مدل شکارگری بالتوری سبز *Chrysoperla carnea* (*Neuroptera: Chrysopidae*) روی سفید بالک ها پنبه (*Bemisia tabaci*) و گلخانه (*Trialeurodes vaporariorum*) (*Homoptera: Aleyrodidae*)

حسن قهاری [۱] و بریگایت تن‌هامبرگ [۲]

چکیده

کارایی بالتوری سبز *Chrysoperla carnea* Stephens (Neur.: Chrysopidae)، روی سفید بالک ها پنبه (*Bemisia tabaci* Gennadius) و گلخانه (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood) (Hom.: Aleyrodidae) به منظور تخمین قدرت شکارگری لاروهای بالتوری روی تراکم‌های مختلف پوره‌های سفید بالک ها پنبه و گلخانه به صورت یک مدل مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش در داخل قفس‌های جداگانه و در شرایط گلخانه با دمای متوسط ۲ ±۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۷۵ - ۸۵ درصد، ۱۶ ساعت روشنایی در شبانه روز و روی گیاه شاه‌پسند درختی (*Lantana camara*) انجام شد. میزان تغذیه‌ی لاروهای بالتوری با استفاده از منحنی نوع سوم هولینگ تخمین زده شد. هر لارو بالتوری طی دوران رشد و نمو لاروی خود، ۱۹۶ عدد از پوره‌های سفید بالک ها را مورد تغذیه قرار داد که این میزان فقط نیمی از حداکثر قدرت تغذیه‌ای گزارش شده برای لارو بالتوری سبز در شرایط آزمایشگاه می‌باشد. میزان تغذیه‌ی پائین‌تر در شرایط گلخانه به زمان اضافی مورد نیاز برای شکارگرها جهت دست‌یابی به شکار مربوط می‌شود که در تراکم‌های پایین‌تر شکار، این زمان بطور معنی‌داری افزایش می‌یابد. منحنی‌های استخراج شده از مدل ارائه شده در پژوهش حاضر، در تخمین تعداد لارو مورد نیاز بالتوری برای کنترل جمعیت سفید بالک ها در شرایط گلخانه و مزرعه قابل استفاده می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: بالتوری سبز، سفید بالک ها پنبه، آلرود گلخانه، شاه‌پسند درختی، مدل شکارگری

مقدمه

سفیدبالک‌ها (Homoptera: Sternorrhyncha Aleyrodidae)، آفاتی اقتصادی و با پراکندگی و دامنه‌ی میزبانی بسیار وسیع می‌باشند که در اغلب مزارع و گلخانه‌ها روی طیف وسیعی از گیاهان زراعی و زینتی خسارت ایجاد می‌نمایند (۱۹). از میان بیش از ۱۲۰۰ گونه آلرود شناسایی شده در دنیا (۲۹)، سفید بالک ها پنبه (*Bemisia tabaci* Gennadius) و گلخانه (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood) بیش از سایر گونه‌ها حائز اهمیت اقتصادی می‌باشند (۱۵). این دو گونه معمولاً به صورت توأم در مزارع و گلخانه ها فعالیت دارند و یک نوع رقابت بین‌گونه‌ای دائمی [۳] میان آنها وجود دارد که بر حسب شرایط زیست محیطی، غالبیت اکولوژیک [۴] به نفع یکی از این دو گونه تغییر خواهد کرد (۴ و ۲۵).

سفید بالک ها دارای دشمنان طبیعی متعددی می‌باشند که نقش بسیار مهمی در کاهش تراکم جمعیت آنها به زیر سطح زیان اقتصادی [۵] ایفاء می‌نمایند (۱۹ و ۴۰). یکی از مهمترین شکارگران آنها، بالتوری سبز *Chrysoperla carnea* Stephen می‌باشد که در اکثر مناطق ایران پراکنده بوده و انتظار می‌رود جزو امیدبخش‌ترین گونه‌ها

۱ - عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر ری

۲- استاد حشره شناسی گروه علوم بیولوژیک دانشگاه سیمون فراسر کانادا.

3- Continual Interspecific Competition

4 - Ecological predominance

5 - Economic Injury Level (EIL)

تاریخ دریافت: ۸۱/۸/۳

تاریخ پذیرش: ۸۲/۷/۷

جهت رهاسازی علیه آفات مزارع، گلخانه‌ها و باغ‌ها محسوب گردد(۷). بالتوری سبز از دامنه‌ی میزبانی وسیعی برخوردار بوده و بیش از ۸۰ گونه آفت، از جمله گونه‌هایی از شته‌ها، تریپس‌ها، کنه‌ها (۳ و ۱۱)، تخم و لارو برخی بالپولکداران (۳۲) و سخت‌بالپوشان (۳۳)، و تعدادی از شپشک‌ها، سفید بالک ها و سایر آفات راسته‌ی جوربالان (۱، ۵ و ۱۷) را مورد حمله و تغذیه قرار می‌دهد.

تعداد نسل زیاد و قدرت تولید مثل بالا در اغلب سفید بالک ها و به خصوص گونه‌های سفید بالک‌ها پنبه و گلخانه، باعث رشد سریع جمعیت آنها می‌شود (۱۵) و این امر لزوم استقرار عوامل مؤثر در کاهش تراکم جمعیت آنها در مناطق آلوده را بیشتر نمایان می‌سازد. حشرات شکارگر و از آن جمله بالتوری سبز با توجه به قدرت تحرک و پتانسیل تولید مثلی بالا (۱۶، ۲۷ و ۳۵)، از مهمترین عوامل مؤثر در کاهش، و حتی ریشه‌کنی[1] جمعیت سفید بالک ها محسوب می‌گردد (۱۹ و ۳۹). اگرچه قدرت تغذیه‌ای شکارگران در داخل قفس بطور معنی‌داری کمتر از شرایط طبیعی می‌باشد (۲۸)، اما روش مطالعه در قفس بهترین روش استاندارد جهت بررسی دقیق کارآیی شکارگران در کاهش انبوهی جمعیت شکار می‌باشد و نتایج حاصل را می‌توان به شرایط مزرعه تعمیم داد (۹ و ۳۸).

هدف از تحقیق حاضر، ارائه‌ی یک مدل جهت بررسی کارآیی و ارزیابی قدرت شکارگری بالتوری سبز در جلوگیری از رشد سریع جمعیت سفید بالک‌ها پنبه و گلخانه در شرایط گلخانه می‌باشد تا ضمن ارزیابی نقش بالتوری در کنترل بیولوژیک سفید بالک ها، زمینه‌ی لازم جهت امکان کاربرد توأم این دشمن طبیعی با سایر عوامل کنترل، در قالب برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات[2] فراهم گردد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در گلخانه‌ای به مساحت صد متر مربع، با دمای متوسط ۲ ± ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۷۵ - ۸۵ درصد، طول دوره‌ی روشنایی ۱۶ ساعت در شبانه روز، و روی گیاه شاه‌پسند درختی (*Lantana camara*) انجام شد. بوته‌های ۸ - ۱۰ برگی شاه‌پسند درختی (تعداد ۱۰۸ بوته‌ی گلدانی)، برای مدت ۲۴ ساعت به حشرات کامل سفید بالک‌ها پنبه و گلخانه (هر یک به تعداد ۳۰ جفت حشره‌ی کامل نر و ماده) آلوده گردیدند. با توجه به حضور توأم این دو آفت در گلخانه‌ی مورد استفاده و نیز اغلب گلخانه‌های دنیا (۲۵)، تفکیک آنها از یکدیگر انجام نشد و ارزیابی کارآیی بالتوری روی هر دو گونه بطور توأم صورت گرفت تا حتی‌الامکان به شرایط طبیعی نزدیک‌تر باشد. پس از مدت زمان فوق، بوته‌ها به تدریج از حشرات کامل سفید بالک ها پاک شده و داخل قفس‌های چوبی به ابعاد ۱×۱ ×۱ متر و محصور با پارچه‌ی توری مش۵۰ قرار گرفتند. به این ترتیب که ۳۶ عدد قفس برای این آزمایش در نظر گرفته شد و داخل هر قفس ۳ عدد گلدان حاوی بوته‌های شاه‌پسند درختی به صورت رئوس یک مثلث متساوی‌الاضلاع منظور گردید. چهارده روز پس از رهاسازی حشرات کامل سفید بالک ها و با ظهور پوره‌ی سن چهارم (۱۵ و ۱۹)، تعداد پوره‌های روی گیاهان مختلف شمارش و با حذف پوره‌های اضافی با استفاده از برس (۲۲) و سوزن ظریف، تعداد مورد نظر از پوره‌ها تنظیم گردید. پرورش و رهاسازی بالتوری‌ها به ترتیب بر اساس روش حاتمی (۲) و زیبایی (۳) انجام شد. قفس‌ها به ۹ گروه و هر گروه شامل ۳ عدد قفس تقسیم و در هر یک از گروه‌ها یکی از نسبت‌های شکارگر به شکار، شامل ۱ به ۵۰، ۱ به ۷۵، ۱ به ۱۰۰، ۱ به ۱۲۵، ۱ به ۱۵۰، ۱ به ۱۷۵، ۱ به ۲۰۰، ۱ به ۲۲۵، و ۱ به ۲۵۰ (لارو چهار روزه‌ی بالتوری به پوره‌ی سن چهارم سفید بالک ها) در نظر گرفته شد.

1- Eradication
2- Integrated Pest Management (IPM)

رهاسازی و استقرار لاروها به تعداد یک عدد روی هر بوته‌ی شاه‌پسند درختی انجام شد. یک قفس هم به عنوان شاهد به منظور بررسی رشد طبیعی جمعیت پوره‌ی سن چهارم سفید بالک ها در غیاب لارو شکارگر در نظر گرفته شد. به این ترتیب آزمایش با ۹ تیمار (شامل نسبت های مختلف رهاسازی لارو شکارگر به پوره‌ی سن چهارم سفید بالک ها) و در ۳ تکرار انجام شد. یک تیمار هم که فقط دارای پوره‌های سن چهارم سفید بالک ها در تعداد متفاوت (۵۰ تا ۲۵۰ عدد) بود، به عنوان شاهد منظور گردید (برای هر یک از نسبت‌های رهاسازی سه شاهد جداگانه در نظر گرفته شد). یک، سه و شش روز پس از رهاسازی و استقرار لاروهای چهار روزه‌ی بالتوری، تعداد پوره‌های سفید بالک ها بر روی هر یک از گیاهان بطور جداگانه شمارش گردید. میزان تغذیه‌ی لاروهای شکارگر، به وسیله‌ی مقایسه‌ی نسبت‌های مختلف رشد جمعیت (r_N)[1] پوره‌های سفید بالک ها در داخل قفس‌ها و در حضور و یا فقدان لارو شکارگر تخمین زده شد. r_N با استفاده از فرمول انت‌ویستل و دیکسون (۱۸) محاسبه گردید. فرمول انت‌ویستل و دیکسون (۱۸) عبارت است از:

$$r_N = \frac{\ln(D_{t_2} + 0.01) - \ln(D_{t_1} + 0.01)}{t_2 - t_1} \quad (۱)$$

در فرمول فوق D_{t1} و D_{t2} به ترتیب تراکم جمعیت پوره‌ی سن چهارم سفید بالک ها در زمان‌های t_1 و t_2 می‌باشند. بر اساس معادله‌ی فوق فرض بر این است که جمعیت‌های حشرات به صورت لگاریتمی رشد می‌کنند و بنابراین فرمول مزبور فقط باید برای محاسبات مربوط به دوران طولانی مدت بکار گرفته شود (۳۸). در بررسی حاضر، r_N برای فواصل زمانی مختلف (هر سه روز یک بار) محاسبه گردید. با در نظر داشتن این فرض که رشد جمعیت پوره‌های سفید بالک ها در هر تیمار در یک نسبت مشخص صورت می‌گیرد (۱۹ و ۴۰)، کاهش r_N (R)، که به وسیله‌ی لارو شکارگر ایجاد شده است، با استفاده از محاسبه‌ی r_N در قفس شاهد (Cr_N)[2] و قفس‌های دارای لارو شکارگر (Gr_N)[3] و تفاضل آنها از یکدیگر به دست می‌آید:

$$R = Cr_N - Gr_N. \quad (۲)$$

همبستگی بین R و نسبت‌های مختلف شکارگر (لارو چهار روزه‌ی بالتوری) به شکار (پوره‌ی سن چهارم سفید بالک ها پنبه و گلخانه) با محاسبهٔ ضریب همبستگی پیرسون،[4] مطابق روش سوکال و رولف (۳۴) و بر اساس مطالعات تن‌هامبرگ و پوهلینگ (۳۶ و ۳۸) تعیین گردید. با مبنا قرار دادن فرمول انت‌ویستل و دیکسون (۱۸) در پژوهش حاضر و نیز استفاده از منحنی نوع سوم هولینگ(۲۳) و فرمول ویسل (۴۳)، سایر معادلات ریاضیاتی طراحی و در نهایت معادله‌ی اصلی به منظور تخمین قدرت شکارگری لاروهای بالتوری در جلوگیری از افزایش تراکم جمعیت سفید بالک ها ارائه گردیده است.

نتایج و بحث

تأثیر لارو بالتوری سبز (*C.carnea*) روی جمعیت‌های سفید بالک ها پنبه و گلخانه در نسبت‌های مختلف رهاسازی شکارگر به شکار در شکل ۱ نشان داده شده است. اگرچه لاروهای بالتوری در تراکم‌های بالاتر شکارگر به شکار باعث کاهش بیشتر r_N یا نسبت رشد جمعیت سفیدبالک‌ها شدند، اما این تغییرات همبستگی معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (ضریب همبستگی پیرسون: ۰/۱۲۸؛ p = ۰/۳۴۱). بنابراین پیش‌بینی دقیق و قابل اطمینانی در رابطه با میزان اشتهای

1- نرخ ذاتی یا غریزی افزایش طبیعی جمعیت (Intrinsic rate of natural increase).

2- Control
3- Green lacewing
4- Pearson correlation coeficient

لارو بالتوری بر اساس نسبت‌های شکارگر به شکار نمی‌تواند وجود داشته باشد (شکل ١)، اما میزان اشتهای لارو بالتوری به صورت زیر تخمین زده شد. برای این منظور افزایش رشد جمعیت پوره‌ها در هر یک از فواصل زمانی مورد مطالعه ($\frac{dN}{dt}$)، با ضرب نمودن نسبت رشد جمعیت (r_N) و تعداد افراد (N) در زمان t قابل محاسبه گردید:

$$\frac{dN}{dt} = Nr_N. \qquad (٣)$$

از انتگرال معادله‌ی (٣)، معادله‌ی (۴) به دست می‌آید:

$$N = N_0 e^{tr_N}. \qquad (۴)$$

در معادله‌ی (۴)، r_N بیانگر نسبت رشد جمعیت پوره‌های سفید بالک ها در غیاب لارو بالتوری می‌باشد (تیمار شاهد). در این معادله، N_0 تعداد پوره‌های سفید بالک ها در حضور شکارگرها و در آغاز فاصله‌ی زمانی t (در روزهای اول، سوم و ششم پس از رهاسازی شکارگرها)، و N تعداد شکار قابل دسترس برای لارو بالتوری می‌باشد. اختلاف میان N و تراکم واقعی پوره‌ها در زمان $(N_t)t$ تقسیم بر تعداد لاروهای رهاسازی شده (P)، میزان اشتهای (V_N) لارو بالتوری را نشان می‌دهد (٣٧) (معادله‌ی ۵):

$$V_N = \frac{N_0 e^{3r_N} - N_3}{P}. \qquad (۵)$$

بر اساس پژوهش‌های انجام شده توسط اهنیسورج و وایرک (٣٠)، میزان اشتهای لاروهای شکارگران در تراکم‌های پائین شکار افزایش، و در تراکم‌های بالای شکار به دلیل میزان تغذیه‌ی حداکثر، کاهش می‌یابد که این امر به خوبی توسط منحنی نوع سوم هولینگ (٢٣) و مطالعات انجام شده توسط آدامز (۶) و تن‌هامبرگ (٣٧) نشان داده شده است:

$$V_N = \frac{kN^2}{N^2 + D^2} \qquad (۶)$$

در منحنی فوق، پارامتر D مقدار شکار تغذیه شده را وقتی که نیمی از حداکثر نسبت تغذیه‌ای K[1] اتفاق می‌افتد، نشان می‌دهد. بر اساس تجزیه واریانس رگرسیون غیرخطی از میزان اشتهای تخمین زده شده روی تعداد سفید بالک های قابل دسترس، K و D به ترتیب ١٩۶ و ١٠٨ (./٨ = r؛ ٠/٠٠١ = p) به دست آمدند.

تأثیر اشتهای لارو بالتوری روی افزایش جمعیت سفید بالک ها نیز تخمین زده شد. در غیاب لارو بالتوری در محیط و در نتیجه عدم وجود فشار تغذیه‌ای شکارگر، رشد جمعیت سفید بالک ها می‌تواند از فرمول زیر محاسبه گردد (۴٣):

$$dN/dt = Nr_N - PV_N. \qquad (٧)$$

اگر نسبت خالص افزایش (Nr_N) با نسبت تغذیه از شکار بوسیله‌ی لارو بالتوری (PV_N) برابر باشد، یعنی اگر:

$$Nr_N = PV_N. \qquad (٨)$$

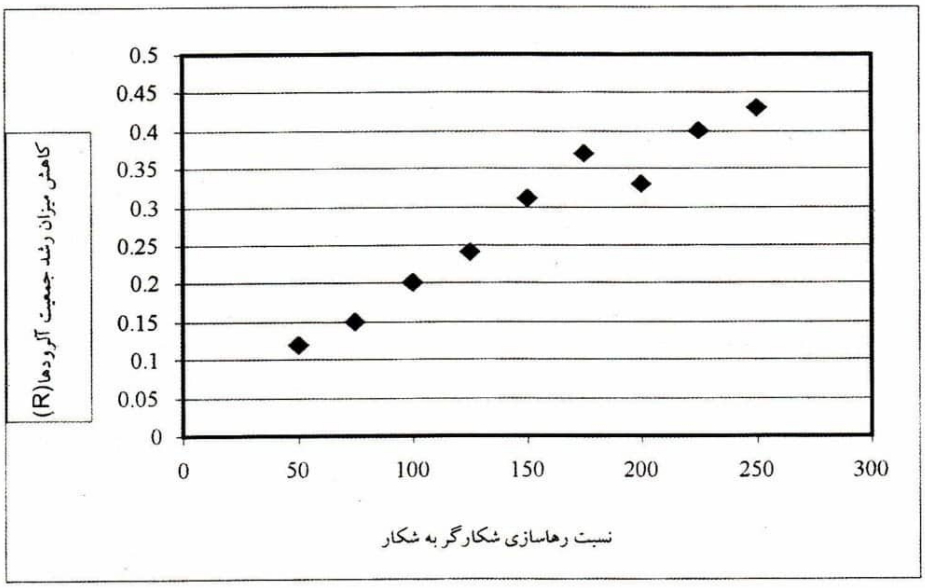
در آنصورت، رشد جمعیت سفید بالک ها (dN/dt) صفر خواهد شد.

جایگزین نمودن V_N از معادلهٔ ٨ با منحنی نوع سوم هولینگ و تلفیق نسبت افزایش جمعیت سفید بالک‌ها (Nr_N) با منحنی لوجیستیکی ورهالست (۴١)، معادله‌ی ٩ حاصل می‌گردد:

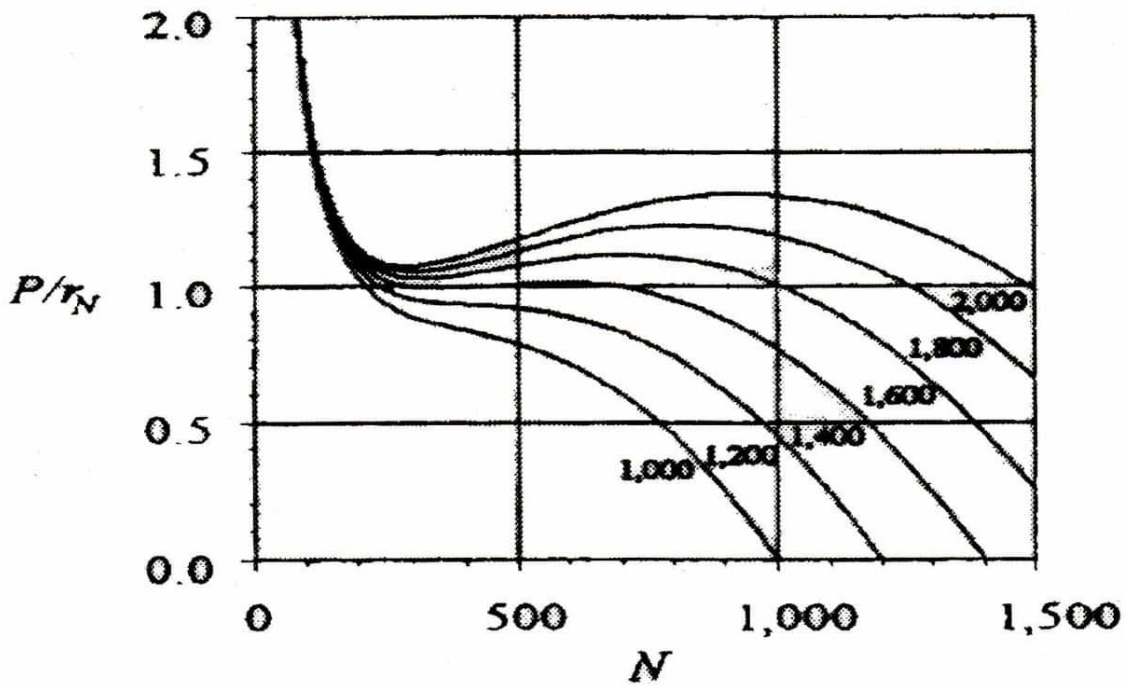
$$Nr\left(1-\frac{N}{z}\right) = P\frac{kN^2}{N^2+D^2}. \qquad (٩)$$

بر اساس منحنی ورهالست (۴١)، همچنان‌که تراکم جمعیت به بالاترین میزان خود (z) نزدیک می‌شود، رشد جمعیت کاهش می‌یابد. همان‌طوری‌که قبلاً بیان گردید مقادیر K و D در تحقیق حاضر به ترتیب ١٩۶ و ١٠٨ به دست آمد. با این فرض که ارزش z بین ١٠٠٠ و ٢٠٠٠ می‌باشد (٩، ٣۶ و ٣٧

1- Carying capacity: ظرفیت تحمل محیط.



شکل ۱- رابطه‌ی بین نسبت‌های مختلف رهاسازی شکارگر (لارو بالتوری) به شکار (پوره های سفید بالک ها) و کاهش میزان رشد جمعیت شکار (R).



شکل ۲- منحنی‌های N برای مقادیر مختلف z [N و P به ترتیب تراکم‌های شکار (پوره‌های سفید بالک ها) و شکارگر (لارو بالتوری)؛ z : حداکثر تراکم جمعیت سفید بالک ها؛ r_N نرخ رشد جمعیت سفید بالک ها].

)، بنابراین منحنی‌های رشد صفر[1] قابل ترسیم می‌باشند. بر این اساس هنگامی که مقدار شکار تغذیه شده با نرخ تولید مثل خالص آفت برابر باشد (یعنی یک سیستم پایدار[2])، هر منحنی بیانگر تمام ضرایب P/r_N برای مقدار z داده شده خواهد بود (۶). همچنین مقادیر مختلف P/r_N (حداقل، حداکثر و نقطه‌ی عطف) فقط برای $N>۱۵۰$ وجود دارد و برای $N<۱۵۰$ منحنی‌ها به یکدیگر ملحق شده و یک منحنی باکاهش یکنواخت[3] را بوجود می‌آورند (شکل ۲). بنابراین بر اساس موارد مذکور، در تراکم پایین جمعیت سفید بالک ها (پایین‌تر از سطح زیان اقتصادی)، تعداد شکارگر مورد نیاز جهت کاهش تراکم جمعیت آفت به زیر آستانه‌ی خسارت به مقدار N بستگی ندارد. به این ترتیب و بر اساس مدیریت تلفیقی آفات، فراوانی در حدود ۱۰ – ۱۵ پوره‌ی سفیدبالکها بر روی یک گیاه میزبان معمولاً قابل پذیرش است (۱۹). بر اساس گزارش وتزل و شوت (۴۲) و بازیدو و همکاران (۱۰)، فراوانی قابل تحمل در مورد شته‌ها، ۵ – ۱۰ عدد بر روی هر گیاه می‌باشد. اگرچه در رابطه با بسیاری از آفات سطح یا دامنه‌ی قابل تحمل مشخص و تبیین شده است، اما باید توجه داشت که دامنه‌ی پذیرش تراکم یک آفت بصورت یک قانون فراگیر نبوده و به عوامل بسیار متعددی مانند نوع گیاه میزبان، سن و اندازه‌ی گیاه، گونه‌ی آفت و غیره بستگی دارد (۳۵ و ۳۷). طبیعتاً در دامنه‌ی فراوانی مذکور که تراکم سفیدبالک پایین می‌باشد، z می‌تواند نادیده گرفته شود و از طرف دیگر P نیز می‌تواند به صورت منحنی N نوشته شود:

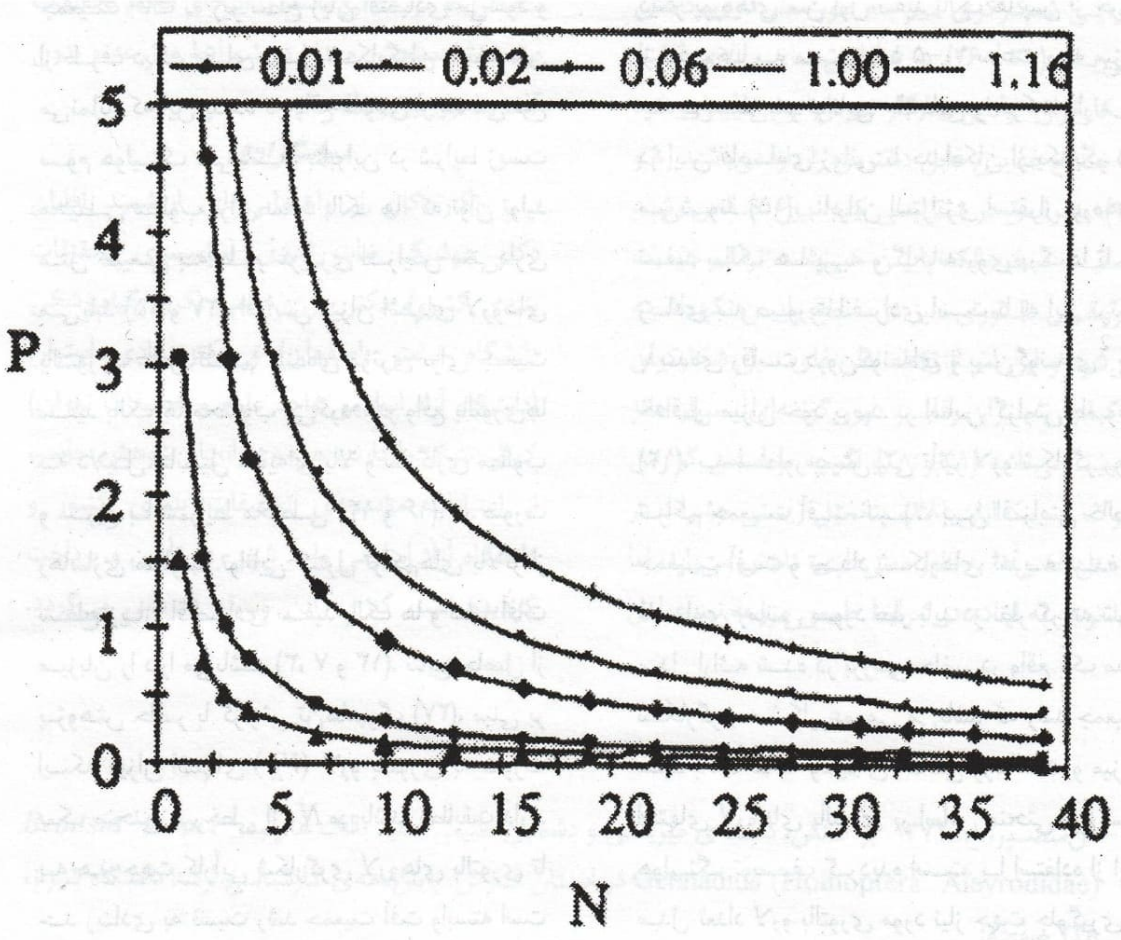
$$P=\frac{r_N(N^2+D^2)}{kN} \qquad (۱۰)$$

به این ترتیب، منحنی‌های رشد صفر را می‌توان به طور مستقیم از معادله‌ی ۱۰ استخراج نمود (شکل ۳).

در تحقیق حاضر، تأثیر لارو بالتوری سبز روی دینامیسم جمعیت سفید بالک ها پنبه و گلخانه در شرایط گلخانه و در داخل قفس‌ها تخمین زده شد. تخمین کارآیی شکارگر بر اساس منحنی نوع سوم هولینگ انجام گردید. بنابراین مدت زمان طعمه‌یابی،[4] مدت زمان دست‌یابی[5] به شکار، و میزان سیر بودن[6] شکارگران در نظر گرفته شدند. شکل لوجیستیکی منحنی نوع سوم هولینگ، افزایش میزان اشتهای لارو بالتوری را در تراکم‌های پایین پوره‌ی سفید بالک ها بر خلاف منحنی نوع دوم هولینگ به خوبی انعکاس می‌دهد. با توجه به اینکه طی سه روز اول و نیز یک روز آخر رشد و نمو لاروی، میزان اشتهای لاروهای بالتوری اندک می‌باشد (۸، ۲۰ و ۲۱)، و با توجه به اینکه حدود ۸ روز پس از رهاسازی لاروهای ۴ روزه‌ی بالتوری، مرحله‌ی شفیرگی ظاهر می‌گردد (۱، ۳ و ۱۶)، به همین دلیل در بررسی حاضر از لاروهای ۴ روزه‌ی بالتوری برای مدت ۶ روز استفاده گردید. در تحقیق حاضر یک عدد لارو بالتوری در طول دوران رشد و نمو لاروی خود حداکثر ۱۹۶ عدد از پوره‌های سفید بالک ها را مورد تغذیه قرار داد که رقم مذکور فقط نیمی از اشتهای بالقوه‌ی ارائه شده در منابع مختلف می‌باشد (۹و۱۱). بنابراین تخمین کارآیی شکارگری در لاروهای بالتوری بر اساس اشتهای بالقوه‌ی آنها ممکن است به تخمین بالاتری از تأثیر واقعی آنها روی جمعیت آفت منجر گردد. بر اساس مطالعات تن‌هامبرگ (۳۷)، میزان اشتهای لاروهای بالتوری نوساناتی را نشان می‌دهد که بیانگر عکس‌العمل

1- Zero Growth Isoclin
2- Stable system
3- Monotonically decreasing function

4- Prey locating
5- Handling time
6- Satiation



شکل ۳- منحنی‌های N برای مقادیر مختلف رشد جمعیت سفید بالک ها [N و P به ترتیب تراکم‌های شکار (پوره‌های سفید بالک ها) و شکارگر (لارو بالتوری)] .

سریع لاروهای بالتوری به تغییرات تراکم جمعیت سفید بالک ها می‌باشد و این امر در کنترل جمعیت آفات به وسیله‌ی شکارگران بسیار حائز اهمیت می‌باشد زیرا از یک طرف باعث کاهش تراکم جمعیت آفات به زیر سطح زیان اقتصادی می‌شود و از طرف دیگر بقای نسل شکارگران را تضمین می‌نماید که این پدیده در واقع نمودی از منحنی نوع سوم هولینگ می‌باشد، بنابراین در شرایط زیست محیطی مطلوب برای سفید بالک ها، که توان تولید مثل طبیعی به طور غریزی افزایش معنی‌داری می‌یابد (۱۵ و ۲۷)، افزایش میزان اشتهای لاروهای بالتوری، عامل تنظیم کننده‌ی مؤثری برای جمعیت سفید بالک ها محسوب می‌گردد. در واقع بالتوری‌ها به دلایل پتانسیل تغذیه‌ای بالا و سازگاری مطلوب و سریع با شرایط محیطی (۱۴ و ۱۶)، در صورت رهاسازی مطلوب، توانایی کنترل تراکم‌های بالاتر از سطح زیان اقتصادی سفید بالک ها و سایر آفات میزبان را دارا می‌باشند (۳، ۷ و ۱۳). نتایج حاصل از پژوهش حاضر با گزارش تن‌هامبرگ (۳۷)، مبنی بر اینکه میزان اشتهای (V_N) لارو بالتوری به صورت یک منحنی غیرخطی از N می‌باشد، مطابقت دارد. به هر جهت کارآیی شکارگری لاروهای بالتوری تا حد زیادی به نسبت رشد جمعیت آفت وابسته است و پیش‌بینی کاملاً دقیقی در رابطه با نسبت کاهش جمعیت آفت در نسبت‌های مختلف رهاسازی بالتوری به آفت امکان‌پذیر نمی‌باشد (۲۴، ۲۸ و ۳۵) و این امر در شکل ۱ به خوبی نمایان است. لازم به توضیح است که تخمگذاری سفید بالک ها پنبه و گلخانه روی برگ‌های صاف و بدون کرک (مانند برگ‌های شاه‌پسند درختی) به شکل دسته‌جمعی و روی یک دایره یا کمان می‌باشد (۴ و ۱۵)، اما هنگامی که تعداد تخم‌های گذاشته شده روی برگ‌ها افزایش می‌یابد، حشرات کامل تخم‌های خود را بدون نظم و ترتیب و به شکل انفرادی قرار می‌دهند و در واقع بین تراکم تخم‌های گذاشته شده در سطح برگ‌ها و میزان بی‌نظمی در استقرار تخم‌ها همبستگی مثبت وجود دارد (۱۹ و ۲۶)، که علت این امر احتمالاً کاهش دادن میزان رقابت درون‌گونه‌ای[1] به صورت غریزی می‌باشد. از طرف دیگر پوره‌های سن اول سفید بالک ها پس از خروج از تخم‌ها به مدت حدود ۵-۱۰ ساعت و به میزان چندین میلی‌متر توانایی جابجایی و حرکت دارند که در این فاصله‌ی زمانی تا حد امکان از یکدیگر دور می‌شوند (۱۵)، بنابراین استراتژی استقرار پوره‌های سفید بالک ها پنبه و گلخانه روی برگ‌ها تا حد زیادی به صورت انفرادی است تا به این ترتیب پدیده‌ی رقابت درون‌گونه‌ای و بین‌گونه‌ای[2] به حداقل میزان خود برسد. بر اساس گزارش بامبوش (۱۲)، به منظور پیش‌بینی تأثیر لارو شکارگر روی تراکم جمعیت آفت، نسبت بین افزایش خالص جمعیت آفت و تعداد شکارهای تغذیه شده در فاصله‌ی زمانی مورد نظر باید در نظر گرفته شود. مدل ارائه شده در بررسی حاضر در واقع یک مدل شکارگر به شکار عمومی می‌باشد که رشد جمعیت سفید بالک ها به وسیله‌ی منحنی ورهالست و میزان اشتهای لاروهای بالتوری بر اساس منحنی نوع سوم هولینگ توصیف گردیده است. با استفاده از این مدل تعداد لارو بالتوری مورد نیاز جهت جلوگیری از افزایش بیشتر تراکم جمعیت سفید بالک‌ها در تراکم‌ها و نرخهای رشدی مختلف قابل تعیین می‌باشد. از مدل ارائه شده در این بررسی می‌توان دو مفهوم اساسی برای پایداری در سیستم‌های مدیریت آفات اقتباس نمود: اول اینکه تراکم یا تعداد بالتوری مورد نیاز جهت جلوگیری از افزایش بیشتر فراوانی سفید بالک ها اساساً به شرایط محیطی بستگی دارد، زیرا شرایط محیطی مناسب جهت رشد و نمو آفات، باعث افزایش سریع جمعیت آفات شده و در نتیجه تعداد شکارگر مورد نیاز جهت کنترل

1- Intra – specific competition
2- Inter- specific competition

آفت نیز افزایش خواهد یافت (۱۷ و ۳۹). دومین مفهوم اقتباس شده از مدل اینکه، توأم با کاهش میزان آلودگی آفت (یا کاهش تراکم جمعیت آفت) و در نتیجه افزایش زمان جستجوگری[1] شکارگر، کارآیی شکارگری نیز به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (۳۱ و ۳۶). در فراوانی‌های بالای آفات، شکارگران توانایی سازگار نمودن نرخ تغذیه‌ای خود با منابع غذایی قابل دسترس را دارا می‌باشند (۹ و ۱۶)، بنابراین در شرایطی که نرخ خالص رشد جمعیت سفیدبالک پایین می‌باشد، تراکم جمعیت لاروهای بالتوری نیز در سطح پایین نگهداشته می‌شود و این امر از نقطه نظر بقای نسل شکارگران و کاهش میزان رقابت درون‌گونه‌ای بسیار حائز اهمیت می‌باشد (۳۱ و ۳۸). اگرچه بر اساس گزارش لوک و همکاران (۲۸)، پتانسیل زیستی حشرات در داخل قفس‌ها به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد، اما با توجه به اینکه در شرایط طبیعی مزرعه نیز عوامل متعددی به خصوص دشمنان طبیعی و نوسانات شدید آب و هوایی باعث کاهش تراکم جمعیت حشرات آفت می‌گردند (۱۷ و ۳۱)، بنابراین به نظر می‌رسد مدل ارائه شده در تحقیق حاضر قابل تعمیم به شرایط مزرعه نیز باشد. با اینحال انجام تحقیقات بیشتر و سنجش مدل در شرایط مزرعه و بدون قفس ضروری می‌باشد.

سپاسگزاری

نگارندگان از راهنمایی‌های ارزشمند آقایان دکتر هوشنگ بیات اسدی (مؤسسه‌ی تحقیقات پنبه‌ی کشور)، دکتر بیژن حاتمی (گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه صنعتی اصفهان) و دکتر هادی استوان (دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران) کمال تشکر را دارند. هزینه‌ی انجام پژوهش حاضر، از اعتبارات مؤسسه‌ی تحقیقات پنبه‌ی کشور و دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر ری تأمین و پرداخت گردیده است که به این وسیله قدردانی می‌گردد.

منابع

۱- آل‌منصور، ح. ۱۳۷۲. پراکنش، دامنه‌ی میزبانی و دشمنان طبیعی سفید بالک ها پنبه، *Bemisia tabaci* Gennadius (Homoptera: Aleyrodidae) در استان فارس. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد دانشگاه شیراز، ۲۲۸ صفحه.

۲- حاتمی، ب. ۱۳۷۹. یک روش سریع و مؤثر رهاسازی *Chrysoperla carnea* (Stephens) برای کنترل بندپایان آفت در گلخانه. خلاصه مقالات چهاردهمین کنگره‌ی گیاهپزشکی ایران، صفحه‌ی ۱۴۴.

۳- زیبایی، ک. ۱۳۷۸. استفاده‌ی منفرد و توأم مراحل پیشرفته‌ی لاروی کفشدوزک *Hippodamia variegata* (Goeze) و بالتوری (.Steph) *Chrysoperla carnea* در کنترل بیولوژیکی شته‌ی جالیز *Aphis gossypii* Glover پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۰۰ صفحه.

۴- قهاری، ح. و حاتمی، ب. ۱۳۷۹. مطالعه‌ی مورفولوژیک و بیولوژیک مگس سفید گلخانه، *Trialeurodes vaporariortum* Westwood (Homoptera: Aleyrodidae)، در اصفهان. مجله‌ی علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد چهارم، شماره‌ی دوم، ۱۴۱ ـ ۱۵۴.

1 - Searching time

۵- قهـاری، ح. و حاتمی، ب. ۱۳۸۰. مطالعه‌ی دشمنان طبیعی سفید بالک ها (Homoptera: Aleyrodidae) در استان اصفهان. نامه‌ی انجمن حشره‌شناسی ایران، ۲۰ (۱) : ۱ ـ ۲۴.

6- Adams, T. H. L. 1984. The effectiveness of aphid-specific predators in preventing outbreaks of cereal aphids. Ph. D. dissertation, University of East Anglia, Norwich, UK.

7- Adashdkevich, B. P. & Kusina, N. P. 1974. Chrysopids on vegetable crops. Zash. Rast. 9: 28-29/Rev. Appl. Entomol. A 64: 6355.

8- Afzal, M. & Khan, M. R. 1978. Life history and feeding behavior of green lacewing *Chrysopa carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). Pakistan J. Zool. 10: 83-90.

9- Agarwala, B. K. & Dixon, F. G. 1992. Laboratory study of cannibalism and interspecific predation in ladybirds. Ecol. Entomol. 17: 303-309.

10- Basidow, T., Bauers, C. & Lauenstein, G. 1989. Ergebnisse vierjahriger Untersuchungen zur gezielten Bekampfung der Getreideblattlause (Homoptera: Aphididae) im intensiven Winterweizenanbau: Optimaler Termin und Bekampfungsschwellen. Mitt. Biol. Bundesanst. Land. Forstwirstsch. Berl. Dahlem 524: 1-63.

11-Beglyarov, G. A. & Ushchekov, A. T. 1974. Experimentation and outlook for the use of chrysopids. Zash. Rast. 9: 25-27/Rev. Appl. Entomol. A 64: 6354.

12-Bombosch, S. 1963. Untersuchungen zur Vermehrung von *Aphis fabae* Scop. In Samenrubenbestanden unter besonderer Berucksichtigung der Schwebfliegen (Diptera: Syrphidae). Z. Angew. Entomol. 52: 105 - 141.

13- Bondarenko, N. V. & Moiseev, E. G. 1972. Evaluation of effectiveness of chrysopids in the control of aphids. Zash. Rast. 17(2): 19 - 20/Rev. Appl. Entomol. A 63: 3524.

14- Butler, G. D. & May, C. J. 1971. Laboratory studies of the searching capacity of larva of *Chrysopa carnea* for eggs of *Heliothis* spp. J. Econ. Entomol. 64(6): 1459 - 61.

15- Byrne, D. N. & Bellows, T. S. 1991. Whitefly biology. Annu. Rev. Entomol. 36: 431 - 57.

16- Canard, M., Semeria, Y. & New, T. R. 1984. Biology of Chrysopidae. Series Entomologica W. Junk: Dordrecht.

17- De Bach, P. & Rosen, D. 1991. Biological control by natural enemies. Cambridge University Press, 440 pp.

18- Entwistle, J. C. 7 Dixon, A. F. G. 1987. Short-term forecasting of wheat yield loss caused by grain aphid (*Sitobion avena*) in summer. Ann. Appl. Biol. 111: 489 - 508.

19- Gerling, D. 1990. Whiteflies: their bionomics, pest status and management. Intercept, Wimborne. UK. 348 p.

20- Gurbanov, G. G. 1984. Effectiveness of use of common lacewing, *Chrysopa carnea* Steph. In the control of sucking pests and the cotton moth on cotton. Izvetiya Academic Nauk Azer baidzhanskoi SSR. Biologicheskikh Nauk 3: 92 - 96/Rev. Appl. Entomol. A 73, 933.

21- Hagen, K. S., Greany, P., Swall, E. F., & Tassan, R. L. 1976. Tryptophan on artificial honeydew as a source of an attractant for adult *Chrysopa carnea*. Environ. Entomol. 5 (3): 458 - 68.

22- Hoddle, M. S., Van Driesche, R. G. & Sanderson, J. P. 1998. Biology and use of the whitefly parasitoid *Encarsia formosa*. Annu. Rev. Entomol. 43: 645 - 69.

23- Holling, C. S. 1966. The functional response of invertebrate predators to prey density. Mem. Entomol. Soc. Can. 48: 1 - 86.

24- Latto, J. & Hassel, M. P. 1988. Generalist predators and the importance of spatial density dependence. Oecologia 77: 375 - 77.

25- Liu, T. X., Oetting, R. D. & Buntin, G. D. 1994. Evidence of interspesific competition between *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci* on some greenhouse – grown plants. J. Entomol. Sci. 29: 55 - 56.

26- Liu, T. X. & Stansly, P. A. 1995. Oviposition by *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) on tomato: Effect of leaf factors and insecticide residues. J. Econ. Entomol. 88 (4): 992 - 97.

27- Lopez - Avila, A. 1986. Natural enemies. pp. 27 - 35, *In*: Cock, M. J. W. (ed.). *Bemisia tabaci* - a literature survay on the cotton whitefly. C. A. B. International Institute of Biological Control, Ascot, 121 pp.

28- Luck, R. F., Shepard, A. M. & Kenmore, P. E. 1988. Experimental methods for evaluating arthropod natural enemies. Annu. Rev. Entomol. 33: 367 - 91.

29- Martin, J. H., Mifsud, D. & Rapisarda, C. 2000. The whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) of Europe and Mediterranean Basin. Bull. Entomol. Research 90: 407 - 48.

30- Ohnesorge, B. & Viereck, A. 1983. Zur Befallsdichte - Abschatzung bei Getreideblattlausen. Z. Pflanzenkr. Pflanzenschutz 90 (2): 213 - 19.

31- Price, P. W. 1997. Insect ecology. John Wiley & Sons, 607 pp.

32- Ridgway, R. L. & Jones, S. L. 1969. Inundative releases of *Chrysopa carnea* for control on cotton. J. Econ. Entomol. 62 (1): 177 - 80.

33- Shuvakhina, E. Y. A. 1975. The lacewing against the colorado beetle. Zash. Rast. 7: 40/Rev. Appl. Entomol. A 73, 7595.

34- Sokal, R. R. & Rohlf, F. J. 1981. Biometry: the principles and practice of statics in biological research. Freeman. New York.

35- Synder, W. E. & Wise, D. H. 1999. Predator interfrence and the stablishment of generalist predator populations for biocontrol. Biological Control 15: 283 - 92.

36- Tenhumberg, B. & Poehling, H. M. 1991. Studies on the efficiency of syrphid larvae, as predators of aphids on winter wheat, pp. 281 - 88. In: Polgar, L., Chambers, R. J., Dixon, A. F. G. & Hodek, I. (eds.), Behaviour and Impact of Aphidophaga.SPB Academic, Den Haag, Niederlande.

37- Tenhumberg, B. 1992. Untersuchungen zur populations dynamik von syrphiden in winterweizenfeldern und quantifizierung ihrer bedeutung als antagonisten von getreideblattlausen. Ph. D dissertation, University of Gottingen.

38- Tenhumberg, B. & Poehling, H. M. 1995. Syrphid as natural enemies in Germany: aspects of their biology and efficiency in different years and regions. AGEE 52: 39 - 43.

39- Van Lenteren, J. C. & Woets, J. 1997. Development and stablishment of biological control of some glasshouse pests in the Netherlands. Pest Management Protected Culture Crops, pp. 81 - 87.

40- Van Roermund, H. J. W. & Van Lenteren, J. C. 1992. Life history parameters of the greenhouse whitefly and the parasitoid Encarsia formosa. Wageningen Agricultural University Papers, 92.3: 1 - 147.

41- Verhulst, J. H. 1883. Notice sur la loi que population suit dans accroissement. Corr. Math. Phys. 10: 113 - 21.

42- Wetzel, T. & Schutte, F. 1988. Zur schadens - und bekampfungsschwelle der getreideblattlaus [Macrosiphum (Sitobion) avena (Fabr.)] an winterweizen. Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst (Berl.) 40 (12): 177 - 79.

43- Wissel, C. 1989. Theoretsche okologie. Springer, Berlin.

Predation Model of *Chrysoperla Carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) on *Bemisia tabaci* and *Trialeurodes Vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae)

H. Ghahari[1] and B. Tenhumberg [2]

Abstract

A model was developed to estimate the efficiency of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) larvae on different densities of populations of *Bemisia tabaci* Gennadius and *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Homoptera: Aleyrodidae). The research was conducted in isolated cages in a greenhouse with 25 ± 2 °C, 75 – 85% RH, 16:8 (L: D) photoperiod on *Lantana camara*. Feeding rate of chrysopid larvae was estimated from the Holling type – III function. During larval development, each larva consumed a maximum of 196 aleyrodids, which is only half the potential feeding rate reported in laboratory experiments. The lower consumption rate in the greenhouse may be attributed to the additional time required by predators to find prey or handling time which increases significantly in lower density of prey. The derived functions from the model can be used to estimate the abundance of chrysopid larvae necessary to control the aleyrodids' population density in greenhouse and field conditions.

Keywords: *Chrysoperla carnea, Bemisia tabaci, Trialeurodes vaporariorum, Lantana camara, Predation model.*

1- Ph. D Student of Entomology; Islamic Azad University, Branch of Shahr-e-Rey, Tehran-IRAN.
2- Professor of Entomology; Department of Biological Sciences, Simon Fraser University, Burnaby, CANADA.