و شته افاقیا (*A. craccivora*) در شرایط آزمایشگاهی (دمای  $30 \pm 1$  درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی  $65 \pm 5$  درصد و دوره نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی) مورد مطالعه قرار گرفت. در داخل هر پتری، قطعه‌ای از گیاه میزبان، تراکم مشخصی از طعمه و یک شکارگر قرار گرفتند. مدت هر آزمایش ۲۴ ساعت بود و همه آزمایشات در ۵ تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که واکنش تابعی حشرات کامل و لاروهای سن چهارم کفشدوزک نسبت به تراکم‌های ۴، ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴، ۹۶ و ۱۲۸ طعمه با مدل واکنش نوع دوم هولینگ به خوبی مطابقت دارد. برای تعیین پارامترهای قدرت جستجوگری (a) و زمان دستیابی به میزبان ( $T_H$ ) از رگرسیون غیرخطی (روش least squares) استفاده شد. قدرت جستجوگری (a) و زمان دستیابی ( $T_H$ ) برای لاروهای سن چهارم کفشدوزک که روی

شته خرزهره پرورش یافته بودند، به ترتیب ۱/۲۴ و ۰/۰۰۶، و برای لاروهای سن چهارم کفشدوزک که روی شته افاقیا پرورش یافته بودند، به ترتیب ۱/۱۷ و ۰/۰۰۹ و برای حشرات کامل کفشدوزک که روی شته خرزهره پرورش یافته بودند، به ترتیب ۱/۱۲ و ۰/۰۰۷ و برای حشرات کامل کفشدوزک که روی شته افاقیا پرورش یافته بودند، به ترتیب ۱/۰۱ و ۰/۰۰۸ بود. تأثیر نوع طعمه روی قدرت جستجوگری شکارگر نشان داد که در هر دو مرحله لارو سن آخر و حشره کامل کفشدوزک، قدرت جستجوگری شکارگر با طعمه شته خرزهره بیشتر از موقعی بود که شته افاقیا در اختیار شکارگر قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: واکنش تابعی، شکارگری، *Aphis nerii*, *Exochomus nigromaculatus*

*Aphis craccivora*

#### مقدمه

شکار طعمه در یک محدوده زمانی مشخص معمولاً همراه با افزایش تراکم طعمه افزایش می‌یابد که این رابطه بین طعمه و شکارگر به عنوان واکنش تابعی شکارگر نسبت به طعمه نامیده شد (Solomon, 1949). واکنش تابعی یک پدیده رفتاری کوتاه مدت است که در اصطلاح به صورت رابطه بین تعداد طعمه مصرف شده به ازای هر شکارگر و تراکم طعمه تعریف شده است (Ship & Whitfield, 1991; Wiedenmann & Smith, 1993; Fan & Petitt, 1994). تاکنون ۵ نوع واکنش تابعی توسط محققان ارائه شده است (Holling, 1959; Sabelis, 1992; van Alphen & Jervis, 1997). این پدیده می‌تواند در ارزیابی کارایی شکارگر در کنترل بیولوژیک طعمه مهم باشد (Hodek *et al.*, 1984) که نشانگر اختلاف در نسبت طعمه شکار شده در یک زمان ثابت است. این ارزیابی بر اساس قدرت شکارگری، بیولوژی و چرخه زیستی آن‌ها در ارتباط با طعمه، تحمل شرایط محیط و قدرت جستجوگری آن‌ها صورت می‌گیرد. دو پارامتر مهم در واکنش تابعی عبارتند از قدرت جستجو (a) و زمان دستیابی ( $T_h$ ) که از آن‌ها برای ارزیابی کارایی شکارگر یا پارازیتوئید استفاده می‌شود. قدرت جستجو، نرخ افزایش واکنش شکارگر یا پارازیتوئید را با تراکم میزبان تعیین می‌کند، در صورتی که زمان دستیابی، تعیین کننده حداکثر نرخ حمله می‌باشد (Murdoch, 1973). در حشرات، بیشتر واکنش تابعی نوع دوم مشاهده می‌شود. در واکنش تابعی نوع دوم تعداد طعمه خورده شده به ازای هر شکارگر با افزایش اولیه

در تراکم طعمه افزایش می‌یابد، سپس به تدریج کم شده و منحنی حاصله به موازات خط مجانب افقی امتداد می‌یابد. به عبارتی در واکنش نوع دوم، منحنی با شتاب منفی به حالت صاف منتهی می‌شود (Holling, 1966).

کفشدوزک‌ها از مهم‌ترین حشراتی هستند که با فعالیت شکارگری خود نقش مهمی در کنترل برخی از آفات بر عهده دارند. در ایران، Hajizadeh *et al.*, (1994) واکنش تابعی کفشدوزک کنه‌خوار *Stethorus gilvifrons* Mulsant را در برابر تراکم‌های مختلف کنه قرمز اروپایی *Panonychus ulmi* Koch مورد بررسی قرار دادند. در این بررسی قدرت جستجو (a) و زمان دستیابی (T<sub>h</sub>) لارو سن چهارم و حشره کامل شکارگر در برابر تراکم‌های مختلف مراحل بالغ کنه قرمز اروپایی به دست آمد. همچنین قدرت جستجو و زمان دستیابی کفشدوزک *Scymnus syriacus* Marseul در بررسی واکنش تابعی این شکارگر نسبت به تراکم‌های مختلف شته سبز مرکبات *Aphis spiraeicola* Gott مورد بررسی قرار گرفت (Emami *et al.*, 2000). کفشدوزک *Exochomus nigromaculatus* Goetz بر اساس بررسی فونستیک صورت گرفته، یکی از گونه‌های غالب کفشدوزک‌های استان گیلان می‌باشد (Peyrovi, 1997). به لحاظ اهمیت قدرت جستجوگری شکارگر در یافتن محل طعمه و نقش آن در تنظیم جمعیت طعمه، واکنش تابعی شکارگر *Exochomus nigromaculatus* نسبت به تراکم‌های دو گونه شته خرزهره *Aphis nerii* B.D.F. و شته اقایا (*Aphis craccivora* Koch) مورد بررسی قرار گرفت.

### روش بررسی

کفشدوزک‌های مورد استفاده در این بررسی از روی درختچه‌های خرزهره اطراف شهر رشت جمع‌آوری و به آزمایشگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان منتقل شدند. پرورش کفشدوزک‌ها با استفاده از دو گونه شته خرزهره و شته اقایا صورت گرفت. برای انجام آزمایش از لاروهای سن چهارم و حشرات کامل کفشدوزک که بعد از خروج از پوسته مرحله قبل به مدت ۲۴ ساعت بدون غذا نگهداری شده بودند، استفاده شد. در آزمایش واکنش تابعی با استفاده از طعمه شته خرزهره و شته اقایا از کفشدوزک‌هایی که روی شته مربوطه پرورش یافته بودند استفاده شد. کفشدوزک‌ها در ظرف‌های پتری به ابعاد ۱۰×۱۵ میلی‌متر که درپوش آن‌ها با توری ظریف پوشانده شده بود، نگهداری شدند و از شته خرزهره

(*A. nerii*) و شته افاقیا (*A. craccivora*) به طور جداگانه به عنوان طعمه استفاده شد. برای هر دو نوع طعمه و هر دو مرحله شکارگر، تراکم‌های ۴، ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴، ۹۶ و ۱۲۸ شته بر روی برگ گیاه میزبان استفاده شد. هر آزمایش در هر یک از سطوح جمعیتی طعمه دارای ۵ تکرار بود و هر کفشدوزک فقط یکبار در هر تراکم مورد استفاده قرار گرفت. آزمایش در شرایط دمایی  $30 \pm 1$  درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی  $65 \pm 5$  درصد و دوره نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی انجام شد. پس از مدت ۲۴ ساعت با خارج کردن شکارگر از ظرف‌های پتری، تعداد طعمه مورد تغذیه شمارش شد. سپس دیاکرام پراکنش داده‌ها ترسیم گردید و مدل مناسب واکنش تابعی با نتایج حاصل از بررسی انطباق داده شد.

تجزیه و تحلیل داده‌های واکنش تابعی با استفاده از نرم‌افزار SAS (SAS Institute, 1985)

و به روش جولیانو در دو مرحله انتخاب مدل و تست فرضیه انجام شد (Juliano, 1993). انتخاب مدل عبارت از شناسایی نوع واکنش تابعی به کمک رگرسیون لجستیک، که نسبت طعمه‌های شکار شده ( $N_a$ ) به تعداد طعمه‌های در دسترس ( $N_t$ ) می‌باشد. این رگرسیون، میزان شیب و منفی و مثبت بودن شیب سه قسمت اصلی منحنی درجه ۳ و نسبت  $N_a$  به  $N_t$  یعنی قسمت‌های خطی، درجه ۲ و درجه ۳ را نشان می‌دهد. بنابراین علامت مثبت یا منفی قسمت خطی منحنی  $N_a/N_t$  بدون توجه به علامت دو قسمت دیگر نشانگر واکنش تابعی نوع دوم یا سوم می‌باشد (Juliano, 1993). این کار با استفاده از مدل رگرسیون غیرخطی حداقل مربعات (nonlinear least squares regression) انجام شده و پارامترهای قدرت جستجو ( $a$ ) و زمان دستیابی ( $T_h$ ) برآورد شدند (روش NLIN، مند DUD در برنامه آماری SAS). قدرت جستجوگری یا ضریب حمله، تعیین می‌کند که منحنی واکنش تابعی با چه سرعتی به بالاترین قسمت خود می‌رسد (Sahragard, 1989; Hassell, 1978). زمان دستیابی، مدت زمانی است که یک شکارگر صرف کشتن، خوردن و هضم کردن طعمه می‌کند. برای واکنش تابعی تیپ ۲ مدل پیشنهادی هولینگ با داده‌ها برازش گردید (Holling, 1959):

$$N_a = (a \cdot T \cdot N_t) / (1 + a \cdot T_h \cdot N_t)$$

که در این مدل،  $N_a$  = تعداد طعمه‌های مورد تغذیه،  $N_t$  = تراکم اولیه طعمه،  $a$  = قدرت جستجوگری شکارگر،  $T$  = کل زمان موجود برای جستجو و  $T_h$  = زمان دستیابی به طعمه می‌باشد.

برای تعیین میزان برازش داده‌های حاصله با مدل، از شاخص مجذور ضریب همبستگی ( $R^2$ ) استفاده شد. در همه آزمایشات حداکثر میزان شکارگری برآورد شده در وضعیت‌های مختلف آزمایش، از نسبت کل زمان آزمایش به زمان دستیابی طعمه ( $T/T_H$ ) بدست آمده و مورد مقایسه قرار گرفت.

### نتیجه و بحث

در تجزیه و تحلیل نوع واکنش تابعی، داده‌ها با استفاده از رگرسیون لجستیک تجزیه شدند که پارامترها اختلاف معنی‌داری با صفر داشتند، لذا واکنش تابعی نوع ۲ برای کفشدوزک *E. nigromaculatus* از روی علامت منفی مقدار برآورد شده برای پارامتر ضریب  $Na$  (بخش خطی منحنی درصد شکارگری) تعیین گردید.

نتایج حاصله از بررسی میزان تغذیه حشرات کامل و لاروهای سن چهارم کفشدوزک *E. nigromaculatus* نشان داد که میزان تغذیه شکارگر همراه با افزایش تراکم طعمه زیاد می‌شود و با مدل نوع دوم هولینگ به خوبی مطابقت دارد، به این ترتیب که تعداد طعمه مورد حمله توسط شکارگر با افزایش تراکم طعمه زیاد می‌شود که این افزایش در یک سطح از تراکم‌های بالاتر متوقف شده و با روند کم شونده همراه است (شکل‌های ۱ و ۲). نتایج حاصل از آنالیز رگرسیون غیرخطی در مورد میزان همبستگی و برازش داده‌ها با مدل هولینگ نشان داد که مجذور همبستگی یا  $R^2$  در مورد لارو سن ۴ با طعمه شته خرزهره، لارو سن ۴ با طعمه شته افاقیا، حشره کامل کفشدوزک با طعمه شته خرزهره و حشره کامل کفشدوزک با طعمه شته افاقیا به ترتیب ۰/۹۸، ۰/۹۵، ۰/۹۷ و ۰/۹۸ است که نشان می‌دهد واکنش تابعی نوع دوم هولینگ به نحو مطلوبی در مورد حشرات کامل و لارو سن ۴ کفشدوزک صدق می‌کند. مقادیر  $F$  برای مراحل چهارگانه آزمایش نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین تغذیه مراحل مختلف کفشدوزک از تراکم‌های مختلف طعمه ارائه شده است (جدول ۱).

واکنش تابعی کفشدوزک *Scymnus syriacus* در مقابل تراکم‌های مختلف شته اسپیره *A. spiraecola* نشان داد که مقادیر بدست آمده برای پارامتر قدرت جستجوی مراحل لارو سن ۳، لارو سن ۴، حشره ماده و حشره نر به ترتیب ۰/۵۸، ۱/۴۳، ۱/۳۸ و ۱/۲۴ بود که نشان می‌دهد قدرت جستجوی حشرات ماده بیشتر از لارو سن ۴ و قدرت جستجوی حشرات نر

کمتر از لارو سن ۴ می‌باشد (Emami et al., 2000). همچنین در این بررسی مشخص شد که زمان دستیابی این شکارگر برای مراحل رشدی لارو سن ۳، لارو سن ۴، حشره ماده و حشره نر به ترتیب ۰/۰۷۱، ۰/۰۴، ۰/۰۳۸ و ۰/۰۴۳ می‌باشد، که نشان می‌دهد حشرات ماده و سپس لاروهای سن چهارم و حشرات نر به ترتیب سریع‌تر به طعمه دسترسی پیدا می‌کنند (Emami et al., 2000).

جدول ۱- مقادیر برآورد شده توسط مدل هولینگ برای پارامترهای واکنش تابعی کفشدوزک *E. nigromaculatus* در وضعیت‌های مختلف آزمایشی.

**Table 1-** Parameters estimated by Holling equation indicating functional response of *E. nigromaculatus* at different experiments.

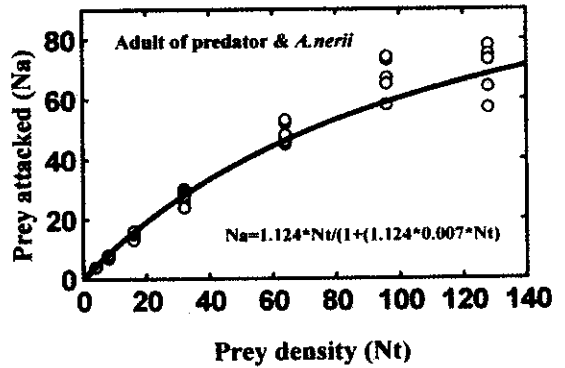
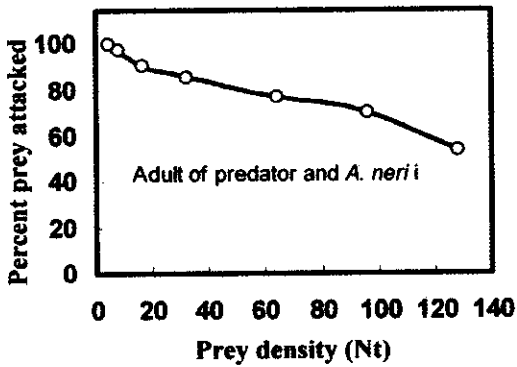
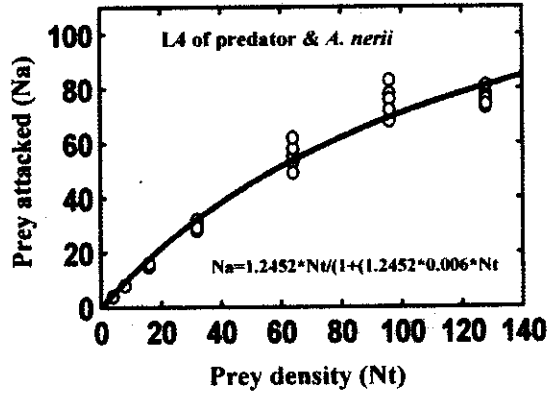
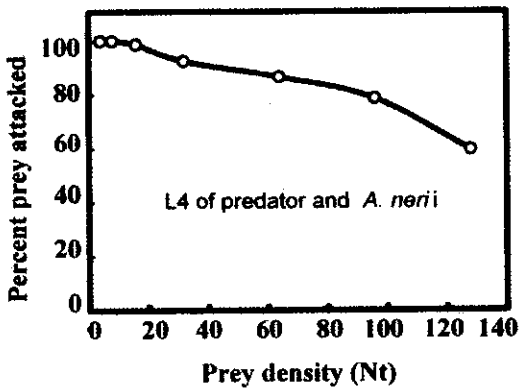
$T/T_h$	F	زمان دستیابی $T_h$ (h)	قدرت جستجو $a^{-1}$ (h)	مجدور ضریب همبستگی $R^2$	وضعیت آزمایش Type of experiment
166.7	1991.5	0.006	1.24	0.98	لارو سن ۴ شکارگر و شته خرزهره L4 of predator and <i>A. nerii</i>
111.1	1375.5	0.009	1.17	0.95	لارو سن ۴ شکارگر و شته افاقیا L4 of predator and <i>A. craccivora</i>
142.	345.3	0.007	1.12	0.97	حشره کامل شکارگر و شته خرزهره Adult of predator and <i>A. nerii</i>
125	1167.04	0.008	1.01	0.98	حشره کامل شکارگر و شته افاقیا Adult of predator and <i>A. craccivora</i>

قدرت جستجوی لاروهای سن ۴ کفشدوزک بالاتر از قدرت جستجوی حشرات کامل در هر دو نوع طعمه بود و زمان دستیابی شکارگر در مرحله لارو سن ۴ کمتر از زمان دستیابی حشرات کامل بود. همچنین مقایسه قدرت جستجوگری و زمان دستیابی لارو سن ۴ کفشدوزک در مقابل دو نوع طعمه نشان داد که قدرت جستجوی لارو سن چهارم شکارگر، تغذیه شده با شته خرزهره هم بیشتر از قدرت جستجوی کفشدوزک‌های بالغی بود که از شته افاقیا تغذیه کردند و بالطبع زمان دستیابی آن‌ها هم کمتر بود. این نتایج در حالی به دست آمد که جثه پوره سن آخر شته خرزهره بزرگ‌تر از جثه پوره سن آخر شته افاقیا می‌باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که کفشدوزک *E. nigromaculatus* در هر دو مرحله لارو سن ۴ و حشره کامل، شته خرزهره را نسبت به شته افاقیا ترجیح می‌دهد.

حداکثر نرخ شکارگری برآورد شده کفشدوزک ( $Na_{max}$ ) در لارو سن ۴ شکارگر با طعمه شته خرزهره، لارو سن ۴ شکارگر با طعمه شته افاقیا، حشره کامل کفشدوزک با طعمه شته خرزهره و حشره کامل کفشدوزک با طعمه شته افاقیا به ترتیب ۱۶۶۷، ۱۱۱/۱، ۱۴۲/۹ و ۱۲۵ عدد طعمه بود (جدول ۱). که کم بودن نرخ شکارگری در مراحل لارو سن ۴ و حشره کامل کفشدوزک با طعمه شته افاقیا ناشی از بالاتر بودن زمان دستیابی تخمینی آن‌ها است.

درصد تغذیه هر یک از مراحل لارو سن ۴ و حشره کامل کفشدوزک با تغذیه از طعمه‌های شته خرزهره و شته افاقیا نشان می‌دهد که در هر یک از مراحل چهارگانه آزمایش، با افزایش تراکم طعمه درصد تغذیه شکارگر کاهش می‌یابد و نشان دهنده این است که کفشدوزک واکنش وابسته به عکس انبوهی طعمه را دارا می‌باشد. همچنین روند نزولی در نسبت طعمه شکار شده نشان می‌دهد که واکنش تابعی پیدا شده باید محدود به تیپ II باشد (Hodek et al., 1984).

علت کاهش در نرخ حمله شکارگر در تراکم‌های بالاتر، مربوط به کاهش تعداد حملات متناسب با تراکم طعمه ارائه شده است (Robert & O'Neil, 1991). در تراکم‌های پایین طعمه، همه شکارگران به تمامی طعمه‌ها حمله‌ور می‌شوند. همراه با افزایش تراکم طعمه، شکارگران کمتری به تمام طعمه‌ها حمله می‌کنند که در نتیجه راندمان متوسط حمله کاهش یافته و اختلاف در میزان حملات افزایش می‌یابد (شکل‌های ۱ و ۲). مصرف بالای طعمه حتی در تراکم‌های بسیار پایین شته، نشان دهنده کارایی جستجوگری زیاد کفشدوزک می‌باشد.

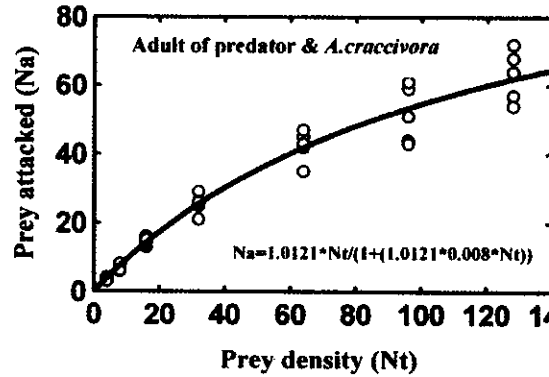
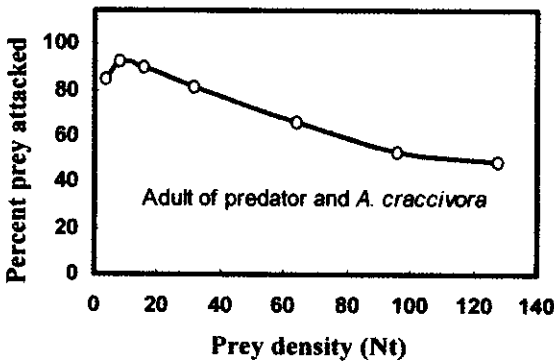
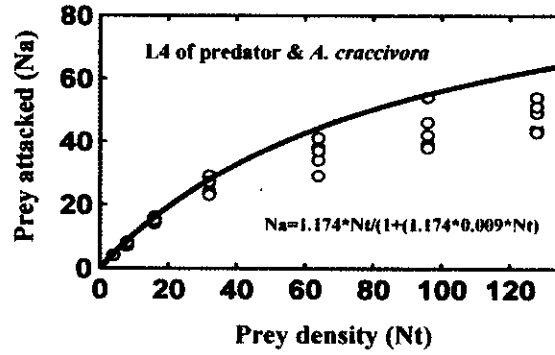
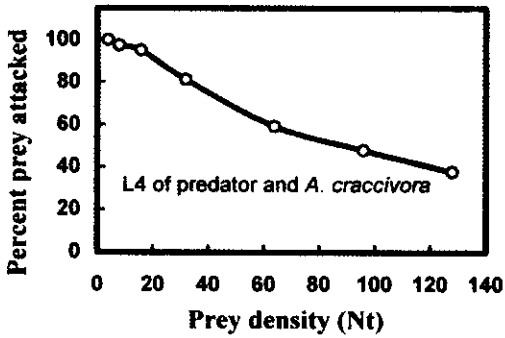


شکل ۱- منحنی های واکنش تابعی و درصد شکارگری مراحل لارو سن ۴ و حشره کامل کفشدوزک

*A. neri* نسبت به تغییرات تراکم شته خرزهره *E. nigromaculatus*

Fig 1- The curves of functional response and predation percentage of 4<sup>th</sup> instar larvae and adult of *E. nigromaculatus* to the variable densities of *A. neri*





شکل ۲- منحنی های واکنش تابعی و درصد شکارگری مراحل لارو سن ۴ و حشره کامل کفشدوزک

*E. nigromaculatus* نسبت به تغییرات تراکم شته افاقیا *A. craccivora*

Fig 2- The curves of functional response and predation percentage of 4<sup>th</sup> instar larvae and adult of *E. nigromaculatus* to the variable densities of *A. craccivora*

تعداد طعمه‌ای که در مدت ۲۴ ساعت از سوی شکارگر مورد حمله واقع می‌شود، تحت تأثیر تراکم طعمه در دسترس و نوع طعمه می‌باشد (Kumar et al., 1999). کایرومون‌های طعمه همراه با پتانسیل‌های جذب کننده متنوع برای شکارگران (Tamaki et al., 1981; Elzen et al., 1983) کیفیت و کمیت عسلک تولید شده توسط شته‌ها (Kumar & Tripathi, 1988) و همولنف شته‌های مورد استفاده به عنوان طعمه (Miller & Paustian, 1992; Giroux et al., 1995)، از عواملی هستند که در تعداد طعمه شکار شده توسط شکارگر در یک زمان معین تأثیر می‌گذارند.

### سپاسگزاری

بدین وسیله از جناب آقای دکتر جلال جلالی سندی مدیر گروه گیاهپزشکی دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان به خاطر مساعدت‌هایی که در تهیه امکانات آزمایشگاهی به عمل آوردند و از آقای دکتر لطیف صالحی، عضو هیئت علمی دانشگاه گیلان، به خاطر در اختیار قرار دادن تعدادی از منابع اصلی واکتس تابعی و ابراز نظرات ارزشمند، تشکر و قدردانی می‌شود.

---

نشانی نگارندگان: علیرضا نظری، دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، ایران؛ احد صحراگرد و جلیل حاجی‌زاده، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان، ایران.