

آفات و بیماری‌های گیاهی
جلد ۷۰، شماره ۲، اسفند ۱۳۸۱

اثر دما، رطوبت و خشکی بر مراحل رشدی *Locusta migratoria* (Orth.: Acrididae) در شرایط آزمایشگاهی و

مزارع نیشکر خوزستان

Effect of temperature, humidity and drought on developmental stages of
Locusta migratoria (Orth.: Acrididae) under laboratory and sugarcane field conditions
in Khuzestan province

یداله خواجه‌زاده^۱، پروانه آزمایش فرد^۲، محمود شجاعی^۳ و غلامرضا رجبی^۴
۱- مرکز تحقیقات کشاورزی خوزستان، اهواز، ۲- دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، کرج،
۳- واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی، ۴- موسسه تحقیقات آفات و بیماری‌های
گیاهی، تهران

(تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۸۰، تاریخ پذیرش: تیر ماه ۱۳۸۱)

چکیده

افزایش جمعیت ملخ *Locusta migratoria* L 1758. گونه مهم مزارع نیشکر خوزستان در سال‌های اخیر در کنار طرح‌های گسترده توسعه نیشکر نگرانی‌های را افزایش داده است. شناخت اثر عوامل محیطی موثر در طغیان این گونه، توانایی پیش بینی طغیان‌ها را افزایش داده و کنترل مطلوب تر آن را میسر می‌سازد. در این تحقیق، اثر دما، رطوبت و خشکی خاک که مهمترین عوامل محیطی غیر زنده موثر بر تغییرات جمعیت این گونه می باشد، طی سال‌های ۱۳۷۶-۱۳۷۷ بررسی گردید. برای مطالعه رابطه بین دما و نرخ رشد تخم و دوره پورگی *migratoria* در دامنه دمایی (۴۰°C-۱۵) از هشت مدل رشدی استفاده شد و بهترین مدلی که این رابطه را به خوبی توصیف نمود، مدل (Stinner (1974) با ضریب همبستگی ۰.۹۹ و ۰.۹۳

به ترتیب برای مراحل رشدی تخم و پوره‌ها بود. اثر دما بر بقاء و دوره رشد و نمو تخم در شرایط آزمایشگاهی نشان داد که در دمای $37/9^{\circ}\text{C}$ بهترین شرایط برای رشد و نمو و تفریخ تخم‌ها فراهم می‌باشد که معمولاً ماه‌های تیر و مرداد دارای چنین شرایط دمایی در مزرعه می‌باشند بررسی‌ها نشان داد که کوتاه‌ترین دوره رشد و نمو و بیشترین در صد بقای تخم در خاک در شرایط رطوبتی ۱۵٪ اتفاق می‌افتد که در ماه‌های تیر و مرداد چنین شرایط رطوبتی در مزارع نیشکر وجود دارد. همچنین همبستگی مثبتی بین دوره‌های خشکی و دوره رشد و نمو تخم با $R^2 = 93/5$ و همبستگی منفی بین دوره‌های خشکی و بقاء تخم با $R^2 = 90/5$ وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: *L. locusta migratoria*. مراحل رشدی، دما، رطوبت، خشکی، مزارع نیشکر

مقدمه

بطور کلی سرعت نشو و نمای فردی و فعالیت حیاتی حشرات مانند سایر جانوران خونسرد (poikilotherm) در مرحله اول تحت تاثیر تغییرات حرارت، رطوبت نسبی و سایر عوامل محیطی است (Naranjo *et al.*, 1990). دما و رطوبت خاک و محیط با متأثر نمودن دوره رشد و نمو تخم‌ها (Incubation period) و درصد بقاء یا میزان تفریخ تخم‌ها (Survival) می‌توانند دوره رشد و نمو تخم را طولانی نموده یا کاهش دهند (Ackonor, 1988, 1989). در نتیجه دوره‌ایی که مورد حمله دشمنان طبیعی قرار می‌گیرند، افزایش یا کاهش می‌یابد (Popov, 1959) و با تأثیر بر بقاء تخم موجب افزایش یا کاهش جمعیت خواهد شد (Messenger (1959, 1969) دما را مهمترین عامل محدود کننده رشد و بقای حشرات می‌داند، در حالیکه Chapman (1969) علاوه بر دما و رطوبت، کمیت و کیفیت غذا را بر رشد و نمو حشرات مؤثر می‌داند. عوامل متعددی در افزایش جمعیت ملخ‌های Acrididae تأثیر دارند از مهمترین این فاکتورها، عوامل آب و هوایی (به خصوص دما و رطوبت) است که در مورد برخی گونه‌ها مانند *Schistocerca gregaria* و *L. m. migratorioides* می‌توانند باعث وقوع طغیان شوند (Lecoq, 1991; Lecoq & Sukirno, 1999).

Wardhaugh & Price (1969) درجه ثابت دمایی نشو و نما (Thermal constant) را برای گونه *Schistocerca gregaria* در عربستان سعودی و Wright & Symons (1987) برای

گونه *Chortietes terminifera* در استرالیا بر اساس دمای هوا اندازه‌گیری نمودند، در حالیکه Price & Brown (1992) درجه حرارت خاک در عمق‌های ۵-۱۰ cm را روش دقیق‌تری برای مدل‌سازی و پیش‌بینی زمان تفریخ دانسته‌اند. (Farrow (1974) درجه ثابت دمایی نشو و نما را برای زیر گونه *L. m. migratorioides* در استرالیا ۵۲۰۶ ساعت - درجه یا ۲۱۷ روز - درجه و صفر رشد را ۱۵ °C محاسبه نموده است. Price & Brown (1992) درجه ثابت دمایی نشو و نما را برای همین زیر گونه در افریقای جنوبی ۵۲۶۸ ساعت - درجه یا ۲۱۹/۵ روز - درجه و صفر رشد را ۱۵/۶ °C و Tanaka (1994) برای همین زیر گونه در ژاپن صفر رشد را ۱۶/۴ °C گزارش نموده‌اند.

Schmidt (1981) با استفاده از قفس پرورش مخصوص و ایجاد شرایط مساعد رطوبت، دما و نور در شرایط کنترل شده برای گونه *Acrotylus patruelis* (H.-S.) با بدست آوردن نسل‌های متعدد در طول سال ثابت کرد که این گونه در هیچ مرحله رشد و نموی خود دیابوز ندارد. (Azemayesh Fard (1986) با پرورش حشرات کامل *Aiolopus thalassimus* F. آزمایشگاه نتیجه گرفت که این گونه چهار نسل تداخلی دارد و فاقد دیابوز حقیقی می‌باشد. Price & Brown (1992) تعدادی از کپسول‌های تخم *L. m. migratorioides* را از سطح مزرعه جمع‌آوری شده و زیر خاک مزرعه گندم در زیر قفس پرورش استوانه‌ای ۶۰×۳۰ سانتی‌متری و تعدادی دیگر از کپسول‌های تخم جمع‌آوری شده را همزمان به آزمایشگاه انتقال داد و در انکوباتور در دمای ۳۰ °C با شرایط مساعد رطوبتی و نور نگهداری نمود و با تفریخ تخم‌ها در شرایط مساعد آزمایشگاهی نتیجه گرفت که تخم‌های زیر گونه *L. m. migratorioides* فاقد دیابوز هستند.

همچنین نیاز به رطوبت را برای رشد موفقیت آمیز گونه‌های *Locusta migratoria*, *Nomadacris septemfasciata*, *Schistocerca gregaria* و سایر گونه‌ها مورد تاکید قرار داده‌اند (به نقل از Uvarov, 1966).

افزایش جمعیت ملخ *Locusta migratoria* L. 1758 گونه مهم مزارع نیشکر خوزستان در سال‌های اخیر در کنار طرح‌های گسترده توسعه نیشکر نگرانی‌های را افزایش داده است. برای اینکه جمعیت‌های طغیانی این حشره را کنترل و در زیر سطح خسارت اقتصادی نگه داشت، درک واقعی عوامل محیطی (غیر زنده و زنده) که به طغیان جمعیت این گونه کمک می‌کند و

از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از آنجائیکه تا بحال تحقیقی در ارتباط با اثر مهمترین عوامل محیطی (درجه حرارت، رطوبت و خشکی) بر جمعیت *L. migratoria* و سایر گونه‌های خسارت‌زای ملخ‌های شاخک کوتاه در خوزستان انجام نگرفته و دستیابی به چنین شناخت‌هایی موجب توانایی در پیش بینی طغیان‌ها و در نتیجه تأمین امکانات مناسب برای کنترل جمعیت خواهد شد، بنابراین مبادرت به انجام چنین تحقیقی گردید. مضافاً به اینکه تعیین آستانه رشد و نمو و ثابت دمایی تخم و سنین مختلف پورگی این گونه ملخ و تهیه مدلی برای پیش بینی زمان ظهور پوره‌های سنین مختلف و حشرات کامل در طبیعت، برای اولین بار در سطح کشور صورت می‌گیرد.

روش بررسی

اثر دما بر تخم

کپسول‌های تخم را از قفس‌های پرورش $28 \times 38 \times 42$ cm که در شرایط کنترل شده نگهداری می‌شدند، خارج و هر کدام از آنها به ظروف پلاستیکی شفاف به قطر 10 cm و ارتفاع 15 cm که حاوی 200 گرم خاک استریل بود، انتقال یافتند. رطوبت خاک به 15 درصد رسانده شد و در 6 تیمار دمایی $15 \pm 1^\circ\text{C}$ ، $20 \pm 1^\circ\text{C}$ ، $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ، $30 \pm 1^\circ\text{C}$ ، $35 \pm 1^\circ\text{C}$ و $40 \pm 1^\circ\text{C}$ با سه تکرار قرار داده شدند. حداقل، حداکثر و میانگین دوره رشد و نمو تخم و درصد بقای تخم (Survival) در 6 تیمار دمایی یاد شده محاسبه شدند. برای بررسی رابطه بین دما و رشد و نمو تخم ملخ از 8 مدل رشدی استفاده گردید. داده‌ها از طریق نرم افزار PMDS با مدل‌ها برازش و بهترین مدل برای توصیف رابطه رشد و نمو و دما انتخاب گردید. برای تعیین صفر رشد در این مرحله از روش Soleyman-Nezhadiyan & Laughlin (1998) استفاده شد. همچنین برای محاسبه ثابت دمایی تخم از روش Price & Brown, (1992) و Narango et al., (1990) استفاده شد.

اثر دما بر سنین پورگی و حشره کامل

برای هر تیمار دمایی (20، 25، 30، 35 و 40 درجه سانتی‌گراد)، تعداد 10 ظرف پلاستیکی شفاف به قطر 15 و ارتفاع 30 سانتی‌متر تهیه و در هر کدام از آنها یک جفت پوره سن 1 تازه تفریخ شده رهاسازی شدند. حداقل، حداکثر و متوسط طول دوره سنین پورگی و

حشره کامل نر و ماده محاسبه و درصد مرگ و میر پوره‌ها و حشرات کامل هم تعیین شد. صفر رشد و متوسط ثابت دمایی هم برای این مرحله مثل مرحله تخم محاسبه گردید. آزمایش‌های اثر دما بر دوره تخم و پورگی در فتوسل با رطوبت محیط 5 ± 0.05 با ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی انجام گرفت. نتایج طرح در قالب طرح‌های کاملاً تصادفی تجزیه و تحلیل گردید و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و برنامه رایانه‌ای SPSS انجام شد.

اثر دما بر دوره نشو و نما، بقاء تخم و دیابوز در شرایط صحرائی

برای تعیین دقیق دوره رشد و نمو تخم و درصد بقای آن در شرایط مزرعه از روش Hafez & Ibrahim (1962) و Azemayesh Fard (1986) استفاده گردید. در ابتدای هر ماه ۴ کیسول تخم روی داغ آب پشته‌ها در عمق ۵ تا ۱۰ سانتی متر، با فاصله ۳۰ cm از همدیگر قرار داده و سپس قفس چوبی ۵۰×۵۰×۵۰ cm که چهار طرف آن تور سیمی و کف آن روی خاک قرار داشت، روی کیسول‌های تخم قرار داده شد. با توجه به متوسط دوره آبیاری از فروردین تا شهریور ماه، هر ۷ تا ۱۰ روز یک مرتبه خاک قفسها مرطوب و بقیه ماه‌های سال فقط از طریق نزولات آسمانی، کیسول‌ها تخم زیر خاک درون قفس مرطوب می‌شد. دمای هوا با استفاده از دماسنج حداکثر و حداقل بدست آمد و دمای خاک با استفاده از نصب ترمومتر مخصوص در دو عمق ۵ و ۱۰ سانتی متری و سپس میانگین دمای دو عمق بدست آمد. میانگین طول دوره رشد و نمو و بقای چهار کیسول تخم در ماه‌های مختلف بدست آمد. با توجه به صفر رشد (X) و ثابت حرارتی (C)، دوره رشد و نمو تخم (زمان ظهور پوره‌ها) در ماه‌های مختلف سال (براساس میانگین ماهیانه هر منطقه) براساس فرمول $C=D (T-X)$ بدست آمد. درضمن با استفاده از روش‌های Azemayesh Fard (1986)، Price & Brown (1992) و Schmidt (1981) بررسی وقوع یا عدم پدیده دیابوز در این حشره نیز مطالعه گردید.

اثر رطوبت و خشکی خاک بر دوره نشو و نما و درصد بقای آن

برای بررسی اثر رطوبت و خشکی خاک بر دوره نشو و نما و درصد بقای

آن به شرح ذیل انجام شد:

اثر رطوبت

کپسول‌های تخم در ظروف پلاستیکی شفاف به قطر ۱۰ cm و ارتفاع ۱۵ cm حاوی ۲۰۰ گرم خاک لوم که به مدت دو ساعت در آون و در دمای 150°C استریل شده، قرار داده شدند. ۱۸ ظرف پلاستیکی که هر کدام حاوی یک کپسول تخم بودند، تحت ۶ تیمار رطوبتی با سه تکرار قرار داده شدند. تیمارهای رطوبتی اعمال شده عبارت بودند از: ۵٪ (۱۰ میلی لیتر)، ۱۰٪ (۲۰ میلی لیتر)، ۱۵٪ (۳۰ میلی لیتر)، ۲۰٪ (۴۰ میلی لیتر)، ۲۵٪ (۵۰ میلی لیتر) و ۵۰٪ (۱۰۰ میلی لیتر) که هفته‌ای یکبار رطوبت خاک حاوی کپسول تخم تجدید می‌شد.

اثر خشکی

این بررسی با اعمال تغییراتی در روش Acknor (1989) انجام شد. ۱۵ ظرف پلاستیکی کوچک حاوی ۲۰۰ گرم خاک استریل به همراه یک کپسول تخم، تحت ۵ تیمار خشکی قرار داده شدند. به ۴ تیمار و تکرارهای مربوطه (D_1, D_2, D_3, D_4 و D_5) ۵ میلی لیتر آب برای جلوگیری از مرگ و میر تخم‌ها اضافه گردید. سپس به هر یک از این تیمارها، به فاصله ۵ روز از یکدیگر، رطوبت کافی (۳۰ میلی لیتر یا ۱۵ درصد) جهت تفریح کپسول‌های تخم اضافه شد و تیمار D_1 با تکرارهای آن را در روز اول پس از تخم‌گذاری به مقدار ۱۸۵ درصد مرطوب شد، آب مورد نیاز در تیمارهای رطوبتی، حداکثر تا یک ماه به خاک حاوی کپسول تخم اضافه شد. میانگین دوره رشد و نمو و درصد بقای تخم در پایان دوره دو ماهه اندازه‌گیری شد. این آزمایش‌های در فتوسل در دمای $1^{\circ}\text{C} \pm 30$ ، رطوبت نسبی $5 \pm 55\%$ ، ۱۲ ساعت در روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی انجام شد. در هر دو آزمایش (اثر رطوبت و اثر خشکی) میانگین دوره رشد و نمو تخم و میانگین در صد بقای تخم بدست آمد.

نتیجه و بحث

اثر دما بر مراحل مختلف نشو و نمای حشره در شرایط آزمایشگاهی اثر دما بر تخم

الف-- نرخ رشد

بر اساس نتایج بدست آمده، در دمای حدود ۱۵ درجه سانتی‌گراد محدوده دمایی آستانه رشد (Lower threshold) به علت فقدان رشد و نمو یا کند بودن آن، هیچ‌گونه تفریحی

صورت نگرفت. کمی بالاتر از آستانه دمایی رشد (حدود 20°C) نرخ رشد و نمو بندریج افزایش و تخم‌ها پس از $56/24$ روز (بیشترین دوره رشد و نمو) تفریخ شدند. چون نرخ رشد و نمو پایین بود ($0/018$)، بنابراین در صد بقاء هم پایین ($20/83-13/3$ درصد) بود. در دامنه دمایی $25-37^{\circ}\text{C}$ ، با افزایش دما، نسبت رشد و نمو تخم به صورت خطی افزایش یافت. از این رو، نرخ رشد و نمو ($0/079$) در دمایی 35°C ، مناسب بوده، بنابر این در صد بقای تخم نیز بالا بود ($90/6-76/8$ درصد) و دوره رشد و نمو تخم هم کوتاه (حدود 12 روز)، از اینرو شرایط مناسبی برای تفریخ تخم‌ها فراهم گردید (شکل ۱).

در محدوده دمایی آستانه بالا (Upper threshold) که حدود 40°C می‌باشد، نرخ رشد و نمو کاهش و به حدود $0/076$ و درصد بقاء هم کاهش یافته و به 35 درصد رسید. دوره رشد و نمو تخم در این دما 13 روز بود. بنا به اعتقاد Hafez & Ibrahim (1962) جنین تخم‌های *Atolopus thalassinus* در دماهای بالا (40°C)، به علت سختی فوق العاده پوسته تخم با توانایی کم جنین در شکستن دیواره تخم مواجه بوده و قادر به خروج از تخم نبودند و اکثراً تلف می‌شدند.

نتایج مقایسه هشت مدل رشدی با نتایج این آزمایش نشان داد که بهترین مدل با داده‌های بدست آمده مدل Stinner et al., 1974 است.

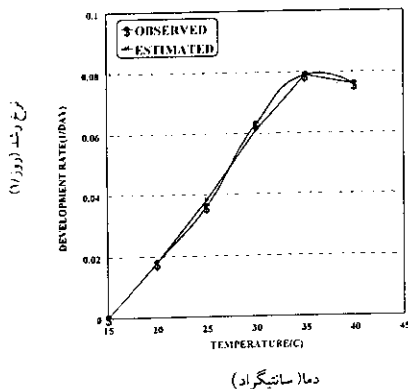
معادله این مدل $R_t = \frac{C}{1 + e^{(k_1 - k_2 T)}}$ می‌باشد. مقادیر پارامترهای این برای مرحله تخم این گونه ملخ عبارت بود از $C = 0/0958$ ، $k_1 = 0/0541$ ، $k_2 = -0/204$ ، $T_{opt} = 36/9^{\circ}\text{C}$ و $R^2 = 0/99$ ، $SSE = 0/000005$ ، بنابراین در مرحله تخم رابطه رشد و دما با روابط ذیل توصیف می‌شوند:

$$R_t = \frac{0.0958}{1 + 2.718^{(5.546 - 0.204 T)}} \quad \text{- در صورتی که } T < T_{opt} \text{ باشد، آنگاه}$$

$$R_t = \frac{0/0958}{1 + 2.718^{(-9.509 - 0.204 T)}} \quad \text{- در صورتی که } T > T_{opt} \text{ باشد آنگاه}$$

شکل ۱ منحنی رشد مرحله تخم برآزش یافته توسط مدل Stinner را نشان می‌دهد. همانطوریکه معلوم است، داده‌ها با مدل به خوبی برآزش یافته‌اند (ضریب همبستگی مدل

برای دوره رشدی تخم ۰/۹۹۵ است). به عبارت دیگر با استفاده از این معادلات و به احتمال خطای کمتر از ۱٪ می‌توان در دماهای مشخص، نرخ رشد و نمو را در شرایط مزرعه تخمین زد (شکل ۱). همچنین این مدل نشان داد که رشد و نمو تخم در دمای ۳۶/۹ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌یابد. بنابراین دمای ۳۶/۹ درجه سانتی‌گراد با حداکثر نرخ رشد، بالاترین درصد بقای تخم و حداقل دوره رشد و نمو، بهترین شرایط دمایی برای تفریح تخم‌ها و افزایش جمعیت دارد ($P < 0.01$) چنین شرایط مساعدی از نظر دمایی طی ماه‌های خرداد، تیر، مرداد و شهریور به خصوص ماه‌های تیر و مرداد فراهم می‌باشد و افزایش جمعیت طی این ماه‌ها هم عمدتاً ناشی از مناسب بودن شرایط دمایی می‌باشد. بین دما در دامنه دمایی ۳۵-۱۵ و نرخ رشد و نمو، یک رابطه رگرسیون خطی همبستگی زیاد ($r = 0.96$) وجود دارد، اما به علت کاهش نرخ رشد و نمو در ۴۰ درجه سانتی‌گراد، رابطه بین دما و نرخ رشد و نمو از معادله خطی $y = a + bx$ پیروی نکرد بنابراین برای توصیف واکنش رشد و نمو این گونه ملخ به طیف وسیعی از دما ($15-40^{\circ}C$)، از معادلات غیر خطی (Curvilinear) استفاده شد. بهمین علت و با توجه به $R^2 = 0.99$ از مدل Stinner برای توصیف رابطه بین دما و رشد و نمو (که نوعی رابطه غیر خطی است) استفاده گردید. بنابراین نظریات Logan *et al.* (1974) و Wilson & Barmett (1983) در خصوص دو فاز بودن واکنش رشد و نمو برخی از حشرات به درجه حرارت (افزایش رشد و سپس کاهش آن) تایید می‌شود.

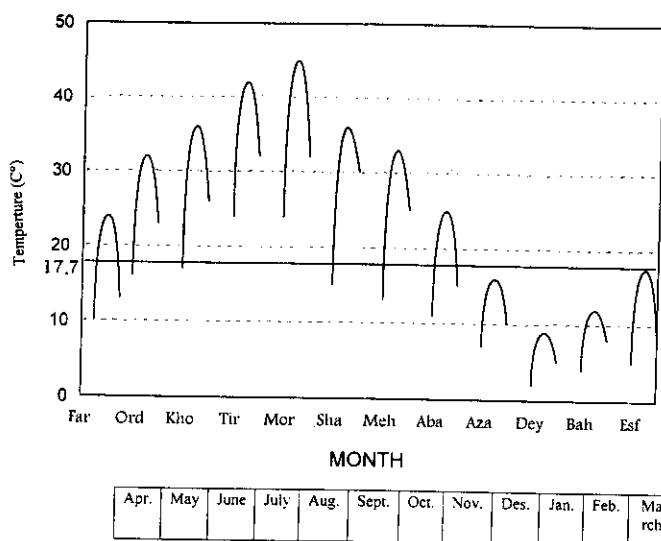


شکل ۱، رابطه بین دما و نرخ رشد مرحله تخم *L. migratoria* برازش یافته با مدل Stinner (1974)
 Fig.1. Relation of temperature and developmental rate in egg period of *L. migratoria* fitted with Stinner Model (1974)

ب- نقطه صفر رشد در مرحله تخم

با استفاده از نرم افزار PMDS، صفر رشد فیزیولوژیک در مرحله تخم برای جمعیت *L. migratoria* در خوزستان $17/7^{\circ}\text{C}$ بدست آمد. بنا به عقیده Tanaka (1994) عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریای آزاد از مهمترین عوامل در تفاوت میان صفر رشد فیزیولوژیک تخم این گونه در سطح دنیا می باشد. فعالیت این حشره در ماه های مختلف سال را با توجه به نقطه صفر رشد ($17/7^{\circ}\text{C}$) می بایست مشخص نمود تا احتمال توقف فعالیت یا حضور آن را پیش بینی کرد. در ماه های زمستان با دمای پایین تر از $17/7^{\circ}\text{C}$ فعالیت این حشره متوقف و در عمل امکان حضور آن در طبیعت وجود ندارد ولی در ماه های تیر، مرداد و شهریور با دمای مساعد تفریخ تخم ها و افزایش جمعیت را بطور مرتب وجود دارد. براین اساس در ماه فروردین به علت بالا بودن نسبی دما از نقطه (صفر رشد) (حدود 20°C) تفریخ تخم ها فقط درصدی از تخم ها بالایی کیسول در دهه سوم فروردین انجام و بقیه تخم های هر کیسول بعد از جذب مقدار گرمای مورد نیاز (Degree days) در روزهای بعد تفریخ می شوند

(شکل ۲).



شکل ۲، روند متوسط تغییرات دمای روزانه خاک در عمق ۵-۱۰ cm در سه زمان (صبح، ظهر و عصر) طی ماه های مختلف در اهواز، ۱۳۷۶

Fig.2. Average of soil temperature fluctuations in depth of 5-10 cm at three times (morning noon, afternoon) in Ahvaz during 1997

ج- متوسط ثابت دمایی تخم

متوسط ثابت دما در دامنه دمایی ۳۶/۹-۲۰ درجه سانتی گراد برای تبدیل به پوره سن ۹۷۷/۲۰،۱ ± ۴۸۲۲/۴۸ ساعت - درجه یا ۲۰۱ روز- درجه می باشد (جدول ۱).

بنابراین می توان تخمین زد که کپسول تخم حدود ۷ ماه پایانی سال را درون خاک سیری می کند. با توجه به مقدار ثابت دمایی می توان دوره رشد و نمو تخم را در دماهای مختلف سال محاسبه نمود و ظهور حشره را با حداقل ۱٪ خطا در طبیعت تخمین زد.

جدول ۱، متوسط ثابت دمایی برای رشد و نمو تخم در *L. migratoria* تحت تیمارهای دمایی ثابت

Table 1, Mean of thermal constants in Incubation of *L. migratoria* under treatments of constants temperature.

ثابت دمایی (ساعت-درجه)	گرمای مؤثر (C)	دوره رشد و نمو تخم (ساعت)	دوره رشد و نمو تخم (روز)	تیمار دمایی (°C)
Ther. Constants (Hour- degree)	Effective Temp. (C)	Incubation period (Hours)	Incubation period (days)	Temp. (°C)
	(°C)	Mean±SD	Mean±SD	
3104.45	2.3	1350	56.24±7.8	20
4870.56	7.3	667.2	27.80±3.26	25
4711.39	12.3	383.04	15.96±2.62	30
5381	17.3	304.08	12.67±1.54	35
6045.70	19.2	314.88	13.12±1.22	40
میانگین ثابت دمایی (ساعت - درجه) 4822			Mean of thermal constants (hour- degree)	
انحراف معیار 977.2±			(St. deviation)	

د- اثر دما بر دیابوز تخم

نتایج پرورش‌های آزمایشگاهی در فصل‌های مختلف سال‌های ۱۳۷۷ و ۱۳۷۸ نشان داد. جمعیت *L. migratoria* در تمام سال تحت شرایط مناسب محیطی فعالیت و تا ۵ نسل تولید می‌کند. کپسول‌های حاوی تخم که هم زمان در آزمایشگاه تولید و در اوایل پاییز به زیر قفس‌های پرورش در محوطه ایستگاه تحقیقات کشاورزی اهواز منتقل شدند، فقط پس از مناسب شدن شرایط اقلیمی در اوایل تا اواسط بهار تفریخ شدند و بالعکس تعدادی از کپسول‌های تخم که طی ماه‌های مهر و آبان از مزرعه به فتوسل انتقال داده شدند، در شرایط مناسب محیطی با در صدهای متفاوتی از بقاء در دوره‌های رشد و نمو قابل انتظار تفریخ گردیدند، در حالیکه کپسول‌های صحرایی که در همان شرایط نگهداری شدند، فقط با مناسب شده هوا در اواسط بهار تفریخ شدند.

Price & Brown (1992) با انتقال کپسول‌های تخم صحرایی به شرایط مناسب تحت کنترل، در زمان قابل پیش‌بینی موفق به تفریخ کپسول‌های تخم شده و بر همین اساس، مشاهدات Verdier (1971) (به Price & Brown, 1992 مراجعه شود) در مورد وقوع دیابوز در بخش کوچکی از تخم‌های *L. m. migratorioides* در جنوب آفریقا را رد نمودند.

با توجه به نمونه برداری‌های صحرایی انجام شده در مزارع نیشکر کشت و صنعت کارون در سال‌های ۱۳۷۵-۱۳۷۸، معلوم گردید این گونه از فروردین تا شهریور دارای ۳ نسل بوده و به صورت کپسول تخم درون خاک، پاییز و زمستان را سپری می‌نماید. ولی حشرات کامل نر و ماده انتقال یافته به شرایط کنترل شده تا ۵ نسل داشته‌اند. به عبارت دیگر، انتقال کپسول‌های تخم از مزرعه به آزمایشگاه طی ماه‌های مهر و آبان، ادامه رشد و نمو و ظهور پوره‌ها را بدنبال داشت. بنابراین در این تحقیق جمعیت‌های *L. migratoria* خوزستان در قالب یک اکوتیپ تحول یافته و تحت تأثیر شرایط کلیماتولوژیک و زیست منطقه‌ای (Bioregional) می‌باشند.

اثر دما بر سنین پورگی و حشره کامل

طولانی‌ترین طول دوره پورگی مربوط به تیمار دمایی 20°C (۴۷/۶۰ روز) و کوتاه‌ترین آن در تیمار دمایی 35°C (۲۸/۲۲ روز) و 40°C (۳۰/۳۲ روز) مشاهده گردید که

تفاوت این دو معنی داری نبود، به عبارت دیگر سریعترین دوره رشد و نمو در دماهای ۳۵ تا ۴۰°C صورت می‌گیرد، اما درصد مرگ و میر در ۴۰°C به بالاترین حد رسیده، بنابراین دمای مطلوب رشد و نمو مراحل مختلف پورگی حدود ۳۵°C می‌باشد. نتایج مقایسه هشت مدل رشدی با نتایج این آزمایش نشان داد که بهترین مدل با داده‌های مربوط به این بررسی بر ارزش می‌یابد، مدل Stinner است. مقادیر پارامترهای این مدل برای پنج سن پورگی این گونه عبارت بودند از:

$$(SSE=0.0000019 \text{ و } R^2=0.93) \text{ Topt} = 36.9 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ و } k_2 = -0.0398, k_1 = 37.13, C = 0.2077$$

بنابراین در مرحله پورگی، رابطه رشد و دما با روابط ذیل توصیف می‌شوند:

در صورتی که $\text{Topt} > T$ باشد آنگاه

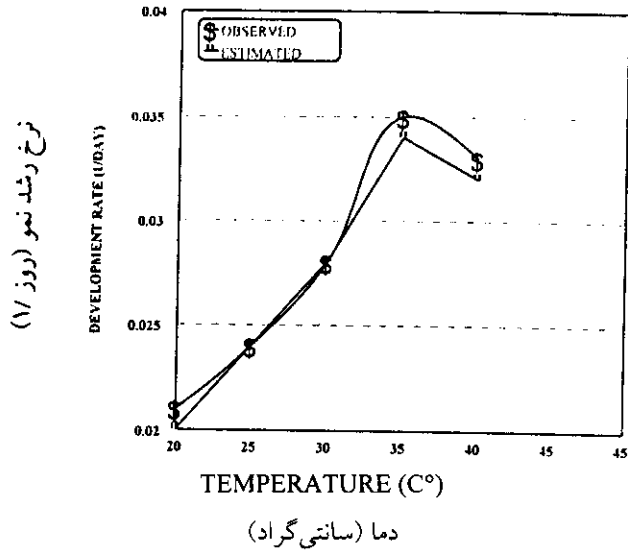
$$R_t = \frac{0.2077}{1 + 2.718^{(3.013 - 0.0398T)}}$$

در صورتی که $\text{Topt} < T$ باشد آنگاه

$$R_t = \frac{0.2077}{1 + 2.718^{(0.07576 + 0.0398T)}}$$

شکل ۳، منحنی رشد پنج سن پورگی بر ارزش یافته توسط مدل Stinner را نشان می‌دهد. همانطوری که در شکل مشخص است، داده‌ها با مدل مزبور برازش یافته‌اند (ضریب همبستگی مدل برای پنج سن پورگی ۰/۹۳ است). به عبارت دیگر با احتمال خطای حدود ۷٪ می‌توان در این مرحله رشدی، در دماهای مشخص نرخ رشد و نمو را در شرایط مزرعه تخمین زد، همچنین این مدل نشان داد که رشد و نمو دوره پورگی در دمای ۳۶/۹°C کاهش می‌یابد. بنابراین دمای ۳۶/۹°C حداکثر نرخ رشد، کمترین درصد مرگ و میر و حداقل دوره رشد و نمو بهترین شرایط دمایی برای افزایش جمعیت پوره‌ها خواهد بود ($p < 0.01$).

در مرحله حشره کامل نیز طولانی‌ترین دوره زندگی در حرارت ۲۰°C (۱۰۸-۱۱۲ روز) و کوتاه‌ترین دوره زندگی در دمای ۳۵°C حدود (۴۰ روز) بدست آمد و تفاوت معنی داری بین طول دوره زندگی حشرات کامل نر و ماده مشاهده نگردید ($p < 0.086$). هرچه حرارت محیط خارج افزایش یافت، دوره زندگی حشره کوتاه‌تر شد در حالیکه در بعضی حرارت‌های بالا زمان رشد و نمو حشره کوتاه‌تر تنها ممکن نشد بلکه دچار وقفه و بی‌نظمی گزارش شده است (Emmami et al., 1998). بر همین اساس سریع‌ترین دوره رشد و



شکل ۳، رابطه بین دما و نرخ رشد دوره پورگی *L. migratoria*، بر اساس یافته‌ها با مدل Stinner (1974).

Fig. 3. Relation of temperature and developmental rate in nymphal period of *L. migratoria*, fitted with Stinner Model (1974)

نمو مراحل پورگی و حشره کامل که توأم با تغذیه فراوان باشد در ماه‌های تیر و مرداد صورت می‌پذیرد.

صفر رشد (آستانه دمایی) برای پنج سن پورگی $15/04^{\circ}\text{C}$ و ثابت دمایی $3587/27 \pm 11178/42$ ساعت - درجه یا $456/77$ روز - درجه بوده است. متوسط ثابت دمایی (T. constant) یا گرمای مورد نیاز برای تکمیل مراحل نشو و نماي حشره از تخم تا ظهور حشره کامل $666/77$ روز - درجه بدست آمده است.

اثر دما بر رشد و نمو تخم در شرایط صحرائی

کوتاهترین دوره رشد و نمو جنین مربوط به مرداد ماه با میانگین $10/88$ روز، با بیشترین در صد تفریخ (86%) بود. بیشترین دوره رشد و نمو جنینی با میانگین 48 روز با

کمترین درصد تفریخ (۹٪) در فروردین ماه بدست آمد. بررسی تخم‌های باقی مانده کپسول تخم درون خاک نشان داد که تعداد کمی از تخم‌های بالایی کپسول تفریخ و بقیه تخم‌ها مراحل رشد و نمو خود را کامل ننمودند و در روزهای بعد (اردیبهشت ماه) بقیه تخم‌ها رشد و تفریخ گردیدند چنین روندی از رشد و نمو لایه‌های بالایی، میانی و پایینی در ماه‌های اردیبهشت و خرداد هم وجود داشت. با توجه به نقش مهم میانگین دما در روندی از رشد و نمو تخم، در شرایط کنترل شده دمایی (۳۰°C) با رطوبت مناسب (۱۵٪) تخم‌های همین گونه، در ماه‌های مختلف سال تفریخ می‌شوند. این نکته هم توسط Chapman در گونه *Melanoplus sanguinipes* از امریکای شمالی و Price & Brown (1992) درباره کپسول‌های تخم *L. m. migratorioides* از افریقای جنوبی در ماه‌هایی که میانگین دما برای تکمیل مراحل رشد و نمو جنین در سطوح مختلف کپسول به اندازه کافی نیست و باعث عدم هماهنگی در تفریخ تخم‌ها و ظهور غیر یکنواخت پوره‌ها شده، مورد توجه قرار گرفته است. سایر محققین هم به نقش کلیدی دما در زمان تفریخ تخم‌ها اشاره داشته‌اند (Chapman, 1969). در ماه‌های مهر و آبان با وجود مناسب بودن دمای خاک (متوسط دما در مهر ماه ۳۰/۷۵ و در آبان ۲۱/۶۲ درجه سانتی گراد) و هوا (متوسط دما در مهر ۲۶/۴ و در آبان ۲۰ درجه سانتی گراد) که بالاتر از نقطه حداقل آستانه دمایی (۱۷/۷ درجه سانتی گراد) می‌باشد، به علت قطع آبیاری مزارع (جهت رسیدن فیزیولوژیک، سوزاندن و برداشت ساقه‌های نیشکر)، مراحل رشد و نمو جنین کامل نشده و عمل تفریخ هم صورت نمی‌گیرد. در صورت تأمین رطوبت کافی در خاک و در صورت بالا بودن دمای خاک نسبت به صفر رشد حشره، امکان تفریخ تخم‌ها وجود دارد (شکل ۲ و جدول ۳). مشاهدات مربوط به قفس‌های پرورش در شرایط مزرعه در اهواز هم با این یافته‌ها همخوانی داشت، بدین صورت که تخم‌های قرار داده شده در اواخر شهریور و مهرماه در صورت تأمین رطوبت کافی در ماه‌های مهر یا حتی آبان ماه تفریخ می‌شوند. بهترین زمان برای تفریخ تخم‌ها در خوزستان ماه‌های تیر، مرداد و شهریور می‌باشد که با کوتاه‌ترین دوره رشد و نمو (۹-۱۵ روز) ($P < 0/01$) در مرداد و بیشترین در صد بقاء (۷۸-۸۶ درصد)، تخم‌ها تفریخ شده‌اند ($P < 0/01$). برای افزایش دقت در پیش‌بینی زمان تفریخ تخم اطلاع از دمای خاک لازم است و بنابراین نظر Price & Brown (1992) در ارتباط با نقش مهم دما خاک در مدل‌سازی پیش‌بینی زمان تفریخ تخم تأیید می‌شود (جدول ۳).

جدول ۳، دوره رشد و نمو، درصد بقای تخم و دوره رشد تخمین زده شده *L. migratoria* در شرایط طبیعی اهواز، ۱۳۷۶

Table 3. Developmental period, egg survival % and estimated developmental period under field conditions in Ahvan during 1997

Probability (day)	% Hatching	Incubation (days)			Mean of Weather Temp. (C)	Mean of Soil Temp. (C)	* میانگین درجه حرارت خاک
		Mean	Max.	Min.			
48.38	9	38	56	20	19.25	21.22	فروردین
17-20.5	38.42	21	24	18	27.2	29.45	Mar-Apr. اردیبهشت
12-14.5	54.5	16	19	13	31.5	35.02	Apr.-May. خرداد
12	78	12.5	15	10	34.5	37.40	May.-Jun. تیر
11-12	86	10.88	15	9	34.9	37.67	Jun.-Jul. مرداد
12-14	81	13	16	10	31.7	34.52	Jul.-Aug. شهریور
15-22	-	-	-	-	26.4	30.75	Aug.-Sep. مهر
44-62	-	-	-	-	20	21.62	Sep.-Oct. آبان
					14.2	15.17	Oct.-Nov. آذر
					11.6	11.02	Nov. Dec. دی
					12.7	13.37	Dec.-Jan. بهمن
					15.6	16.40	Jan.-Feb. اسفند
							Feb.-Mar.

* دمای خاک مربوط به میانگین دما در عمق‌های ۵ و ۱۰ سانتی متری می‌باشد.

* Mean of soil temperature obtained from depth of 5 and 10 cm

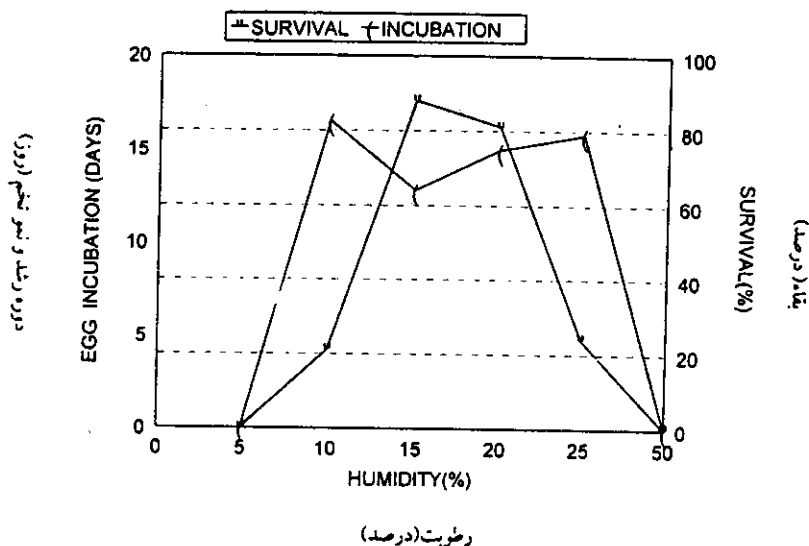
پیش‌بینی زمان ظهور پوره‌ها در شرایط صحرائی

با توجه به صفر رشد که ($17/7^{\circ}\text{C}$) و ثابت حرارتی ($^{\circ}\text{C}$) محاسبه شده (4822) ساعت-درجه)، دوره رشد و نمو تخم و ظهور پوره‌ها در ماه‌های مختلف سال (براساس دمای میانگین ماهیانه هر منطقه) در شرایط طبیعی اهواز تخمین زده شد (جدول ۳). هرچه دمای مؤثر رشد و نمو ($T-X$) افزایش یابد، دوره رشد و نمو جنینی کوتاه‌تر و زمان ظهور پوره‌ها سریع‌تر می‌شود. از اینرو کوتاهترین دوره رشد و نمو مربوط به ماه‌های خرداد تا شهریور و به خصوص تیر و مرداد می‌باشد. قابل ذکر است که میانگین متوسط ماهیانه که از دمای مطلوب تجاوز نماید، معادل با همان دمای مطلوب ($36/9^{\circ}\text{C}$) قرار داده می‌شود و دماهای پایین صفر رشد فیزیولوژیک هم معادل صفر رشد در نظر گرفته می‌شود (Price & Borwn, 1992) در این صورت امکان محاسبه و تخمین رشد و نمو تخم در ماه‌های آذر، دی و بهمن که میانگین دمای ماهیانه پایین‌تر از صفر رشد می‌باشد، وجود ندارد. با توجه به توقف رشد در چنین دمایی، امکان تفریخ تخم‌ها وجود ندارد (جدول ۳). برای تعیین دقت پیش‌بینی دوره رشد و نمو تخم در شرایط دمایی متفاوت از آزمون ۱ برای مقایسه نتایج بدست آمده در شرایط مزرعه و تخمین دوره رشد و نمو تخم استفاده شده، که اختلاف معنی‌داری بین نتایج واقعی و تخمینی مشاهده نشد ($P < 0/05$)، از اینرو فرمول از دقت کافی برخوردار بود (جدول ۳).

اثر رطوبت و خشکی خاک بر دوره رشد و نمو و درصد بقای تخم اثر رطوبت

نتایج نشان داد که با افزایش ۱۰ میلی‌لیتر آب که معادل ۵٪ رطوبت در خاک می‌باشد، تفریخی صورت نمی‌گیرد و در صورت تأمین رطوبت کافی، همین کپسول‌های تخم که با رطوبت کم زنده ماندند، تفریخ خواهند شد. در رطوبت کم رشد و نمو تخم‌ها کاهش می‌یابد (Uvarov, 1966). در کپسول‌های تخم که ۱۰٪ رطوبت دریافت داشته‌اند فقط ۲۰٪ تخم‌ها پس از حدود ۱۷ روز تفریخ شدند. در صد بقاء پایین و دوره رشد جنین نسبتاً طولانی حاکی از کافی نبودن رطوبت برای طی نمودن مراحل رشد و نمو تخم‌ها می‌باشد. کپسول‌هایی که ۱۵ و ۲۰ درصد رطوبت دریافت نمودند حداقل دوره رشد و نمو تخم (حدود ۱۲-۱۵

روز) و بیشترین بقاء تخم (به ترتیب ۸۸ و ۸۱ درصد) را داشتند. با توجه به حداقل دوره رشد و نمو و بیشترین درصد بقاء تخم، بهترین میزان رطوبت برای رشد و نمو جنین تخم این گونه ۱۵٪ تعیین گردید ($P < 0.01$) (شکل ۴). کپسول‌های تخم که ۲۵٪ رطوبت دریافت داشتند با دوره رشد و نمو نسبتاً طولانی تر حدود ۱۶ روز دارای درصد بقای کمتر (۲۴٪) بوده‌اند و کپسول‌های تخم هم که ۵۰٪ رطوبت اختیار داشته‌اند، هیچگونه تفریح نداشته‌اند. عدم تفریح کپسول‌های تخم در رطوبت بالا توسط Hafez & Ibrahim (1962) به فقدان اکسیژن کافی برای رشد و نمو عادی جنین نسبت داده شده است. در این بررسی کاهش دوره رشد و نمو تخم با افزایش رطوبت تا حد ۱۵٪ ادامه داشت، اما پس از افزایش ۲۰ تا ۲۵٪ رطوبت دوره رشد و نمو تخم افزایش و در نهایت در ۵۰٪ رطوبت هیچگونه تفریحی صورت نگرفت (شکل ۴). همچنین با افزایش رطوبت خاک تا حد ۱۵٪ درصد بقای تخم به حداکثر و با افزایش رطوبت کاهش می‌یابد، بطوریکه در ۵۰٪ رطوبت، رشد و نمو و بقای تخم متوقف شد. بنابراین با توجه به مدت کوتاه دوره رشد و نمو در صد بالای بقای تخم، بهترین درصد رطوبت برای



شکل ۴، اثر شش تیمار رطوبتی بر دوره رشد و نمو و بقای تخم *L. migratoria* در شرایط آزمایشگاهی

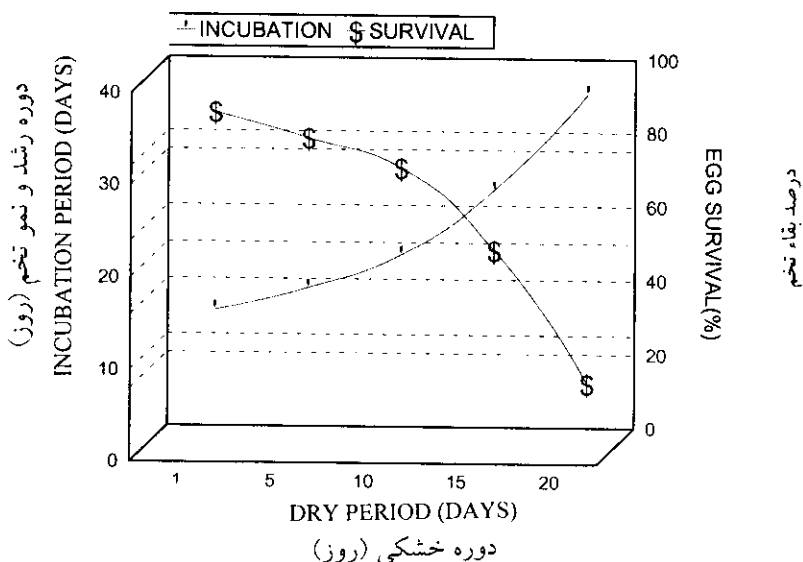
Fig. 4, Effect of six humidity treatments on developmental period and egg survival of *L. migratoria* under laboratory condition

رشد و نمو تخم‌ها در دمای 30°C محیط، رطوبت ۱۵٪ می‌باشد. در شرایط مزارع نیشکر کارون با کاهش رطوبت به حدود ۱۲-۱۰٪، اقدام به آبیاری شده و رطوبت خاک به حدود ۲۰-۱۵٪ می‌رسد. در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور به علت گرمای شدید هوا، فواصل بین آبیاری کوتاه‌تر و به حدود ۷-۵ روز می‌رسد، در نتیجه مواردی که دامنه رطوبتی ۲۰-۱۵٪ در اختیار کیسول‌های دورن خاک قرار می‌گیرد، افزایش یافته و با توجه به دمای مناسب فصل تابستان ($34-37^{\circ}\text{C}$) زمینه تغریخ‌های متوالی و پی‌در پی کیسول‌های تخم را فراهم آورد. همچنین در چنین شرایط دمایی و رطوبتی مناسب، دوره رشد و نمو تخم کوتاه‌تر و درصد بقاء هم افزایش یافت و شرایط مناسبی برای افزایش جمعیت فراهم آمد.

اثر خشکی

بر اساس نتایج بدست آمده، کوتاهترین دوره رشد و نمو تخم مربوط به تیماری بود که در همان روز اول یا دوم بعد از تخم‌گذاری آبیاری شده (D_1) و طولانی‌ترین دوره مربوط به تیماری بود که ۲۰ روز بعد از تخم‌گذاری رطوبت کافی دریافت نموده بود. با افزایش فواصل دوره آبیاری زمان دوره رشد و نمو تخم افزایش داشت. یعنی حداقل دوره رشد و نمو تخم (۱۲/۱۶ روز) مربوط به کیسول‌هایی که در روز اول یا دوم رطوبت کافی در اختیار آنها قرار گرفته و حداکثر دوره رشد و نمو تخم (۳۶/۲۴ روز) مربوط به کیسول‌های تخمی بود که پس از ۲۰ روز رطوبت کافی دریافت نمودند ($P < 0/01$ ، شکل ۵). با افزایش زمان خشکی، دوره رشد و نمو تخم به مدت سه برابر افزایش یافت. به عبارت دیگر یک همبستگی مثبت بین دوره‌های خشکی (فواصل آبیاری) و دوره رشد و نمو تخم وجود داشت ($r = 0/969$) و میانگین درصد بقای تخم‌هایی که در همان روز اول تا دوم رطوبت دریافت نموده‌اند (D_1)، به حداکثر و حداقل میزان بقاء تخم مربوط به کیسول‌های تخمی بود که پس از ۲۰ روز رطوبت کافی دریافت نمودند ($P < 0/01$). به عبارت دیگر بین درصد بقای تخم و فواصل آبیاری همبستگی منفی وجود دارد ($r = -0/95$) یعنی هر چه دوره خشکی افزایش یابد، میزان رشد و نمو (بقای تخم) کاهش می‌یابد. بهترین معادله خطی رگرسیونی که می‌تواند گویای رابطه بین دوره خشکی و بقای تخم، همچنین دوره‌های خشکی و دوره رشد و نمو تخم برای مدل‌سازی، پیش بینی زمان ظهور و تعداد پوره‌های سن ۱ در شرایط خشکی مشخص باشد، معادلات خط

$y_1 = 96/3 - 0/367 \cdot x$ و $y_2 = 9/23 + 1/22x$ می‌باشد که x دوره خشکی، y_1 درصد بقای تخم و y_2 دوره رشد و نمو تخم می‌باشد. در معادله اول $R^2 = 90/5$ و در معادله دوم $R^2 = 93/9$ می‌باشد. به عبارت دیگر می‌توان با احتمال ۹۰٪ درصد با داشتن دوره های آبیاری، درصد بقای تخم را از طریق معادله لابدست آورد. همچنین با احتمال حدود ۹۴٪ با داشتن دوره های آبیاری، زمان خروج پوره های سن اول را از تخم به دست آورد.



شکل ۵، اثر پنج تیمار خشکی بر دوره رشد و نمو بقای تخم *L. migratoria* در شرایط آزمایشگاهی

Fig. 5, Effects of five drought treatments on developmental period and egg survival of *L. migratoria* under laboratory condition.

مقدار ۵ میلی لیتر آب اضافه شده به تیمارهای D_5, D_4, D_3, D_2 قبل از اضافه شدن آب کافی، مانع از دست دادن آب جنین تا زمان دستیابی مجدد به رطوبت کافی شد. در تیمارهای D_3 و D_2 رطوبت مایع اسفنجی دورن کپسول تخم مانع عمده ای برای از دست دادن بیش از حد رطوبت تخم گردید. به همین علت درصد بقای تخم تا روز دهم در تیمار D_3 بالا بود و افت شدید بقای تخم در تیمارهای خشکی D_5 و D_4 به علت تنش شدید خشکی بوده است

بررسی تخم‌های باقی مانده در تیمارهای D₁ و به خصوص D₂ پلاستیک‌های بخش عظیمی از کپسول‌های تخم مشاهده گردید که می‌توان آن را به از دست دادن رطوبت داخل تخم نسبت داد.

نسبت بالای بقای تخم (۷۸-۷۰ درصد) در ۵ تا ۱۰ روز دوره خشکی می‌تواند به مقاومت نسبی احتمالی تخم‌های این گونه به خشکی کوتاه مدت نسبت داده شود که موافق نظر (Ackonor, 1989) و در مقابل نظریات (Popov (1959) و Shoulov (1952) و Forrow (1974) می‌باشد که البته مقدار ۵ میلی‌لیتر آبی که در دوره خشکی توسط جنین تخم جذب شده، مانع مرگ و میر جنین شده و دستیابی به رطوبت کافی باعث تفریح در صد قابل توجهی از تخم‌ها گردیده است. به عبارت دیگر اگر تخم‌ها در مجاورت مقداری رطوبت باشند که حتی قادر به جذب آن نباشند این خود مانع از دست دادن رطوبت تخم و نابودی آنها خواهد شد و در صورت دستیابی به رطوبت کافی، تخم‌ها با جذب آن تفریح خواهند شد سپس با افزایش دوره خشکی از بقای تخم‌ها کاسته شده و از این رو یک همبستگی منفی بین بقای تخم‌ها و خشکی وجود دارد (r = -۰/۹۵). چنین همبستگی منفی می‌تواند به علت از دست رفتن رطوبت اطراف تخم‌ها به موازات افزایش دوره خشکی تا حد بحرانی آن باشد که در این بررسی حدود ۱۵ تا ۲۰ روز است. در دوره بحرانی از دست رفتن رطوبت تخم‌ها منجر به مرگ و میر بسیار شدید در تخم‌ها می‌شود. یعنی بعد از ۱۵ روز خشکی این تنش اثر خود را بیشتر نشان داده و بیش از ۲۰ روز موجب مرگ و میر فراوان خواهد شد. به همین جهت نظریه محققین فوق‌الذکر دال بر حساسیت تخم‌های *L. m. migratorioides* به خشکی طولانی مدت تایید می‌شود. نرخ رشد و نمو، درصد بقای و دوره رشد و نمو تخم و پوره‌ها از جمله عواملی هستند که تحت تأثیر دما و خشکی، رطوبت قرار دارند. در حشره شناسی اقتصادی، شناسایی روابط دمایی-رطوبتی و تعیین آستانه‌های حداقل و حداکثر برای گونه‌های زیان‌رسان، از نظر تعیین زمان شروع فعالیت و طول دوره زندگی آن در یک منطقه از اهمیت فراوانی برخوردار است. بر اساس محاسبه صفر رشد و ثابت دمایی می‌توان زمان شروع و پایان فعالیت و طول دوره زندگی آن را در مزرعه تخمین زده و با شناسایی دشمنان طبیعی مهم آن و دستیابی به چنین اطلاعاتی در مورد دشمنان طبیعی آن می‌توان مدل‌های پیش‌بینی رشد، تغییرات جمعیت

و اثرات متقابل میزبان- دشمن طبیعی آن را به دست آورد و با کمک گرفتن از اطلاعات هواشناسی در مدیریت آفت (IPM) از آنها استفاده نمود.

سپاسگزاری

نگارندگان از آقای مهندس خادم الرسول سرپرست محترم مرکز تحقیقات کشاورزی خوزستان و کلیه همکاران در بخش تحقیقات آفات و بیماری‌های گیاهی مرکز خوزستان، آقایان دکتر سلیمان نژادیان، مهندس ولی‌اله بنی‌عامری، دکتر مهران غزوی و همکاران در مرکز مطالعات نیشکر شرکت‌های کشت و صنعت کارون و هفت تپه که هر یک به نوعی ما را در این تحقیق یاری نمودند، صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایند.

نشانی نگارندگان: دکتر یداله خواجه زاده، مرکز تحقیقات کشاورزی خوزستان، اهواز؛ دکتر پروانه آزمایش فرد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، کرج؛ دکتر محمود شجاعی واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی و دکتر غلامرضا رجبی، استاد پژوهش بخش تحقیقات حشرات زیان آور به گیاهان، موسسه تحقیقات آفات و بیماری‌های گیاهی، صندوق پستی ۱۴۵۴، تهران ۱۹۳۹۵.