

رقابت و همپوشانی جمعیت شب پره های *Ephestia kuehniella* و *Plodia interpunctella* در شرایط تغذیه از میوه خرما

مسعود لطیفیان

سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، کرج، ایران
(تاریخ دریافت: ۹۹/۰۱/۱۹ - تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۵/۰۸)

چکیده

گونه های شب پره *Ephestia kuehniella* و *Plodia interpunctella* در انبارهای مواد غذایی از جمله خرما یافت می شوند. هدف از این پژوهش تعیین میزان رقابت و هم پوشانی شب پره های آفت انباری خرما بود. برای انجام آزمایش ها سه جعبه شیشه ای با ابعاد $50 \times 50 \times 40$ سانتی متر طراحی شدند. روی بدنه جعبه ها ۹ سوراخ تعبیه شده که برای نمونه برداری ها استفاده شدند. تغییرات جمعیت دو گونه در شرایط تغذیه از خرما در طول ۲۴ هفته و با فواصل زمانی هر هفته یک بار بررسی شد. از مدل های سری زمانی برای مطالعه جمعیت دو گونه و معادله رشد لجستیک برای برآورد اثر تراکم یک گونه بر گونه دیگر استفاده شد. نتایج نشان دادند که ظرفیت محیطی *E. kuehniella* و *P. interpunctella* به ترتیب معادل ۲۴۳۰ و ۱۶۱۰ و نرخ رشد جمعیت (r) به ترتیب معادل ۱/۲ و ۱/۳ بود. از هفته اول تا سوم حد تعادل جمعیت دو گونه نزدیک به هم بود. در هفته چهارم رقابت منجر به کاهش جمعیت شب پره *E. kuehniella* شد. بالاترین حد تعادل جمعیت دو گونه در هفته سیزدهم بود. پتانسیل آشیان بوم شناختی قابل بهره برداری (e_{ij}) و مقدار آشیان بوم شناختی بهره برداری نشده توسط هر گونه (z_{ij}) برای *E. kuehniella* از هفته هشتم تا انتهای دوره نمونه برداری بالاتر از *P. interpunctella* بود. میزان هم پوشانی آشیان های بوم شناختی دو گونه (D) بین ۰/۹۷-۱ متغیر بود که نشان دهنده هم پوشانی کامل فعالیت زمانی جمعیت دو گونه شب پره بود. نتایج این پژوهش در کنار سایر پژوهش های بوم شناسی جامعه حشرات آفات انباری خرما می تواند مورد استفاده متخصصین مدیریت تلفیقی آفات قرار گیرد.

واژه های کلیدی: حشرات انباری، رقابت زیستی، توزیع زمانی، هم پوشانی، آشیان اکولوژیکی.

Competition and overlap of *Ephestia kuehniella* and *Plodia interpunctella* moth populations in date fruits nutrition condition

Masoud latifian

Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Horticultural Science Research Institute, Date palm and Tropical Research Center, Ahwaz, Iran
(Received: April 7, 2020 - Accepted: July 29, 2020)

ABSTRACT

Plodia interpunctella and *Ephestia kuehniella* are found in food storages, including dates palm. The aim of this study was to determine the competition level and overlap of date palm moths' pests. Three glass boxes with dimensions of $50 \times 50 \times 40$ cm were designed for the experiments. There were 9 holes on the box's body for sampling. Population changes of the two species were monitored in the storage conditions of dates for 24 weeks. Time series models were used to study two species populations and logistic growth models to estimate the effect of density of one species on another species. The results showed that the environmental capacity of *E. kuehniella* and *P. interpunctella* were 2430 and 1610, respectively, and the population growth rate (r) was 1.2 and 1.3, respectively. The population balance of the two species was close together from the first to the third week. The population of *E. kuehniella* decreased in the fourth week. The highest population balance of the two species was in the 13th week the potential of exploitable ecological nests (e_{ij}) and the number of ecological nests exploited by any species (z_{ij}) for *E. kuehniella* was higher than *P. interpunctella* from the 8th week until the end of the sampling period. The overlap of ecological nests of the two species (D) ranged from 0.97 to 0.97, indicating a complete overlap of temporal activity of the two moth species populations on date palm feeding conditions. Results of this study, along with other ecological studies of the date stored pest insect community, can be used by integrated pest management experts.

Keywords: Storage insects, biological competition, temporal distribution, overlap, ecological niche.

مقدمه

گونه‌های شب‌پره *Plodia interpunctella* و *Ephestia kuehniella* از خانواده Pylalidae بوده و دارای پراکنش جهانی هستند. اگر چه این گونه‌ها بومی مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیر هستند؛ اما می‌توانند در بیشتر زمستان‌ها در آب و هوای معتدل زنده بمانند (Arbogast et al., 2002). این دو گونه غالباً در انبارهای مواد غذایی یافت می‌شوند (Cox & Bell, 1981). گونه‌های مختلف با زیستگاه‌های خود سازگار شده به همین دلیل در برخی موارد، مفهوم زیستی گونه برای توصیف رابطه واقعی بین گونه‌ها کافی نیست (Jones, 2003; Baker & Bradley, 2006). بر اساس اصول بوم‌شناختی، هر گونه آشیان اکولوژیکی خود را اشغال می‌کند و اجازه ورود به گونه‌های دیگر را نمی‌دهد (Schlick-Steiner et al., 2010; Fujita et al., 2012). مقایسه آشیان‌های گونه‌ای و درجه همپوشانی آشیان اکولوژیکی برای ارزیابی عملکرد بوم‌شناختی گونه‌ها و تمایز زیستی آن‌ها بسیار مهم بوده و اطلاعات کلیدی برای مدیریت آن‌ها را در سطح زیست‌بوم فراهم می‌کند (Raxworthy et al., 2007; Barve et al., 2011). سازوکارهای همزیستی بین گونه‌های رقیب ترکیب گونه‌های فعال در جامعه را تعیین می‌کنند (Pacala & Levin, 1997; Tilman, 1996). مطالعه گونه‌های رقیب با شباهت زیستی بیشتر، نشان می‌دهد که رقبای با ظرفیت زیستی پایین‌تر، نرخ پراکندگی بالاتری نسبت به رقبای برتر دارند (Mouquet et al., 2002). این فرآیند به گونه‌های رقیب اجازه می‌دهد تا بخش‌هایی از محیط را قبل از گونه برتر، استفاده کرده و از این طریق از اثرات منفی تراکم جمعیت گونه برتر جلوگیری می‌کنند (Doncaster, 2001; Heard & Remer, 1997). رفتار تجمعی نظیر بسیاری از حشرات انباری باعث کاهش زیست‌توده گونه شده و عملکرد گونه‌های رقیب را بهبود می‌بخشد. بر این اساس در تراکم‌های بالای جمعیتی حشرات انباری با افزایش رقابت درون‌گونه‌ای به نفع گونه رقیب ضعیف‌تر عمل کرده و مانع حذف آن می‌شود (Murrell & Law, 2003). مدل‌های مختلفی برای بیان تأثیر توزیع زمانی جمعیت بر میزان رقابت و همزیستی گونه‌ها طراحی شده است. در بیشتر این مدل‌ها سرعت رشد جمعیت عامل اصلی ایجاد پراکندگی زمانی و باعث از بین رفتن رقبای ضعیف‌تر است (Higgins & Cain, 2001).

(2002; Stoll & Prati, 2001). این پدیده با ایجاد پناهگاه‌های زمانی، سطح رقابت بین گونه‌ها را کاهش می‌دهد. علاوه بر این، سطح بالای رقابت درون‌گونه‌ای می‌تواند اندازه جمعیت را تا حدی کاهش دهد. در این شرایط رقابت امکان همزیستی بیشتر گونه‌های رقیب فراهم می‌شود (Neuhauser & Pacala, 1999). اطلاعات رقابت و همپوشانی در پویایی جمعیت آفت برای توسعه برنامه‌های کنترل تلفیقی آفات در شرایط انباری ضروری است (Rad & Latifian 2005). با استفاده از یافته‌های همزیستی، تنوع گونه‌ای، محدودیت فعالیت گونه‌های رقیب، تأثیر رقابت بر رشد حشرات انباری و میزان بقا آن‌ها قابل پیش‌بینی است (Anderson and Löfqvist, 1990; Mbata, 1996). هدف از این پژوهش تعیین میزان رقابت و همپوشانی شب‌پره‌های آفت در انبارهای نگهداری خرما بود. نتایج این پژوهش نشان داد که چرا یافتن هر دو گونه شب‌پره *E. kuehniella* و *P. interpunctella* به‌طور هم‌زمان در انبارهای خرما نادر است. هم‌چنین مشخص شد که در چه شرایطی امکان آلوده شدن انبارهای خرما به هر دو گونه شب‌پره وجود دارد.

مواد و روش‌ها

پرورش حشرات

جهت پرورش لاروهای دو گونه آفت از خرما رقم سایر به‌عنوان ماده غذایی استفاده شد. به این منظور مخلوط آب و مقداری مخمر نانویی بر روی خرماهایی که هسته‌گیری شده بودند، پاشیده شده و به تعداد مساوی خرما در تعدادی ظرف پلاستیکی درب دار به ابعاد ۸/۵ × ۷/۵ سانتی‌متر که در قسمت درب آن‌ها سوراخی جهت تهویه در نظر گرفته شده بود انجام شد. جهت ایجاد تهویه سوراخ درب ظرف‌ها با پارچه توری پوشانده شد. سپس تعداد ۵۰ عدد حشره در همه ظرف‌ها به‌صورت جداگانه رهاسازی شد. لاروهای هر دو گونه شب‌پره *E. kuehniella* و *P. interpunctella* پس از تفریح درون آرد آلوده به تخم‌ها فعال شدند. بعد از گذشت چند روز لاروها تبدیل به شفیره شد. شفیره‌ها به درون ظرف پلاستیکی درب دار حاوی خرما منتقل شدند تا شب‌پره فضای مناسبی جهت پرواز و جفت‌گیری داشته باشد. به‌منظور سازگاری دو گونه آفت با رژیم غذایی عملیات پرورش تا نسل دهم تکرار شد.

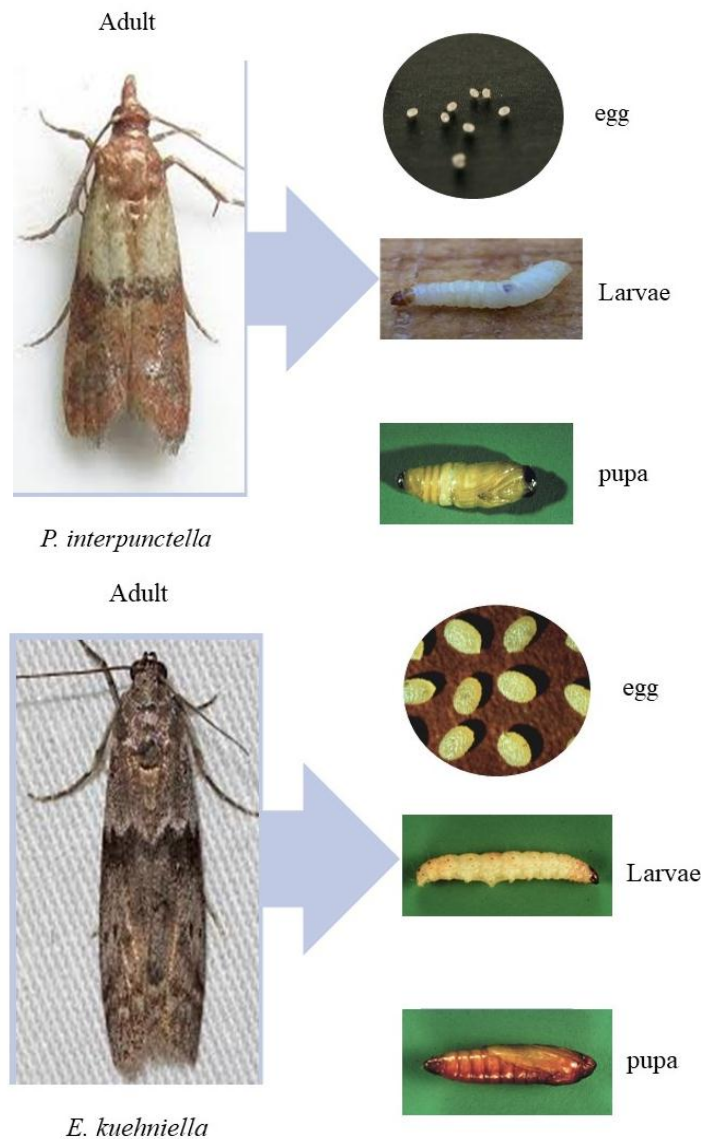
روش انجام آزمایش‌ها

برای انجام آزمایش‌ها سه جعبه شیشه‌ای با ابعاد ۴۰×۵۰×۵۰ سانتی‌متر طراحی شدند. روی بدنه جعبه‌ها در فواصل مساوی نه سوراخ تعبیه شدند که برای برداشتن خرما در نمونه‌برداری‌ها استفاده شدند. این سوراخ‌ها با یونولیت پوشانده شدند، به طوری که امکان فرار شب‌پره‌ها به حداقل رسید. زیر درب شیشه‌ای بالای جعبه پارچه تترون دولایه قرار گرفت تا در صورتی که شب‌پره‌ها اقدام به خروج از جعبه کردند به پارچه برخورد کرده و به سمت پایین هدایت شوند. در هر جعبه ۱۲ کیلو خرما قرار داده شد. این خرماها قبل از ریختن در جعبه‌های شیشه‌ای، به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۸- درجه سلسیوس قرار گرفتند تا آلودگی احتمالی به حشرات و کنه‌ها از بین برود. جعبه‌ها در شرایط آزمایشگاهی و با متوسط دمای ۲۷±۲ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۴۰±۵ درصد به مدت شش ماه نگهداری شدند. ۵۰۰ عدد لارو سن سوم از هر دو گونه شب‌پره *E. kuehniella* و *P. interpunctella* به هر یک از جعبه‌ها اضافه شد. اولین نمونه‌برداری دو هفته بعد انجام شد. پس از آن هر هفته نمونه‌برداری انجام شد. روش نمونه‌برداری به این صورت بود که به طور تصادفی از هر جعبه سه نمونه خرما (هرکدام ۲۰ گرم و در مجموع ۶۰ گرم) برداشته می‌شد. به صورتی که از سه ردیف سوراخ تعبیه‌شده در بدنه جعبه‌ها، سه نمونه یعنی از هر ردیف سه تایی، یک نمونه به صورت تصادفی برداشته شد. برای آماربرداری از جمعیت مراحل مختلف رشد شب‌پره‌ها، ابتدا محلولی حاوی ۱۰ گرم نمک، ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر، ۳۰ میلی‌لیتر سود و چند قطره متیلن بلو آماده شد. نمونه‌های خردشده خرما درون ارلن حاوی محلول ریخته شدند. محتویات ارلن پس از ۱۰ دقیقه جوشیدن از دو صافی که منافذ آن‌ها به صورت ضربدری روی هم قرار داشت، عبور داده شد. محتویات جامد روی صافی ماند و محتویات مایع از صافی رد شد و به درون ظرف زیرین ریخت. این مایع درحالی که مقداری نفت بی‌بو به روی آن ریخته شده در دکانتور قرار داده شد. پس از ۱۰ دقیقه، در مایع ۳ فاز تشکیل شد که فاز میانی روشن‌تر از فازهای دیگر بود. سپس یک سانتی‌متر از زیر فاز میانی، فاز میانی و یک سانتی‌متر از نفت بی‌بوی روی آن برداشته شد. مایع به دست آمده در پتری دیش ریخته شده و زیر بینی کولر بررسی و به دقت مراحل مختلف تخم،

لارو، شفیره و حشره کامل دو شب‌پره *E. kuehniella* و *P. interpunctella* شمارش گردید (Latifian et al., 2015; Latifian & Rad, 2015).

شناسایی گونه‌های شب‌پره‌ها

برای شناسایی مراحل مختلف رشدی دو گونه شب‌پره از کلیدهای علمی منتشر استفاده شد (Corbet & Tams, 2014; Al-Antary et al., 1943). بر اساس این کلید در شب‌پره آرد (*E. kuehniella*) عرض حشره کامل با بال‌های باز ۲۱-۱۸ میلی‌متر است، در نر قلاب‌ها تقریباً مستطیلی شکل و دارای یک دندانۀ برجسته در نوک رگیال کناری بال‌ها است. سرپوش آلت تناسلی دراز که به تدریج باریک شده و در لبه انتهایی مدور می‌شود. در ماده تخم ریز دراز و باریک است. تخم‌ها به طول ۰/۵۷ میلی‌متر و عرض ۰/۳۰ میلی‌متر، به شکل تخم‌مرغی و سفید و تاندازه‌ای به رنگ قوس و قزح با یک سطح دندانهای ریز هستند. طول لارو پس از رشد کامل ۱۵-۱۲ میلی‌متر به رنگ سفید و اغلب پشت‌گلی، آرواره بالا در سطح داخلی شکمی فقط دارای دو دندانۀ انتهایی و یک دندانۀ زیر انتهایی، پیش‌گرده و ناحیۀ پیشانی پیش لب در شفیره چین‌دار، قلاب‌های مخرجی (انتهای شکم) ۹-۷ و معمولاً ۷ عدد هستند (شکل ۱). در شب‌پره هندی (*P. interpunctella*) حشره کامل حدود ۹ میلی‌متر طول و با بال‌های باز حدود ۱۶ میلی‌متر عرض دارد. پالپ لب زیری متمایل به جلو و سر مجهز به مخروطی قوی با پوششی از فلس که در *Ephestia sp.* یا وجود ندارد و یا ضعیف‌تر است. نصف قاعده‌ای بال جلویی به رنگ سفید نقره‌ای و یا خاکستری و گاهی با نقطه‌های ریز و نیمه خارجی قهوه‌ای و مایل به قرمز و دارای نوارهای تیره نامنظم است. بال‌های زیری نقره‌ای مایل به خاکستری یکنواخت و مجهز به حاشیۀ طویل ابریشمی است. لارو در رشد کامل ۱۰-۱۳ میلی‌متر طول و به رنگ سفید مخلوط با رنگ زرد یا سبز است. آرواره بالا دارای سه دندانۀ واضح است که دندانۀ وسطی بزرگ‌تر از سایرین است. در شفیره نوک آرواره پایین معادل یک‌پنجم طول آرواره تا انتهی پاهای سوم فاصله دارد و قلاب‌های مخرجی (انتهای شکم) ۸-۷ عدد هستند. انتهی شاخک‌ها معمولاً به انتهی بال‌ها نمی‌رسد (شکل ۱).



شکل ۱. کلید تصویری شناسایی مراحل رشدی شب‌پره‌های *P. interpunctella* و *E. kuehniella* (Corbet & Tams, 1943; Al-Antary et al., 2014)

Figure 1. Image key to identify developmental stages of *E. kuehniella* and *P. interpunctella* moths (Corbet & Tams, 1943; Al-Antary et al., 2014)

ظرفیت محیطی^۲ معروف بوده و آن را با K نمایش می‌دهند. اگر N_0 (جمعیت موجود) به K (حد ظرفیت محیطی) نرسیده و یا کوچک‌تر از آن باشد و یا به عبارت دیگر اگر C' مثبت باشد، رشد جمعیت مثبت بود؛ اما چنانچه N_0 از K گذشته و یا بزرگ‌تر از آن باشد و یا به عبارت دیگر اگر C' منفی باشد، رشد جمعیت منفی بود. معادله رشد لجستیک به صورت معادله ۱ محاسبه شد (Zou & Wang, 2014).

مدل رشد لجستیکی وابسته به تراکم شب‌پره‌ها

در مدل رشد لجستیکی شکل منحنی رشد تا مرحله مسطح شدن به صورت سیگموییدی است. در این منحنی جمعیت تا مرحله مسطح شدن منحنی از روند افزایش جمعیت پیروی می‌کند. جمعیت تا بی‌نهایت رشد نمی‌کند و محیط در مقابل رشد آن مقاومت نشان می‌دهد که این مقاومت را تحت عنوان مقاومت محیطی^۱ می‌نامند. تراکمی از جمعیت که در آن میزان رشد صفر است به

2. Carrying capacity

1. Environmental resistance

سری زمانی بود. اگر $r_2 b_{11} > r_1 b_{21}$ و $r_2 b_{12} < r_1 b_{22}$ باشد. جمعیت دو گونه به حالت تعادل خواهد رسید. در چنین شرایطی جمعیت هرکدام از گونه به صورت معادله‌های ۴ و ۵ محاسبه شدند (Bao *et al.*, 2011; Bao & Yuan, 2012; Zhang *et al.*, 2017).

$$N_1 = \frac{r_1 b_{22} - r_2 b_{12}}{b_{11} b_{22} - b_{12} b_{21}} \quad \text{معادله ۴:}$$

$$N_2 = \frac{r_2 b_{11} - r_1 b_{21}}{b_{11} b_{22} - b_{12} b_{21}} \quad \text{معادله ۵:}$$

همپوشانی، همبستگی و میزان بهره‌وری آشیان‌های بوم‌شناختی گونه‌ها

برای ارزیابی میزان همپوشانی آشیان‌های بوم‌شناختی دو گونه *E. kuehniella* و *P. interpunctella* ابتدا شاخص احتمال وقوع نسبی O_{ij} بر اساس معادله ۶ محاسبه شد.

$$O_{ij} = \frac{\sigma(nij)}{\text{Max}(nij)} \quad \text{معادله ۶:}$$

در معادله ۶ O_{ij} تراکم جمعیت هر گونه در هر مکان نمونه‌برداری و $\text{Max}(nij)$ بیشترین تراکم ثبت‌شده در کل زمان‌های نمونه‌برداری بود (Ferrier *et al.*, 2007; Hengl *et al.*, 2009). در مرحله بعد توانایی آشیان بوم‌شناختی قابل بهره‌برداری در هر زمان توسط هر گونه e_{ij} با استفاده از معادله ۷ محاسبه شد.

$$e_{ij} = \frac{\text{Max}(nij) - nij}{\text{Max}(nij)} \quad \text{معادله ۷:}$$

مقدار آشیان بوم‌شناختی بهره‌برداری نشده توسط هر گونه (Z_{ij}) نیز توسط معادله ۸ قابل محاسبه است.

$$Z_{ij} = \frac{O_{ij}/e_{ij}}{\text{Max}(nij)} \quad \text{معادله ۸:}$$

میزان همپوشانی آشیان‌های بوم‌شناختی دو گونه (D) شب‌پره *E. kuehniella* و *P. interpunctella* با استفاده از معادله ۹ محاسبه شد (Warren *et al.*, 2008).

$$D = 1 - \frac{1}{2} \sum_{ij} (Z1_{ij} - Z2_{ij}) \quad \text{معادله ۹:}$$

دو شاخص معادله ۱۰ و ۱۱ در بیان همبستگی

$$N_t = \frac{K}{1 + e^{c - r t}} \quad \text{معادله ۱:}$$

رقابت جمعیت دو گونه شب‌پره

تغییرات جمعیت دو گونه *E. kuehniella* و *P. interpunctella* در شرایط انبارداری خرما در طول ۲۴ هفته و با فواصل زمانی هر هفته یکبار بررسی شد. از مدل‌های سری زمانی برای مطالعه جمعیت دو گونه استفاده شد. با فرض این که روند تغییرات جمعیت یک گونه تحت تأثیر فرآیند تغییرات جمعیت گونه دیگر باشد. شاخص همبستگی متقاطع برای همانندسازی مدل جمعیت در مقابل مسیر جمعیتی گونه دیگر استفاده شد. تغییرات جمعیت یک گونه ممکن است مستقل باشد یا در زمان‌های مختلف در طی فصل باهم ارتباط داشته باشد. حتی اگر تغییرات جمعیت‌ها متفاوت باشد با ماتریس وارپانس-کوواریانس مدل‌سازی شده و شاخص همبستگی متقاطع نرخ رشد جمعیت در طی زمان بر مبنای جمعیت گونه دیگر قابل ارزیابی است. در این پژوهش سرهای زمانی تغییرات تراکم جمعیت دو گونه شب‌پره بر مبنای شاخص همبستگی متقاطع ($CCF = b_{12} = b_{21}$) بررسی شدند. همچنین از شاخص همبستگی داخلی ($AC = b_{11} = b_{22}$) برای همانندسازی مدل جمعیت در مقابل مسیر جمعیتی همان گونه استفاده شد (Pearman *et al.*, 2008).

مدل رقابت بین جمعیت‌های شب‌پره‌ها

معادله رشد لجستیک برای برآورد اثر تراکم یک گونه بر تراکم گونه دیگر استفاده شد. برای محاسبه چنین اثراتی معادله رشد لجستیکی دو گونه به صورت معادله‌های ۲ و ۳ محاسبه شدند (Wu & Wang, 2014).

$$\frac{dN_1}{dt} = N_1(r_1 - b_{11}N_1 - b_{12}N_2) \quad \text{معادله ۲:}$$

$$\frac{dN_2}{dt} = N_2(r_2 - b_{21}N_1 - b_{22}N_2) \quad \text{معادله ۳:}$$

در این معادلات b_{11} و b_{22} اثرات تراکم یک گونه در کاهش سرعت رشد جمعیت خودش (شاخص خودهمبستگی در تحلیل سری زمانی AC) و b_{12} و b_{21} اثرات تراکم یک گونه در کاهش سرعت رشد جمعیت گونه دیگری (شاخص همبستگی متقاطع CCF) در تحلیل

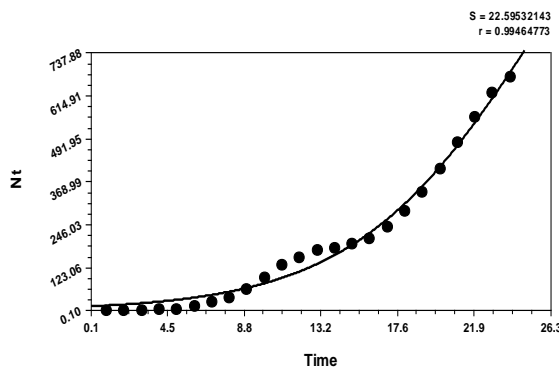
$$II = \frac{n_{1ij}}{n_{1ij} + n_{2ij}} \quad \text{معادله ۱۱:}$$

نتایج

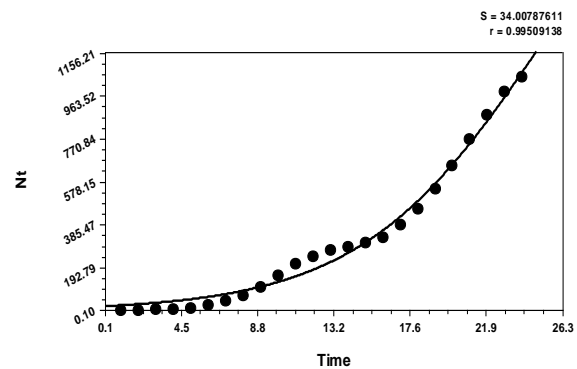
مدل‌های رشد لجستیک جمعیت شب‌پره‌ها شبیه‌سازی مدل رشد دو گونه شب‌پره *E. kuehniella* و *P. interpunctella* در شرایط تغذیه از خرما با استفاده از معادله ۱ انجام شد که نتایج آن در شکل ۲ مشاهده می‌شود.

گونه‌های شب‌پره مورد مطالعه استفاده شد. وقتی که هیچ‌گونه همبستگی وجود نداشته باشد مقدار این شاخص‌ها مساوی صفر و زمانی که همبستگی بیشترین باشد، برابر با یک است. شاخص دایس بر اساس میانگین همساز است و به صورت معادله ۱۰ محاسبه شد. شاخص جاکارد نیز بر اساس معادله ۱۱ محاسبه شد.

$$DI = \frac{2n_{1ij}}{2n_{1jj} + n_{2ij}} \quad \text{معادله ۱۰:}$$



$$P. interpunctella \\ N_t = \frac{1610}{1 + e^{1.9 - 1.3t}}$$



$$E. kuehniella \\ N_t = \frac{2430}{1 + e^{1.8 - 1.2t}}$$

شکل ۲. منحنی‌های مدل‌های رشد لجستیک برای داده‌های تراکم جمعیت دو گونه شب‌پره *E. kuehniella* و *P. interpunctella* در شرایط تغذیه از خرما

Figure 2. Curves of logistic growth models for population density data of two moth species *E. kuehniella* and *P. interpunctella*, in date palm feeding conditions

به‌طور کلی به این صورت تفسیر می‌شوند که همبستگی بسیار ضعیف و ناچیز اگر مقدار ضریب > 0.2 ، همبستگی ضعیف > 0.2 مقدار ضریب > 0.4 ، همبستگی متوسط > 0.4 مقدار ضریب > 0.6 ، همبستگی قوی، > 0.6 مقدار ضریب > 0.8 و همبستگی بسیار قوی > 0.8 مقدار ضریب باشد. هر چه مقدار به عدد ۱ یا -۱ نزدیک‌تر باشد همبستگی بیشتر خواهد بود. به‌گونه‌ای که اگر برابر یک باشد همبستگی کامل و مستقیم وجود دارد و اگر برابر منفی یک باشد، همبستگی کامل و معکوس است. علامت این ضریب جهت همبستگی را نشان می‌دهد، به‌گونه‌ای که علامت مثبت نشان‌دهنده همبستگی همسو و علامت منفی دلیلی بر همبستگی غیرهمسو است. بر این اساس

همان‌طور که در شکل ۲ ملاحظه می‌گردد، ظرفیت محیطی (K) دو گونه شب‌پره *E. kuehniella* و *P. interpunctella* در شرایط تغذیه از خرما به ترتیب معادل ۲۴۳۰ و ۱۶۱۰ و نرخ رشد جمعیت (r) به ترتیب معادل ۱/۳ و ۱/۲ بود. با توجه به نتایج، اگرچه ظرفیت محیطی برای پذیرش جمعیت *E. kuehniella* بیشتر بود اما سرعت رشد کمتری نسبت به شب‌پره *P. interpunctella* داشت. برای بررسی ارتباط زمانی پراکنش میان جمعیت دو گونه شب‌پره *E. kuehniella* و *P. interpunctella* در شرایط تغذیه از خرما شاخص همبستگی متقاطع (CCF) و خودهمبستگی (AC) در جدول ۱ نشان داده شده است. از نظر توصیفی، مقادیر مختلف ضریب همبستگی

جمعیت خودش بیشتر از گونه دیگری بود؛ اما پس از اوج دوم جمعیت، اثرات هر گونه بر جمعیت گونه دیگر بیشتر شد. اثرات منفی هر گونه بر تراکم جمعیت خودش از ابتدای اوج دوم فعالیت و از هفته چهاردهم افزایش یافت.

ارتباط تراکم جمعیت دو گونه شب‌پره *E. kuehniella* و *P. interpunctella* در هفته اول تا چهارم ضعیف بود. از ابتدای هفته پنجم فعالیت، این ارتباط به تدریج افزایش یافت به طوری که در اوج تراکم جمعیت به حداکثر رسید. در هفته اول تا هفته چهارم اثرات هر گونه بر تراکم

جدول ۱. مقادیر شاخص همبستگی متقاطع (CCF) و خودهمبستگی (AC) دو گونه شب‌پره *E. kuehniella* و *P. interpunctella* در شرایط تغذیه از خرما در طی دوره نمونه‌برداری

Table 1: Cross correlation (CCF) and autocorrelation (AC) values of two species of *E. kuehniella* and *P. interpunctella* in date palm feeding conditions during sampling period

Lag	AC (<i>E. kuehniella</i>)	AC (<i>P. interpunctella</i>)	CCF
			<i>E. kuehniella</i> and <i>P. interpunctella</i>
1	0.857	0.854	0.103
2	0.703	0.699	0.187
3	0.554	0.549	0.289
4	0.415	0.411	0.409
5	0.294	0.291	0.547
6	0.191	0.189	0.697
7	0.104	0.104	0.853
8	0.032	0.032	1
9	-0.030	-0.028	0.858
10	-0.087	-0.085	0.705
11	-0.142	-0.141	0.556
12	-0.200	-0.199	0.418
13	-0.254	-0.254	0.296
14	-0.304	-0.305	0.192
15	-0.342	-0.342	0.106
16	-0.366	-0.366	0.103

حالت از هفته اول تا چهارم ثبت شد که منجر به برتری جمعیت *P. interpunctella* نسبت به جمعیت *E. kuehniella* شده است.

اگر $r_1b_{22} > r_2b_{12}$ (Zone 2) و $r_1b_{21} > r_2b_{11}$ (Zone 5) باشد، حد نهایی جمعیت گونه دوم برابر صفر و جمعیت گونه اول تا حد ظرفیت رشد محیطی افزایش می‌یابد، بنابراین گونه دوم حذف می‌شود. این حالت از هفته پنجم تا بیستم ثبت شد. نتیجه رقابت دو گونه منجر به حذف *E. kuehniella* در طی هفته‌های هفدهم تا بیستم شد.

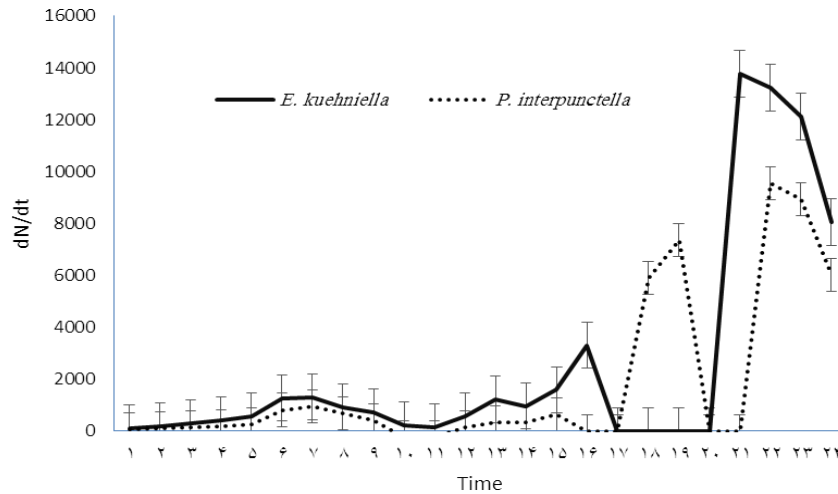
اگر $r_1b_{22} > r_2b_{12}$ (Zone 3) و $r_2b_{12} > r_1b_{21}$ (Zone 6) باشد، آنگاه جمعیت دو گونه به حالت تعادل

تغییرات تراکم جمعیت دو گونه شب‌پره بر اساس مدل رقابت لجستیکی

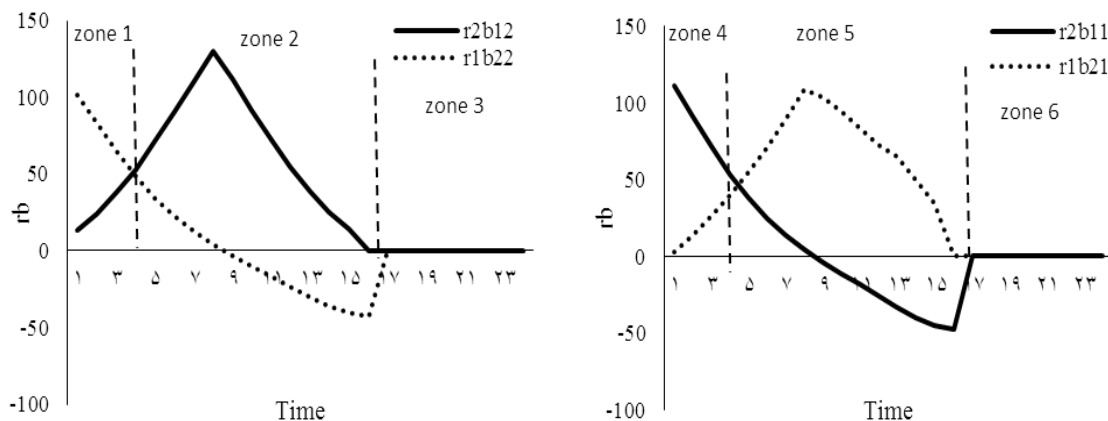
تغییرات جمعیت دو گونه *E. kuehniella* و *P. interpunctella* در شرایط تغذیه از خرما در طول ۲۴ هفته و معادله رشد لجستیک اثر تراکم یک گونه بر تراکم گونه دیگر بر اساس روابط ۲ و ۳ برآورد شد (شکل ۳). در کل چهار حالت مختلف برای نتیجه رقابت بین دو گونه وجود داشت (شکل ۴).

اگر $r_2b_{12} > r_1b_{22}$ (Zon1) و $r_2b_{11} > r_1b_{21}$ (Zone 4) باشد، حد نهایی جمعیت گونه اول برابر صفر و جمعیت گونه دوم تا حد ظرفیت رشد محیطی افزایش می‌یابد، بنابراین گونه اول حذف می‌شود. این

ناپایدار رسیده و یکی از دو گونه بر اساس سطح تراکم جمعیت اولیه‌شان حذف گردید. این حالت از هفته بیستم تا بیست و چهارم اتفاق می‌افتاد.



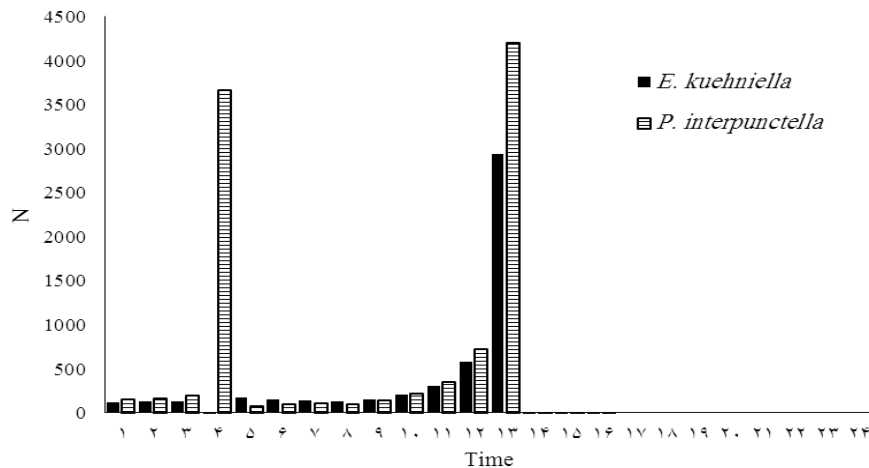
شکل ۳. مدل تغییرات تراکم جمعیت دو گونه شب‌پره *E. kuehniella* و *P. interpunctella* در شرایط تغذیه از خرما
Figure 3. Population density changes model of two moth species *E. kuehniella* and *P. interpunctella* in date palm feeding conditions



شکل ۴. چهار حالت مختلف برای نتیجه رقابت بین دو گونه شب‌پره *E. kuehniella* و *P. interpunctella* در شرایط تغذیه از خرما
Figure 4. Four different modes for the result of competition between two moth species *E. kuehniella* and *P. interpunctella* in date palm feeding conditions

همان‌طور که در شکل ۵ ملاحظه می‌شود از هفته اول تا سوم حد تعادل جمعیت دو گونه نزدیک به هم بود. در هفته چهارم منجر به کاهش جمعیت شب‌پره *E. kuehniella* شد. بالاترین حد تعادل جمعیت دو گونه شب‌پره *E. kuehniella* و *P. interpunctella* در شرایط تغذیه از خرما در هفته سیزدهم بود.

اگر $r_2b_{11} > r_1b_{21}$ و $r_2b_{12} < r_1b_{22}$ باشد، جمعیت دو گونه به حالت تعادل خواهد رسید. این شرایط بسته به نسبت تراکم دو گونه ممکن است در هریک از نواحی شش‌گانه به وجود آید. در چنین شرایطی جمعیت هرکدام از گونه بر اساس روابط ۴ و ۵ محاسبه شده و در شکل ۵ نشان داده شد.



شکل ۵. پیش‌بینی حد تعادل جمعیت دو گونه شب‌پره *E. kuehniella* و *P. interpunctella* در شرایط تغذیه از خرما در طی ۲۴ هفته نمونه‌برداری

Figure 5. Prediction of population equilibrium of two moth species *E. kuehniella* and *P. interpunctella* in date palm feeding conditions during 24 weeks of sampling

قابل بهره‌برداری (e_{ij})، مقدار آشیان بوم‌شناختی بهره‌برداری نشده توسط هر گونه (z_{ij})، میزان همپوشانی آشیان‌های بوم‌شناختی دو گونه (D) و شاخص‌های همبستگی دایس (DI) و جاکارد (JI) برای ۲۴ هفته نمونه‌برداری شده در جدول ۲ نشان داده شده‌اند.

همپوشانی، همبستگی و میزان بهره‌وری آشیان‌های بوم‌شناختی توسط دو گونه شب‌پره شاخص‌های همبستگی و همپوشانی آشیان بوم‌شناختی جمعیت دو گونه شب‌پره *E. kuehniella* و *P. interpunctella* در شرایط تغذیه از خرما شامل احتمال وقوع نسبی (O_{ij})، پتانسیل آشیان بوم‌شناختی

جدول ۲. شاخص‌های همبستگی و همپوشانی آشیان بوم‌شناختی دو گونه شب‌پره *E. kuehniella* و *P. interpunctella*
Table 2. Correlation and overlap indices of the ecological niches of the two moth species *E. kuehniella* and *P. interpunctella*

Week of sampling	O_{ij}		E_{ij}		Z_{ij}		D	DI	JI
	<i>P. interpunctella</i>	<i>E. kuehniella</i>	<i>P. interpunctella</i>	<i>E. kuehniella</i>	<i>P. interpunctella</i>	<i>E. kuehniella</i>			
1	0.05	0.01	0.95	0.99	0.06	0.01	1.00	0.33	0.50
2	0.09	0.01	0.91	0.99	0.06	0.01	1.00	0.29	0.46
3	0.14	0.02	0.86	0.90	0.06	0.02	1.00	0.29	0.45
4	0.19	0.02	0.81	0.98	0.06	0.02	1.00	0.29	0.45
5	0.28	0.03	0.72	0.97	0.07	0.02	1.00	0.29	0.45
6	0.73	0.11	0.27	0.90	0.20	0.02	1.00	0.36	0.53
7	0.98	0.16	0.02	0.84	3.45	0.02	1.00	0.37	0.54
8	1.21	0.20	-0.21	0.80	-0.26	0.02	1.00	0.37	0.54
9	1.97	0.35	-0.97	0.65	-0.05	0.02	1.00	0.39	0.56
10	2.62	0.49	-1.62	0.51	-0.03	0.03	1.00	0.40	0.57
11	2.82	0.53	-1.82	0.47	-0.03	0.03	0.97	0.40	0.57
12	1.73	0.32	-0.73	0.68	-0.07	0.02	1.00	0.40	0.57
13	1.56	0.29	-0.56	0.71	-0.09	0.02	1.00	0.40	0.57
14	0.79	0.13	0.21	0.87	0.25	0.02	1.00	0.37	0.54
15	0.93	0.15	0.95	0.85	0.06	0.02	1.00	0.36	0.53
16	1.36	0.22	-0.36	0.78	-0.14	0.02	1.00	0.36	0.53
17	2.87	0.50	-1.87	0.50	-0.03	0.03	1.00	0.38	0.55
18	3.78	0.67	-2.78	0.33	-0.02	0.04	1.00	0.39	0.56
19	4.75	0.83	-3.75	0.17	-0.01	0.09	1.00	0.39	0.56
20	5.43	0.96	-4.43	0.04	-0.01	0.41	1.00	0.39	0.56
21	6.14	1.11	-5.14	-0.11	-0.01	0.14	1.00	0.39	0.56
22	0.05	0.01	0.95	0.99	0.06	0.01	1.00	0.33	0.50
23	0.09	0.01	0.91	0.99	0.06	0.01	1.00	0.29	0.46

در اثر رقابت مداخله‌ای درون و بین‌گونه‌ای با ایجاد تعادل بین نرخ رشد و مرگ‌ومیر در هر مقطع زمانی باعث ایجاد ترکیب مناسب جمعیتی در سطح جامعه شده بود. البته نوع ماده غذایی مورد استفاده در تعیین سطح تعادل تراکم جمعیت مؤثر است. در پژوهش مشابهی رقابت *P. interpunctella* و *E. kuehniella* در سه نوع مواد غذایی با گرانروی متفاوت سطح تراکم جمعیت ۶، ۱۲ و ۲۴ به ترتیب در مواد غذایی گرانروی نرم (۰ میلی‌لیتر آب)، متوسط (۶۰ میلی‌لیتر آب) و سخت (۱۴۰ میلی‌لیتر آب) برآورد شد (Higgins & Cain, 2002; Murrell & Law, 2003). تغییرات در ویژگی‌های رقابتی دو گونه نشان می‌دهد که با محدود شدن دامنهٔ پراکنش زمانی و افزایش سرعت رشد گونه، شدت رقابت افزایش می‌یابد. این امر به این دلیل است که سرعت بالای رشد در یک دامنهٔ پراکنش زمانی کوتاه به گونه اجازه می‌دهد تا بدون برخورد رقابتی تغذیه و رشد کند. کاهش دسترسی به مواد غذایی و مکان در یک بازهٔ زمانی طولانی به دلیل اثرات منفی گونه‌های رقیب باعث کاهش سرعت رشد و مرگ‌ومیر بیشتر دو گونهٔ شب‌پرهٔ مورد مطالعه می‌شد (شکل ۴). مطالعات تجربی و مدل‌های پویایی جمعیت نشان داده‌اند که رقابت میان شب‌پره‌های جنس *Plodia* و *Ephestia* از نوع رقابت نامتقارن است. به عبارت دیگر اگرچه ممکن است رقابت در یک مرحلهٔ رشدی به نفع *Plodia* باشد اما در صورت محدود بودن منابع، *Ephestia* در مرحلهٔ رشدی بالاتر می‌تواند بقای *Plodia* را در مرحلهٔ سنی پایین‌تر و با قدرت بقای کمتر کاهش دهد (Jiang & Morin, 2004). نتایج این پژوهش نیز نامتقارن بودن رقابت بین دو شب‌پرهٔ مورد مطالعه را در مقاطع زمانی مختلف نشان دادند؛ اما استثنائاتی نیز وجود داشت. در مواردی با افزایش نسبت تراکم در ابتدای فصل که هر دو گونه در یک محیط کم تراکم فعالیت می‌کردند، افزایش تراکم رقیب برتر *P. interpunctella* باعث کاهش بقای رقیب وابسته *E. kuehniella* نمی‌شد. این نتیجه به دلیل در دسترس بودن منابع لازم برای دو شب‌پرهٔ

بر اساس نتایج به دست آمده در ۱۰۰ درصد زمان‌های نمونه‌برداری احتمال وقوع نسبی (O_{ij}) *P. interpunctella* بالاتر از *E. kuehniella* بود. پتانسیل آشیان بوم‌شناختی قابل بهره‌برداری (e_{ij}) و مقدار آشیان بوم‌شناختی بهره‌برداری نشده توسط هر گونه (Z_{ij}) برای *E. kuehniella* از هفتهٔ هشتم تا انتهای دوره نمونه‌برداری بالاتر از *P. interpunctella* بود. میزان همپوشانی آشیان‌های بوم‌شناختی دو گونه (DI) بین ۰/۹۷-۱ متغیر بود که نشان‌دهندهٔ همپوشانی کامل فعالیت زمانی جمعیت دو گونهٔ شب‌پرهٔ *E. kuehniella* و *P. interpunctella* در شرایط تغذیه از خرما بود. شاخص‌های همبستگی شامل دایس (DI) و جاکارد (JI) به ترتیب بین ۰/۲۹-۰/۴۰ و ۰/۴۶-۰/۵۷ متغیر بود که نشان‌دهندهٔ همبستگی متوسط پراکنش زمانی دو گونهٔ شب‌پرهٔ مورد مطالعه بود.

بحث

نتایج این پژوهش نشان دادند که جمعیت دو گونه تغییرات تراکم جمعیت خود را از هفتهٔ اول رهاسازی لاروها آغاز می‌کنند. البته تغییرات تراکم جمعیت *P. interpunctella* حدود یک هفته زودتر از *E. kuehniella* آغاز می‌شد. روند افزایش جمعیت دو گونه در شش هفتهٔ اول و در هفته‌های هفدهم تا بیست و دوم افزایشی بود. شیب افزایش جمعیت گونهٔ *P. interpunctella* بیشتر از گونهٔ *E. kuehniella* بود. اوج تراکم جمعیت گونه‌ها به ترتیب در هفتهٔ دهم و بیست و یکم بود. جمعیت گونهٔ *E. kuehniella* همواره در سطح پایین‌تری نسبت به گونهٔ *P. interpunctella* قرار داشت. فعالیت هر دو گونه به ترتیب در هفتهٔ چهاردهم و بیست و چهارم به حداقل مقدار می‌رسید. در این پژوهش، اثرات پراکنش زمانی تراکم جمعیت بر رقابت درون و بین‌گونه‌ای در دو شب‌پرهٔ *P. interpunctella* و *E. kuehniella* مطالعه شد. از شاخص‌های رشد و سطح تعادل جمعیت دو گونه به‌عنوان معیار شدت رقابت استفاده شد. نتایج نشان دادند که برآیند اثرات تغییرات تراکم جمعیت دو گونه

پراکندگی در محیط‌های بدون رقابت را دارند. با استفاده از این روند «مسابقه برای فضا»، گونه *E. kuehniella* با تراکم جمعیت کم می‌تواند جمعیت خود را در سطح پایین‌تر و در بازه زمانی طولانی‌تر به‌طور یکنواخت‌تری در محیط گسترش دهند و پیامدهای مخرب رقابت با گونه *P. interpunctella* را به حداقل برساند. این در حالی است که در گونه *P. interpunctella* که از سرعت رشد بالاتری برخوردار است، در تراکم جمعیت زیاد، مواد غذایی و فضای موجود برای افراد کم می‌شد و رقابت درون‌گونه‌ای بیشتر از رقابت بین‌گونه‌ای جمعیت را تحت تأثیر قرار می‌داد. در نتیجه کمبود منابع و رقابت درون‌گونه‌ای باعث کاهش نرخ رشد جمعیت آن می‌شد (جدول ۱).

عدم حساسیت سرعت رشد *P. interpunctella* در برابر کمبود مواد غذایی نسبت به *E. kuehniella* ممکن است دلیل اصلی موفقیت این گونه در جامعه مورد بررسی باشد (شکل ۵). البته ظرفیت محیطی کمتر *P. interpunctella* منجر به گذراندن زمان کمتری برای رسیدن به حداکثر ظرفیت محیطی نسبت به *E. kuehniella* می‌شد، این موضوع باعث کاهش درجه رقابت درون‌گونه‌ای می‌شد.

مفهوم سلسله‌مراتب اشغال آشیان‌های بوم‌شناختی یکی از قدیمی‌ترین مفاهیم سازگاری گونه‌ها است (Van Valen, 1976). تمایز زیست‌محیطی گونه‌ها می‌تواند نیروی محرک اصلی در واگرایی گونه‌ها باشد (Nakazato et al., 2010). این دو گونه نیازهای بوم‌شناختی متفاوتی ندارند، زیرا مناسب بودن زیستگاه در تمام زمان‌های نمونه‌برداری نزدیک به ۱ بوده که نشان‌دهنده همپوشانی کامل است. نتایج این پژوهش در کنار سایر مطالعات بوم‌شناسی جامعه حشرات آفات انباری خرما می‌تواند مورد استفاده متخصصین مدیریت تلفیقی آفات قرار گیرد. توجه به تأثیرات رقابتی گونه‌ها در پویایی جمعیت، همزیستی و تکامل هم‌زمان حشرات انباری بسیار اهمیت دارد. این اطلاعات برای پیش‌بینی وضعیت تغییرات جمعیت و اتخاذ روش‌های ساده کنترل آفات انباری استفاده می‌شود. کنترل آفات خرما نیازمند شناخت عوامل

رقیب در آغاز دوره رخ داده است. رقابت شبیه به تغییر محیطی است که باعث افزایش اولیه موفقیت یا بقای رقبا می‌شود، همچنین محیط را مستعد تهاجم رقیب برتر می‌کند (Cameron et al., 2005).

افزایش بقا در پاسخ به فشار رقابت در جمعیت *P. interpunctella* مشاهده شد. هنگامی که تراکم جمعیت دو گونه شب‌پره به حد آستانه تعادل جمعیت می‌رسید، موفقیت *E. kuehniella* شروع به کاهش می‌کرد (مقایسه شکل‌های ۵ و ۳). علت این پدیده در نوع رفتار این شب‌پره‌ها بود که در مطالعات برخی پژوهشگران نشان داده شده است. در چندین گونه از لارو شب‌پره‌ها هنگام قرار گرفتن در معرض فشار رقابتی ترکیبی از بزاق بیرون می‌زنند که می‌تواند باعث عقب‌نشینی رقبای هم‌گونه و بین‌گونه‌ای شود (Poirier & Borden 1995, 2000). حشرات کامل *E. kuehniella* با کاهش تخم‌گذاری بر روی زیستگاه‌های با تراکم جمعیت بالای لاروی به این شرایط پاسخ می‌دهند (Anderson & Lofqvist, 1996). رفتار همخواری نیز نوعی رفتار عملکردی رقابتی است که در شرایط رقابت شدید و کمبود شدید منابع حاکم می‌شود. در این شرایط لاروهای بزرگ‌تر، لاروهای کوچک‌تر، شفیره‌ها و تخم‌ها را مورد تغذیه قرار می‌دهند و با تغییر تراکم جمعیت و ساختار سنی موقعیت را تغییر می‌دهند (Claessen de Roos & Persson, 2004). تجزیه و تحلیل همبستگی تقاطعی نشان داد که بین فراوانی دو گونه شب‌پره *E. kuehniella* و *P. interpunctella* رابطه معنی‌داری وجود دارد. به‌طوری‌که فراوانی‌های یک گونه از هفته چهارم به بعد می‌تواند فراوانی بعدی گونه دیگر را تحت تأثیر قرار دهد (جدول ۱). همبستگی تقاطعی از هفته چهارم تا هفته یازدهم معنی‌دار و بین ۰/۴۱ تا ۰/۸۵ متغیر بود. اوج همبستگی در هفته هفتم بود. کمترین میزان همبستگی در هفته اول و شانزدهم و معادل ۰/۱ بود. در تراکم‌های کم جمعیتی نظیر چهار هفته اول نمونه‌برداری که مواد غذایی و فضای کافی وجود دارد، افراد دو گونه شب‌پره *E. kuehniella* و *P. interpunctella* توانایی فرار از برخوردهای رقابتی و

افزایش سریع آفات بالقوه وجود دارد. اقدامات مدیریت تلفیقی با تکیه بر افزایش مستمر دانش بوم‌شناسی باعث کاهش اثرات نامناسب کنترل و خسارت اقتصادی آفات شده و خطر عوامل تشدیدکننده آفات بالقوه را کاهش می‌دهد. این پژوهش بخشی از اطلاعات بوم‌شناختی مربوط به کنترل آفات انباری خرما را با تفکر مدرن مهندسی بوم‌شناختی فراهم نموده است.

بوم‌شناختی مؤثر بر جمعیت آن‌ها است. این اطلاعات پیش‌نیازهای اساسی برای اثربخشی مناسب روش‌های مدیریت تلفیقی آفات است. عدم آگاهی از این اصول منجر به هزینه اضافی ناشی از روش‌های کنترل نامناسب می‌گردد. انبارهای نگهداری خرما در آب‌وهوای مداوم گرم و مرطوب جنوب و جنوب غربی کشور از ثبات زیستی بالایی برخوردار هستند، به طوری که بسیاری از آفات به شدت توانایی خسارت‌زایی دارند. در صورت هر گونه تغییر امکان

REFERENCES

1. Al-Antary, T., Khawaldeh, M. & Ateyyat, M. (2014). Diagnostic characters of date palm pests. *Bothalia Journal*, 44(7): 144-162.
2. Anderson, P. & Löfqvist, J. (1996). Asymmetric oviposition behaviour and the influence of larval competition in the two pyralid moths *Ephestia kuehniella* and *Plodia interpunctella*. *Oikos*, 76, 47-56.
3. Arbogast, R. T., Kendra, P. E. & McDonald, R. C. (2002). Infestation of a botanicals warehouse *Plodia interpunctella* and *Ephestia elutella* (Lepidoptera:Pyralidae). *Entomological News*, 113, 41-49.
4. Baker, R. J. Bradley, R. D. (2006). Speciation in mammals and the genetic species concept. *Journal of Mammalogy*, 87(4): 643-662.
5. Bao, J., Mao, X., Yin, G. & Yuan, C. (2011). Competitive Lotka-Volterra population dynamics with jumps. *Nonlinear Anal.* 74, 6601-6616.
6. Bao, J. & Yuan, C. (2012). Stochastic population dynamics driven by Lévy noise. *Journal of Mathematical Analysis*. 391, 363-375
7. Barve, N., Barve, V., Jiménez-Valverde, A., Lira-Noriega, A., Maher, S. P., Peterson, A. T. & Villalobos, F (2011). The crucial role of the accessible area in ecological niche modeling and species distribution modeling. *Ecological Modelling*, 222(11): 1810-1819.
8. Cameron, T.C., Wearing, H.J., Rohani, P., Sait, S. M. & Memmot, J. (2005). A koinobiont parasitoid mediates competition and generates additive mortality in healthy host populations. *Nordic Society Oikos*, 110, 620-628.
9. Claessen, D., de Roos, A.M. & Persson, L. (2004). Population dynamic theory of size-dependent cannibalism. *Proceedings of the Royal Society of London Series B, Biological Sciences*, 271, 333-340.
10. Corbet, A. S. & Tams, W. H. (1943). Keys for identification of Lepidoptera infesting stored food products. *Proc. Zool. Soc. Ser. B.*, 113, pp. 55-145.
11. Cox, P. D. & Bell, C. H. (1981). A review of the biology of moth pests of stored products.- ADAS publication, Slough Laboratory, Berks, UK.
12. Doncaster, C. P. (2001). Healthy wrinkles for population dynamics: unevenly spread resources can support more users. *Journal of Animal Ecology*, 70, 91-100.
13. Ferrier, S., Manion, G., Elith, J. & Richardson, K. (2007). Using generalized dissimilarity modelling to analyse and predict patterns of beta diversity in regional biodiversity assessment. *Diversity and Distributions*, 13, 252-264.
14. Hengl, T., Sierdsema, H., Radovic, A. & Dilo, A. (2009). Spatial prediction of species' distributions from occurrence-only records: combining point pattern analysis, ENFA and regression-kriging. *Ecological Modelling*, 220, 3499-3511.
15. Heard, S. B. & Remer, L. C. (1997). Clutch size behaviour and coexistence in ephemeral-patch competition models. *American Naturalist*, 150, 744-770.
16. Higgins, S. I. & Cain, M. L. (2002). Spatially realistic plant metapopulation models and the colonisation-competition trade-off. *Journal of Animal Ecology*, 90, 616-626.
17. Jiang, L. & Morin, P. J. (2004). Productivity gradients cause positive diversity-invasibility relationships in microbial communities. *Ecology Letters*, 7, 1047-1057.
18. Jones, T. A. (2003). The restoration gene pool concept: beyond the native versus non-native debate. *Restoration Ecology*, 11(3): 281-290.

19. Latifian, M. Rad, B. & Ghamari, M. (2013). Determination the population density of different development stags of Mediterranean meal moth *Ephesia kuheniella* Zell. in Date fruit Sayer cultivar based on spectrophotometry. *Journal of Plant Protection*, 27(4), 491-510.
20. Latifian, M. & Rad, B. (2015). Determination of the population densities of different development stags of Sawtoothed beetle *Oryzaephilus surinamensis* L. in Date fruit) Sayer cultivar basuing spectrophotometry method. *Journal of Etomology Research*. 6(4): 353-365.
21. Mbata, G. N. (1990). Studies on the intraspecific larval interaction in a laboratory culture of *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) on two food media. *Insect Science Applications*, 11, 245-251.
22. Mouquet, N., Moore, J. L. & Loreau, M. (2002). Plant species richness and community productivity: why the mechanism that promotes coexistence matters. *Ecology Letters*, 5, 56-65.
23. Murrell, D. J. & Law, R. (2003). Heteromyopia and the spatial coexistence of similar competitors. *Ecology Letters*, 6, 48-59.
24. Neuhauser, C. & Pacala, S. W. (1999). An explicitly spatial version of the Lotka- Volterra model with interspecific competition. *Annual Applied Probability*, 9, 1226-1259.
25. Pacala, S. W. & Levin, S. A. (1997). Biologically generated spatial pattern and the coexistence of competing species. In: Tilman D, Kareiva P (eds) *Spatial ecology: The role of space in population dynamics and interspecific interactions*. Princeton Univ Press, Princeton, pp 204–232
26. Pearman, P.B., Guisan, A., Broennimann, O. & Randin, C.F. (2008). Niche dynamics in space and time. *Trends in Ecology and Evolution*, 23, 149–158.
27. Poirier, L. M. & Borden, J. H. (1995). Oral exudate as a mediator of behavior in larval eastern and western spruce budworms (Lepidoptera, Tortricidae). *Journal of Insect Behavior*, 8, 801–811.
28. Poirier, L.M. & Borden, J. H. (2000). Influence of diet on repellent and feeding-deterrent activity of larval oral exudate in spruce budworms (Lepidoptera: Tortricidae). *Canadian Entomologist*, 132, 81–89.
29. Raxworthy, C. J., Ingram, C. M., Rabibisoa, N. & Pearson, R. G. (2007). Applications of ecological niche modeling for species delimitation: a review and empirical evaluation using day geckos (*Phelsuma*) from Madagascar. *Systematic Biology*, 56(6): 907–923.
30. Schlick-Steiner, B. C., Steiner, F. M., Seifert, B., Stauffer, C., Christian, E., Crozier, R. H. (2010). Integrative taxonomy: a multisource approach to exploring biodiversity. *Annual Review of Entomology*, 55: 421–438.
31. Stoll, P. & Prati, D. (2001). Intraspecific aggregation alters competitive interactions in experimental plant communities. *Ecology*, 82, 319-327.
32. Tilman, D. (1996). Biodiversity: population versus ecosystem stability. *Ecology*, 77, 350-363.
33. Warren, D.L., Glor, R.E. & Turelli, M. (2008). Environmental niche equivalency versus conservatism: quantitative approaches to niche evolution. *Evolution*, 62, 2868–2883.
34. Wu, R., & Wang, K. (2014). Population dynamical behaviors of stochastic logistic system with jumps. *Turkish Journal of Mathematics*. 38, 935–948.
35. Zhang, Q., Jiang, D., Zhao, Y. & O'Regan, D. (2017). Asymptotic behavior of a stochastic population model with Allee effect by Lévy jumps. *Nonlinear Analysis-Hybrid Systems*. 24, 1–12.
36. Zou, X. & Wang, K. (2014). Numerical simulations and modeling for stochastic biological systems with jumps. *Commun. Nonlinear Science and Numerical Simulation*. 19, 1557–1568.

