

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

تلفات ویژه سنی و تغییرات سرعت نشو و نمای مراحل نابالغ سن گندم (*Eurygaster integriceps* Put. (Heteroptera: Scutelleridae) در چهار دمای

ثابت آزمایشگاهی

Age specific mortality and temperature-dependent development of
immature stages of Sunn Pest (*Eurygaster integriceps* Put.)
(Heteroptera: Scutelleridae) in four constant temperatures

شهزاد ایرانی پور^۱، عزیز خرازی پاکدل^۲، غلامرضا رجبی^۳، غلامرضا رسولیان^۲

حسن کریم مجنی^۲

۱- دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، ۲- دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، کرج،

۳- بخش تحقیقات حشرات زیان‌آور به گیاهان موسسه تحقیقات آفات و بیماری‌های گیاهی

(تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۸۰، تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۸۱)

چکیده

تلفات مراحل نابالغ سن گندم با استفاده از جداول زندگی ویژه سنی در چهار دمای ثابت ۲۲، ۲۵، ۲۷ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد و دوره نوری ۱۴ ساعت روشنایی در شبانه روز بررسی شد. در این شرایط و با تغذیه از دانه‌های خشک گندم (رقم مهدوی) ۷/۳۳، ۳۴/۱۰۰، ۲۹/۳۳ و ۲۳/۳۳ درصد از تخم‌ها به ترتیب برای دماهای مذکور به حشره بالغ تبدیل گردید. بیشترین تلفات در ۲۲ درجه و کمترین در ۲۵ درجه سانتی‌گراد ثبت شد. بیشترین تلفات را پوره ۲ (۶۹/۸۹-۲۷/۴۲٪) و سپس به ترتیب پوره ۳ و تخم و کمترین آن را پوره ۱ (۱۲/۲۶-۱/۵۹٪) و سپس پوره ۴ داشتند. دماهای ۲۵ و ۲۷ درجه برای نشو و نمای مراحل نابالغ مناسب‌تر از دماهای بالایی و پایینی به نظر رسید. منحنی‌های بقا، نزدیک به نوع IV اسلوبودکین بود. زمان نشو و نمای پوره ۵ و سپس ۲ طولانی‌تر و پوره ۱ کوتاه‌تر از سایر

مراحل بود. صفر فیزیولوژیک سن گندم برآورد و مقدار آن ۱۸/۸۵ تعیین شد و تحت شرایط پرورشی پوره‌ها حرارت مؤثر برای تکمیل نشو و نما ۲۷۵/۲۶ درجه-روز محاسبه گردید. واژه‌های کلیدی: سن گندم، جدول زندگی، تلفات، نشو و نما، فیزیولوژیک

مقدمه

سن گندم مهمترین آفت این محصول در اکثر مناطق ایران و کشورهای مجاور محسوب می‌شود. حشره‌ای است یک نسلی با دیپوز اجباری حشره کامل، دگردیسی ناقص و پنج سن پورگی و به صورت حشره کامل تابستان و زمستان گذرانی می‌نماید که غالباً با یک پرواز مهاجرتی از مزارع به سوی ارتفاعات مجاور همراه است. برد این پرواز بسته به ارتفاع و حرارت محل متفاوت و حد اکثر ۳۰ کیلومتر می‌باشد (افشار، ۱۹۳۳، الکساندرف، ۱۹۴۷، دواچی، ۱۹۵۴، بهداد، ۱۹۹۲، صلواتیان، ۱۹۹۱ و رجبی، ۲۰۰۰). محقق نیشابوری (۱۹۹۱) تلفات و نشو و نمای مراحل مختلف دو گونه از سن را در دمای ۲۵ درجه بررسی و میزان بقا را ۷/۴۴ درصد و مجموع دوره نابالغ را ۴۰/۳ روز تعیین کرد. تلفدی‌نیا (۱۹۹۴) نیز جدول زندگی دو نسل از این آفت را در کرج مورد تجزیه و تحلیل قرار داد و نتیجه گرفت عمده تلفات در مراحل تخم و پوره ۱ وارد می‌شود. به علاوه طول دوره نشو و نمای مراحل مختلف را در دمای ۲۲ درجه جمعاً ۳۸/۵ روز اندازه‌گیری کرد. نظر به اهمیت این آفت به عنوان عمده‌ترین مساله گیاه‌پزشکی محصول گندم در کشور، نیاز به مطالعات بنیادین روی آن بیش از پیش احساس می‌گردد. یکی از عمده‌ترین عوامل اکولوژیک غیر زنده مؤثر بر نشو و نما و بقای حشرات دما می‌باشد. در این بررسی سعی شده اثر این عامل بر متغیرهای نامبرده در سن گندم مورد بررسی قرار گیرد.

سرعت نشو و نمای حشرات مانند سایر جانوران خونسرد از دمای محیط اطراف‌شان متأثر می‌گردد و تغییرات حاصله به نوبه خود روی پارامترهای رشد جمعیت تأثیر می‌گذارد (Lewontin, 1965). تأثیر سه عامل سن آغاز، اوج و خاتمه تخم‌ریزی را درکنار زادآوری خالص هرنسل، روی این پارامترها نشان داده است. بدیهی است که سه پارامتر اول با زمان نشو و نمای حشره تغییر می‌نماید. Messenger. 1964 فهرستی از عوامل مؤثر در نرخ رشد جمعیت و در رأس آنها حرارت را ذکر کرد و متغیر مزبور موضوع پژوهش‌های بسیاری را

تشکیل داده است (Elliott & Kieckhefer, Darwish *et al.*, 1991, Bernal & Gonzalez, 1993).
1989, Kieckhefer *et al.*, 1989, Hogg, 1985, Granett & Timper, 1987, Enkegaard, 1993, 1989
1994, Walgenbach *et al.*, 1988, Timper, 1985, Kocourek *et al.*, 1994). تغییرات سرعت نشو و نما با
دما معمولاً از یک الگوی سیگموییدی تبعیت می‌کند به طوری که در دماهای نزدیک به نقطه
پایینی رشد سرعت کند، در دماهای میانی تغییرات خطی و با شیب تند و بالاخره در دماهای
نزدیک به نقطه بالایی رشد سرعت مجدداً کند و با شیب کاهنده‌ای به نقطه فوقانی نزدیک شده
و پس از آن با شیب تنسیدی به صفر می‌گرایسد
1993, Bernal & Gonzalez, 1974, Campbell *et al.*, 1974). با فرض خطی بودن رابطه نشو و نما با
حرارت و با صرف نظر کردن از تغییرات غیرخطی حدود فوقانی و تحتانی روشی برای برآورد
نقطه پایینی رشد به کار بردند که مورد استفاده محققین بعدی جهت
پیشگویی‌های مزرعه‌ای قرار گرفته است (Elliott & Kieckhefer, Darwish *et al.*, 1991)
1989, Enkegaard, 1993, 1989, Kieckhefer *et al.*, 1989, Walgenbach *et al.*, 1988). باید خاطر نشان
کرد که این فرض نادرست ایجاد خطایی در برآورد نرخ نشو و نما در نزدیکی حرارت‌های
پایین و بالای رشد می‌نماید که به ترتیب کمتر و بیشتر از مقدار واقعی خواهد بود
(Bernal & Gonzalez, 1993). این خطا در پیشگویی‌های مزرعه‌ای که تغییرات شبانه روزی
حرارت در محدوده پایینی رشد حشره (یا برعکس نقطه بالایی) باشد ملموس و قابل توجه
خواهد بود (Bernal & Gonzalez, 1993), Elliott & Kieckhefer, 1989, Kieckhefer *et al.*, 1989,
1988, Walgenbach *et al.*, 1988). برای برآورد نقطه بالایی از روش Taylor, 1981 با یک مدل خمیده-
خطی (curvi-linear) استفاده کردند که فرض بر این بود که تا نزدیک نقطه فوقانی رشد، مدل
رفتار خطی دارد ولی در نقطه بالایی تغییر رفتار داده و با قوس ملایمی تغییر شیب می‌دهد.
Siddiqui & Barlow, 1973 نیز مدل نمایی را مناسب‌تر از مدل لجستیکی برای توجیه رابطه
حرارت با سرعت نشو و نمای شته نخود فرنگی دانستند. لازم به ذکر است وقتی که تغییرات
نشو و نما بر یک مقیاس درجه-روز (حرارت‌های مؤثر) استوار باشد پیشگویی‌های دقیق و
جالبی میسر خواهد شد و تفاوت شدید ناشی از مقیاس زمانی (روز) به حداقل خواهد رسید
(Elliott & Walgenbach *et al.*, 1988, Kieckhefer, 1989, Kieckhefer *et al.*, 1989).

روش بررسی

حشره مورد بررسی: حشرات کامل زمستان گذران، در اواخر آذرماه ۱۳۷۸ از ارتفاعات ۲۱۰۰-۱۹۰۰ متری قره آغاج واقع در شمال شهرستان ورامین جمع‌آوری و تا اوایل دی ماه در یخچال ۴°C نگهداری شد تا در آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گیرد. مارتین و همکاران (۱۹۶۹)، عبداللهی (۱۹۸۹) و رجیبی (۲۰۰۰) نشان داده‌اند که دیابوز سن گندم در آغاز دی ماه به طور کامل می‌شکند لذا از تخم‌های گذاشته شده در اوج دوران تخم‌ریزی این ماده‌ها جهت این پژوهش بهره‌گیری شد.

ساخت و بررسی جدول زندگی ویژه سنی: چون حشره کامل دارای دیابوز اجباری می‌باشد امکان بررسی توام زادآوری و تلفات ویژه سنی برای یک همزادگان (cohort) در یک آزمایش وجود ندارد. لذا در این پژوهش فقط داده‌های تلفات ویژه سنی مراحل نابالغ بررسی شد و زادآوری و تلفات حشره کامل نیاز به بررسی جداگانه دارد. آزمایش در چهار اتاق رشد با دمای ثابت 22 ± 2 ، 25 ± 0.5 ، 27 ± 1 و 30 ± 1 درجه سانتی‌گراد و دوره نوری ۱۴ ساعت روشنایی به ۱۰ ساعت تاریکی و به طور هم‌زمان انجام شد. برای هر دما ۱۵ دسته تخم ۲۴-۰ ساعته ۱۰ تایی یا بیشتر که با حذف دستی به ۱۰ عدد کاهش یافت تا ظهور حشرات کامل به طور روزانه مورد بازرسی قرار گرفت. بدین ترتیب هر کوهورت با $150 = 10 \times 15$ عدد تخم حداکثر یک روزه آغاز شد. برای تغذیه پوره‌ها از دانه‌های گندم خشک رقم مهدوی (خیسانده شده به مدت ۲۴ ساعت) استفاده شد که هر دو روز یکبار تجدید می‌شد و جهت تأمین آب مورد نیاز از ظروف شیشه‌ای پنی‌سیلین استفاده گردید. ظروف پرورش گلدان‌هایی به قطر ۱۳ و ارتفاع ۱۲ سانتی‌متر بود که با استوانه‌های پلاستیکی شفاف به قطر ۱۲ و ارتفاع ۱۷ سانتی‌متر که انتهای آن مجهز به توری ریز بود مسدود گردید. گلدان‌ها تا ۲ سانتی‌متری دهانه آن پر از خاک شد تا پوره‌های واژگون شده امکان بازگشت به حالت عادی داشته باشند. علیرغم تلاش‌های صورت گرفته، پرورش پوره‌ها روی گندم سبز با شکست مواجه شد و ظاهراً، نبود خوشه امکان تغذیه پوره‌ها از بوته‌های سبزگندم را سلب نموده و تماماً در سن دوم تلف شدند.

روش تجزیه و تحلیل

الف- تلفات ویژه سنی: پارامترهای جدول زندگی شامل $l_x, d_x, p_x, q_x, l_x, T_x$ و e_x با روش مشروح در Carey, 1993 محاسبه شد. در ستون x که معرف سن همزادگان می باشد میانگین زمان نشو و نمای سپری شده تا هر مرحله درج شد. برای تحلیل تلفات از داده های ستون d_x و q_x 100 و مقایسه آماری بین مقادیر q_x برای شش مرحله رشدی در تیمارهای مختلف پس از تبدیل زاویه ای $\frac{1}{2} \text{Arcsin}(x)$ (یزدی صمدی و همکاران، 1997) استفاده شد. به طوری که (Caery 2001) ذکر کرده است q_x مناسب ترین تابع در بین توابع تلفات و بقای جدول زندگی برای مقایسه بین تیمارها و مراحل مختلف رشدی می باشد زیرا مستقل از مراحل پیشین و پسین و جمعیت مینا می باشد. آزمایش در قالب کرت های خرد شده با طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با کرت گم شده (به دلیل تلفات 100٪ در برخی تکرارها) با عامل اصلی دما (در 4 سطح) و فرعی مراحل زیستی (در 6 سطح) بود. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین با آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال 0.05 درصد با استفاده از دستور رویه GLM نرم افزار SAS 6.02 برای کرت های خرد شده (سلطانی، 1998) انجام گرفت. منحنی های بقای (Deevey 1947, Chi & Liu, 1985, Sloboikin, 1962) استفاده شد، بعلاوه منحنی تغییرات امید زندگی و q_x نیز ملحوظ شد. از منحنی های P_x و d_x که اولی متمم q_x و دومی شبیه q_x اما با دامنه توسانات کمتر به ویژه رو به انتهای دوره نشو و نما می باشد صرف نظر شد زیرا q_x اطلاعات هر دو منحنی را در بردارد. محاسبات و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel 2000 انجام شد.

ب- رابطه سرعت نشو و نما با حرارت: حرارت های آزمایش طوری بود که اجازه محاسبه نقطه رشد بالا را نمی داد ولی حرارت پایینی نشو و نما (صفر فیزیولوژیک) با روش Campbell *et al.*, 1974 و مدل خطی $Y = a + bT$ محاسبه شد (Y سرعت نشو و نما، T حرارت، a و b پارامترهای مدل و $-\frac{a}{b}$ عرض از مبدأ یا برآورد مدل از نقطه رشد پایین) برای برآورد معادله رگرسیون از نرم افزار STATGRAPHICS plus 3 استفاده شد و جدول تجزیه واریانس رگرسیون برای ارزیابی وجود رابطه بین T و Y مورد استفاده قرار گرفت. مقادیر Y با استفاده از میانگین سرعت های نشو و نما تک تک افراد به دست آمد

اما نظر به اینکه هر تکرار واجد بیش از یک فرد بود، امکان محاسبه سرعت نشو و نمای هر فرد در مراحل بعد از تخم وجود نداشت، لذا از مراحل تراکمی برای محاسبات استفاده شد.

ج- نحوه محاسبه درجه حرارت‌های مؤثر: به دو روش عمل شد. در روش اول از مقادیر عکس شیب معادله خط رگرسیون ($DD = 1/b$) برای بر آورد درجه-روز یا حرارت‌های مؤثر تک تک مراحل استفاده شد (Darwish et al., 1997) که با توجه به پیشگویی‌های نادرست از روش دوم استفاده شد که حرارت مؤثر فقط برای کل دوره نشو و نما از تخم تا حشره کامل از روش قبل محاسبه و در میانگین هندسی (رضایی ۱۹۹۷) نسبت زمانی سپری شده در هر مرحله ضرب شد تا حرارت مؤثر هر مرحله به دست آید.

نتیجه و بحث

الف - جدول‌های زندگی و نمایش تلفات و بقای ویژه سنی: زندگی ناقص (partial) خلاصه شده از تخم تا حشره کامل سن گندم را در چهار دمای بررسی شده در آزمایشگاه در جداول ۱ تا ۴ نشان داده می‌شود. به دلیل استفاده از جداول مرحله‌ای خلاصه شده از نمایش ستون‌های L_x , T_x و e_x اجتناب گردید.

جدول ۱، جدول زندگی خلاصه شده مراحل نابالغ سن گندم در ۳۰ درجه سانتی‌گراد

Table 1, Abridged partial life table of Sunn pest immatures in 30 °C

Stages	(N)	Age(x)	L_x	D_x	P_x	$100q_x$
Egg	150	0	1.0000	0.2067	0.7933	20.67%
N1	119	2.95	0.7933	0.0600	0.9244	7.56%
N2	110	5.49	0.7333	0.3067	0.5818	41.82%
N3	64	9.95	0.4267	0.1333	0.6875	31.25%
N4	44	14.20	0.2933	0.0267	0.9091	9.09%
N5	40	18.20	0.2667	0.0333	0.8750	12.5%
Adult	35	24.49	0.2333	-	-	-

جدول ۲، جدول زندگی خلاصه شده مراحل نابالغ سن گندم در ۲۷ درجه سانتی گراد

Table 2, Abridged partial life table of Sunn pest immatures in 27°C

Stages	(N)	Age(x)	L_x	d_x	P_x	$100q_x$
Egg	150	0	1.0000	0.1400	0.8600	14%
N1	129	4.72	0.8600	0.0333	0.9612	3.88%
N2	124	7.65	0.8267	0.2267	0.7258	27.42%
N3	90	14.31	0.6000	0.1867	0.6889	31.11%
N4	62	19.50	0.4133	0.0533	0.8710	12.9%
N5	54	25.04	0.3600	0.0667	0.8148	18.52%
Adult	44	33.25	0.2933	-	-	-

جدول ۳، جدول زندگی خلاصه شده مراحل نابالغ سن گندم در ۲۵ درجه سانتی گراد

Table 3, Abridged partial life table of Sunn pest immatures in 25°C

Stages	(N)	Age(x)	L_x	d_x	P_x	$100q_x$
Egg	150	0	1.0000	0.1600	0.8400	16%
N1	126	6.75	0.8400	0.0133	0.9841	1.59%
N2	124	11.30	0.8267	0.2867	0.6532	34.68%
N3	81	21.60	0.5400	0.0800	0.8519	14.81%
N4	69	29.57	0.4600	0.0400	0.9130	8.7%
N5	63	38.51	0.4200	0.0800	0.8095	19.05%
Adult	51	51.47	0.3400	-	-	-

جدول ۴، جدول زندگی خلاصه شده مراحل نابالغ سن گندم در ۲۲ درجه سانتی گراد

Table 4, Abridged partial life table of Sunn pest immatures in 22°C

Stages	(N)	Age(x)	L_x	d_x	P_x	$100q_x$
Egg	150	0	1.0000	0.2933	0.7067	29.33%
N1	106	13.73	0.7067	0.0867	0.8774	12.26%
N2	93	20.53	0.6200	0.4333	0.3011	69.89%
N3	28	37.57	0.1867	0.0533	0.7143	28.57%
N4	20	49.40	0.1333	0.0267	0.8000	20%
N5	16	61.63	0.1067	0.0333	0.6875	31.25%
Adult	11	77.73	0.0733	-	-	-

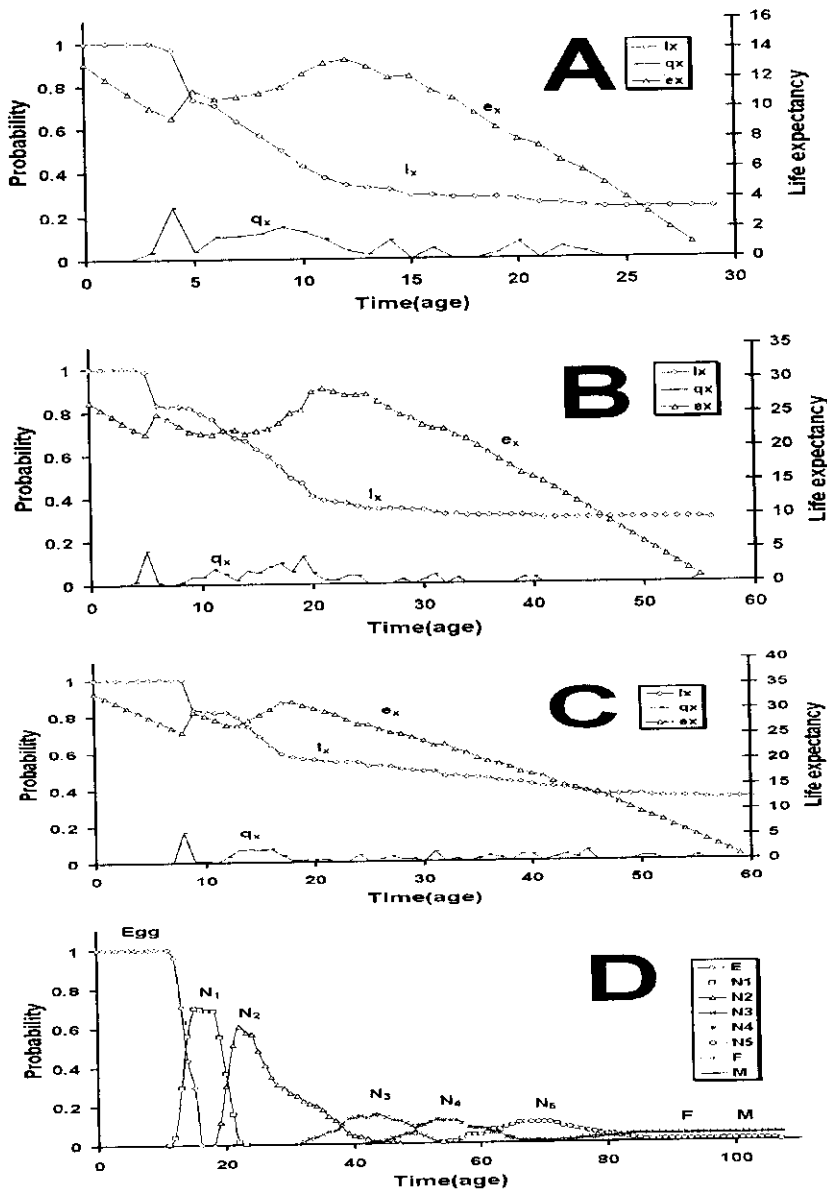
وقتی تلفات نسبت به جمعیت مینا (radix) نشان داده گردید (ستون d_x)، معلوم شد که بیشترین تلفات در هر چهار دما در سن دوم وجود داشته است. به غیر از دمای 27°C که تلفات پوره ۳ در رتبه دوم و بعد از آن تخم در مکان سوم واقع شد در سایر دماها تلفات تخم بعد از پوره ۲ عمده ترین تلفات محسوب گردید. در 22°C تلفات پوره ۱ و در 25°C و 30°C درجه تلفات پوره ۳ سومین میزان تلفات را دارا بودند. در دو دمای انتهایی پوره ۴ و سپس پوره ۵ و در دو دمای میانی پوره ۱ و سپس پوره ۴ کمترین تلفات را نشان دادند.

هنگامی که تلفات برحسب افراد وارد شده به هر مرحله (ستون q_x ۱۰۰) محاسبه گردید نتایج منطقی تری حاصل شد. در این نوع نمایش تلفات نیز همچنان در سه دما پوره ۲ بیشترین تلفات را نشان داد ولی در 27°C پوره ۳ در صد تلفات بیشتری متحمل شد و پوره ۲ در مقام بعدی قرار گرفت. در هر چهار دما پوره ۱ با اختلافی فاحش و سپس پوره ۴ کمترین تلفات را تجربه کردند. در 30°C نیز که تفاوت بین تلفات دو مرحله کم بود با در نظر گرفتن اینکه فرار پنج عدد پوره ۱ به حساب تلفات گذاشته شد، اگر از این تلفات صرف نظر شود تلفات پوره ۱ به نصف تقلیل می یابد و در این صورت تفاوت قابل ملاحظه خواهد بود. در دو دمای تحتانی تلفات پوره ۵ بطور قابل ملاحظه ای بالا و بعد از پوره ۲ بیشترین بود. تلفات تخم نیز در دمای بالایی و پایینی قابل توجه تر ملاحظه گردید. در مجموع تلفات کلیه مراحل به جز پوره ۳ در 22°C بیشتر از سایر دماها بود و در مورد پوره ۳ تلفات در 25°C در حدود نصف سایر تیمارها بود. در 30°C تلفات پوره ۵ به طور قابل ملاحظه ای کمتر از سایر دماها و در 22°C بیش از سایر دماها بود. تلفات پوره های ۲، ۱ و ۴ در 22°C خیلی بیش از سه دمای دیگر بود. تلفات کل به ترتیب از ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتی گراد افزایش یافت ولی در 22°C بیش از سایر تیمارها بود به طوری که به ترتیب $23/23$ ، $29/33$ ، $34/100$ و $7/33$ درصد از تخم های اولیه در ۳۰، ۲۷، ۲۵ و ۲۲ درجه به حشره کامل تبدیل شد، درصد بقای پوره ها نیز از سن اول تاحشره کامل همان ترتیب را داشت با این توضیح که به ترتیب $29/41$ ، $34/11$ ، $40/48$ و $10/38$ درصد از پوره های سن ۱ در دماهای چهار گانه فوق الذکر تبدیل به حشره کامل شدند. نسبت جنسی در هر چهار دما نزدیک به مقدار ۱:۱ بود.

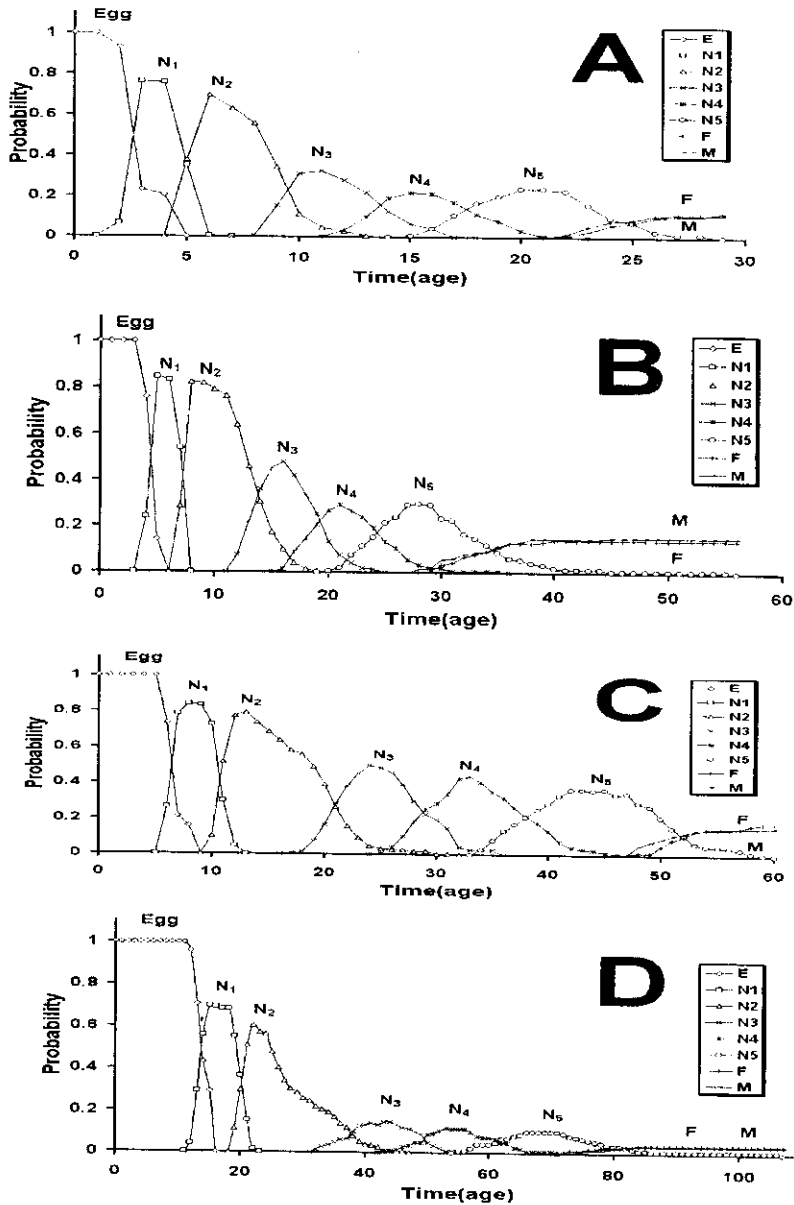
مقایسه آماری مقادیر q_x وجود اختلاف بسیار معنی دار (در سطح ۱٪) بین مراحل زیستی را نشان داد ($P=0.0001$)، $df=5/246$ ، $F=13.98$) ولی اثر دما و اثرات متقابل معنی دار نبود.

مقایسه میانگین با آزمون دانکن و با اطمینان ۹۹٪ پوره ۲ را با میانگین ۴۱/۱٪ تلفات آسیب‌پذیرترین و پوره ۱ را با میانگین ۵/۸٪ از تمام مراحل به جز پوره ۴ مقاوم‌تر نشان داد. ضمناً تفاوت بسیار معنی‌داری در تلفات پوره ۳ با ۲۶/۲٪ و پوره ۴ با ۱۲/۳٪ دیده شد. سایر تفاوت‌ها معنی‌دار نبود. علیرغم معنی‌دار نبودن آزمون F در تیمارهای اصلی، آزمون دانکن تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ بین دو تیمار ۲۲ و ۲۵ درجه نشان داد.

توزیع تلفات با استفاده از نمودار سه تابع جدول زندگی یعنی I_x (Slobodkin, 1962)، e_x و q_x (امید زندگی) یکجا نمایش داده شد (شکل ۱). درترسیم این نمودارها فرض براین بوده که تلفات مرحله تخم تماماً در پایان این مرحله وارد می‌شود که البته فرضی نادرست است. لازم به ذکر است که تلفات تخم بیشتر به دو صورت عدم باروری اولیه تخم‌ها (عدم رشد جنین) یا مرگ جنین در مراحل پیشرفته و نزدیک به خروج به دلایل نامشخص بود که به طور تفکیک نشده و یکجا در آخر دوره وارد محاسبه شد. نتیجه چنین فرضی تغییرات ناگهانی در هر سه منحنی و توابع مربوطه در پایان مرحله تخم بود. به نظر می‌رسد منحنی بقای سن گندم در آزمایشگاه نزدیک به نوع III دیوی و نوع IV اسلوبودکین باشد، هرچند که این انطباق کامل نیست. این بدان معنی است که بیشتر تلفات در مراحل ابتدایی وارد می‌شود و تلفات اوایل نشو و نما شدید است اما رو به انتها روند آهسته‌تری می‌یابد. چنین روندی باعث می‌شود که منحنی امید زندگی حشره بعد از یک کاهش در مراحل ابتدایی از اوایل سن دوم شروع به افزایش نماید و در اواخر این مرحله یا مرحله بعد (در دماهای مختلف) به یک نقطه اوج رسیده و پس از چندی با یک روند تقریباً خطی یکنواخت به سمت صفر میل نماید و بنابر این در سمت چپ، مقعر، در وسط محدب و به شکل یک قله و در سمت راست به صورت نزدیک به یک خط راست باشد. قسمت صعودی منحنی امید زندگی با حداکثر نوسانات منحنی q_x (و همین‌طور d_x) منطبق است. منحنی I_x نیز نشان می‌دهد که منحنی عموماً مصادف با سن دوم پورگی تقعر شدیدی یافته و پس از آن یک روند یکنواخت می‌یابد. به کار بردن مقیاس لگاریتمی نیز در شکل عمومی منحنی تغییری ایجاد نکرد (این منحنی نمایش داده نشده است) و لذا نوع III دیوی (یا IV اسلوبودکین) به تأیید رسید.



شکل ۱، منحنی بقای اسلوبودکین، در صد تلفات سنی و امید زندگی مراحل نابالغ سن گندم
 Fig. 1. Slobodkin's survival curve, age specific mortality, and life expectancy of immature stages of Sunn pest (A) 30°C, (B) 27°C, (C) 25°C, (D) 22°C



شکل ۲، منحنی بقای Chi & Liu (1985) مراحل نابالغ سن گندم

Fig. 2, Chi and Liu's (1985) survival curves of immature stages of Sunn pest, (A) 30°C, (B) 27°C, (C) 25°C, (D) 22°C

شکل ۲، منحنی بقای مراحل رشدی را با روش Chi & Liu, 1985 نشان می‌دهد که اختلاط مراحل مختلف رشدی در تمام آزمایش‌ها محرز است، به طوری که پس از سپری شدن مرحله جنینی همیشه دو یا سه مرحله پورگی را همزمان می‌توان مشاهده کرد. نقطه اوج مراحل متوالی کاهش می‌یابد که نتیجه تلفات می‌باشد و این کاهش در ۲۲°C بعد از سن دوم بسیار شدیدتر است و منحنی‌های مراحل بعدی بسیار کوتاه‌تر است. ضمناً قاعده منحنی مراحل پیشرفته تر پهن‌تر است که نشان دهنده طولانی‌تر بودن دوره ظهور تا خاتمه این مراحل است. این منحنی‌ها دقیقترین نوع نمایش رویدادهای مختلف در یک همزادگان می‌باشند.

ب- رابطه سرعت نشو و نما با حرارت: ستون x جدول‌های زندگی (جدول ۱ تا ۴) میانگین زمان نشو و نما برای مراحل متوالی سن گندم را در چهار دما نشان می‌دهد. سرعت نشو و نما برای هر مرحله در هر دما متفاوت بود و با افزایش دما افزایش یافت. برای اینکه وجود چنین رابطه‌ای مورد انکشاف قرارگیرد رگرسیون خطی متغیر مستقل دما (T) با سرعت نشو و نما (Y) برای تک تک مراحل به دست آمد. این معادلات به همراه ضریب تبیین (R²) و عرض از مبدأ ($-\frac{a}{b}$) در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۵، روابط خطی برآورد شده بین دما و سرعت نشو و نما، ضریب تبیین و عرض از مبدأ (صفر فیزیولوژیک) مراحل مختلف

Table 5, Estimated linear relation between temperature and developmental rate, regression coefficient and x-intercept (lower thermal threshold) of different cumulative stages of Sunn pest

Cumulative Stages	Regression Equation	(R ²)	$-\frac{a}{b}$
Egg	Y = 0.0338T - 0.6844	0.9812	20.23
Egg+N1	0.3318 Y = 0.0171T -	0.9927	19.39
Egg+N1+N2	Y = 0.0095T - 0.1856	0.9861	19.53
Egg+N1+N2+N3	Y = 0.0065T - 0.1247	0.9863	19.18
Egg+N1+N2+N3+N4	Y = 0.005T - 0.096	0.9814	19.12
Total			
Females	Y = 0.0037T - 0.0695	0.971	18.93
Males	Y = 0.0036T - 0.0674	0.9807	18.77
Both F&M	Y = 0.0036T - 0.0685	0.9758	18.85

در تمام موارد فوق تجزیه واریانس رگرسیون وجود رابطه معنی دار بین T و Y را در سطح ۹۵٪ نشان داد. بعلاوه با توجه به اینکه عرض از مبدا مراحل مختلف بین ۱۸/۸۵ و ۲۰/۲۳ درجه سانتی گراد به دست آمد یعنی کمتر از ۱/۵ درجه تفاوت بین مراحل مختلف موجود بود، آزمون فرض برابری عرض از مبدا با ۱۸/۸۵ با تغییر دادن مقدار a بدون تغییر شیب (سرعت نشو و نما) برای پذیرفتن این مقدار به عنوان عرض از مبدا تمام مراحل که در هیچ موردی تفاوت معنی دار با مقدار ۱۸/۸۵ °C (که برای معادله کل مراحل نابالغ بدست آمد) مشاهده نشد. علت انتخاب این مقدار به عنوان مبنای محاسبات این بود که عرض از مبدا معادله نشو نما ی کل مراحل نابالغ بود.

ج- محاسبه حرارت‌های مؤثر: دو روش برای تخمین حرارت‌های مؤثر نشو و نما ی مراحل مختلف سن گندم به کار رفت. در روش اول از معادلات خطی جدول ۵ و طول از مبدا متناظر هر معادله استفاده شد و از رابطه $DD = 1/b$ حرارت مؤثر برای تک تک مراحل برآورد گردید.

جدول ۶، برآورد درجه حرارت‌های مؤثر برای مراحل مختلف رشد سن گندم و جمع مراحل

متوالی

Table 6, Degree-days estimated along with cumulative of different stages of Sunn pest

Stages	Method 1		Method 2	
	Distinctive	Cumulative	Distinctive	Cumulative
Egg	29.56	29.56	38.83	38.83
N1	28.88	58.44	25.55	64.38
N2	46.79	105.23	55.10	119.48
N3	48.54	153.77	43.93	163.41
N4	45.30	199.07	45.53	208.94
N5	76.19	275.26	66.32	275.26

باتوجه به جدول ۶ می‌توان دریافت که پیش‌بینی‌های حاصله از این ارقام چندان مناسب نخواهند بود زیرا به عنوان نمونه، حرارت مؤثر برای دو مرحله تخم و پوره ۱ تقریباً مساوی است و این به معنی آن است که حشره در این دو مرحله زمان مساوی طی خواهد کرد یا در سه مرحله پوره ۲، ۳ و ۴ نیز تقریباً مساوی است حال آنکه پوره ۲ به وضوح زمان بیشتری را اشغال خواهد کرد.

به خاطر وجود این اشکالات از روش دوم برای تخمین حرارت‌های مؤثر هر مرحله استفاده گردید. در این روش میانگین هندسی نسبت زمان سپری شده به کل دوره نشو و نما، در هر مرحله رشدی محاسبه و در ۲۷۵/۲۶ به دست آمده از روش اول ضرب و درجه - روز لازم برای تکمیل نشو و نما، هر مرحله حاصل شد. نتایج دو روش در جدول ۶ مقایسه شده است.

بررسی الگوی تلفات ویژه سنی نشان داد که تحت شرایط پرورشی در هر چهار دما عمده تلفات سن گندم در مراحل ابتدایی به ویژه سن دوم وارد شد و پوره ۳ و تخم نیز به ترتیب در مکان بعدی قرار گرفتند. کمترین تلفات در پوره ۱ و ۴ ملاحظه شد. تفاوت‌های موجود در تلفات مراحل مختلف رشدی ناشی از حداقل سه عامل ذیل می‌باشد:

۱- مرحله رشدی: مراحل رشدی مختلف تلفات متفاوتی را پشت سر گذاشتند. پوره ۱ کمترین و پوره ۲ بیشترین تلفات را متحمل شدند.

۲- طول مدت نشو و نما، مرحله: به عنوان مثال پوره ۱ که کوتاه‌ترین زمان نشو و نما را دارد کمترین و پوره ۲ که بعد از پوره ۵ بلندترین زمان نشو و نما را دارد بیشترین تلفات را داشتند.

۳- شرایط آزمایش به ویژه دما: تلفات تمامی مراحل در 22°C بیش از سایر دماها بوده و تلفات کل در دو دمای میانی کمتر از دو دمای فوقانی و تحتانی بود. تلفات تخم و پوره ۲ در دمای 30°C و در مورد پوره ۳ در دو دمای فوقانی (۲۷ و 30° درجه) بیش از سایر دماها بود.

باید خاطر نشان ساخت که محقق نیشابوری (۱۹۹۱) نتایج تقریباً مشابهی بر روی سن *E. maura* L. در 25° درجه سانتی‌گراد و در آزمایشگاه به دست آورد ولی نتایج ایشان در مورد *E. integriceps* قدری متفاوت بوده است. در بررسی‌های وی بیشترین و کمترین تلفات در *E. maura* به ترتیب در پوره ۲ و پوره ۴ و در *E. integriceps* به ترتیب در پوره ۱ و پوره ۳ مشاهده شد و تلفات پوره ۱ در هر دو گونه خیلی بالاتر و پوره ۲ سن معمولی گندم خیلی پایین‌تر از نتایج ما و تلفات کل کمتر بود به طوری که درصد تبدیل تخم و پوره سن ۱ به حشره کامل به ترتیب $44/67$ و $53/43$ درصد برای *E. integriceps* و 28 و 34 درصد برای *E. maura* بود. این ارقام درکارهای ما به ترتیب $34/100$ و $40/48$ درصد در دمای مشابه

(25°C) بود. ضمناً طول دوره نشو و نما نیز در کارهای ایشان $40/32$ روز برای سن معمولی و $44/93$ روز برای سن اروپایی گندم (*E. maura*) بود که در کارهای ما در دمای مشابه $51/47$ روز برای سن معمولی گندم به دست آمد معذک ترتیب زمانی مراحل در هر دو آزمایش مشابه بود به طوری که پوره ۵ و ۲ و تخم به ترتیب طولانی‌ترین و پوره ۱ کوتاه‌ترین زمان نشو و نما را داشتند. تفاوت‌های مشاهده شده ممکن است ناشی از تفاوت شرایط آزمایش (به ویژه تغذیه و رطوبت) و ابزارهای تنظیم و نمایش حرارت و... باشد. محققین مختلف نتایج بسیار متفاوتی در اندازه‌گیری طول دوره نشو و نما در مراحل مختلف زیستی حتی در دماهای مشابه اعلام کرده‌اند. تفقدی‌نیا (۱۹۹۴) ارقام ۶، $3/5$ ، $5/5$ ، $7/5$ ، $9/5$ را برای تخم و پنج سن پورگی در 22°C به دست آورد که بسیار متفاوت از نتایج این تحقیق (حدود نصف آن) می‌باشد. نتایج ایشان با حدود اندازه‌گیری شده توسط امیر معافی (۱۹۹۱) تحت شرایط مشابه ($20-22$ درجه سانتی‌گراد) همخوانی دارد. تفاوت‌های موجود بین نتایج ما با نامبردگان قابل انتساب به عوامل متعددی است که مهمترین آنها جمعیت مورد مطالعه (کرج در کارهای ایشان)، شرایط پرورش (به ویژه نوع تغذیه و رقم گیاه میزبان که در تحقیق آنها ذکر نشده)، دقت دستگاه‌ها، تعداد تکرار و مشاهدات (که در کار امیر معافی ذکر نشده و در کار تفقدی‌نیا فقط دو تکرار ۱۰ تایی در مقایسه با ۶۰ تکرار ۱۰ تایی در چهار تیمار این تحقیق) و بالاخره روش محاسبه می‌باشد. تفقدی‌نیا (۱۹۹۴) به جای میانگین، متوسط را بر آورد نمود و امیر معافی به ذکر دامنه تغییرات اکتفا کرده‌اند. لازم به یاد آوری است که اگر توزیع فراوانی داده‌ها نرمال نباشد و چولگی شدید داشته باشد، این تفاوت‌ها بی‌سن میانه و میانگین قابل انتظار خواهد بود (رضایی، ۱۹۹۷). علیرغم تفاوت‌های مذکور، ترتیب دوره نشو و نما در مراحل مختلف تقریباً موید نتایج ما است به طوری که پوره سن ۵ در هر سه آزمایش طولانی‌ترین و سن ۱ کوتاه‌ترین دوره می‌باشد. کوتاه‌تر بودن دوره پورگی سن ۲ نسبت به سنین ۳ و ۴ در کار تفقدی‌نیا با نتایج ما مغایرت دارد. معینی نقده (۲۰۰۲) افزایشی در طول دوره جنینی در بالا تر از $27/5$ درجه مشاهده کرد که مغایر با این تحقیق است. با این حال در سایر دماهای مشابه ارقام محاسبه شده ایشان نزدیک به این بررسی بود. دمای بهینه از نظر وی $27/5$ بود. آستانه پایین را برای مراحل مختلف (بجز پوره یک) $9/73$ تا $14/59$ درجه با مدل خطی تعیین نمود که کمتر از $18/85$ در کارهای ما بود. دلیل این تفاوت گنجاندن تیمار ۱۵ درجه است که خارج

از محدوده تغییرات خطی میباشد. این امر موجب کاهش شیب رگرسیون و در نتیجه آستانه حرارتی میشود. رقم ۳/۴۳ برای پوره ۱ حتی غیر عادیتر مینماید و اختلاف قابل ملاحظه در مراحل مختلف ناشی از همین مساله است. به تبع چنین خطایی حرارت‌های مورد نیاز برای سپری شدن نشو و نمای مراحل مختلف بسیار متفاوت از این تحقیق و غیر عادی جلوه می‌کند بطوریکه برای تخم و پوره یک خیلی طولانی (بترتیب ۷۶/۹۲ و ۶۴/۵۲) و برعکس برای تمام مراحل بعدی خیلی کوتاه (بترتیب ۴/۷۵، ۹/۱۷، ۱۲/۵۳ و ۱۴/۶۲ درجه-روز برای پوره‌های ۲ تا ۵) است. اعتقاد بر این است که حذف تیمار ۱۵ درجه در کارهای ایشان یا کاربرد مدل غیر خطی می‌توانست نتایج منطقی‌تری به همراه داشته باشد.

منحنی‌های بقا نزدیک به نوع III دیوی (۱۹۴۷) و IV اسلوبودکین (۱۹۶۲) بود که با نتایج نقدی نیا (۱۹۹۴) در طبیعت مطابقت دارد ولی با نتایج احمد (۱۹۹۲) در پاکستان بر روی دو گونه *E. maura* و *E. integriceps* در دمای ۲۵ °C که از نوع I و II تغییر یافته اسلوبودکین بود مغایرت داشت. این تفاوت ممکن است در نتیجه تفاوت در جمعیت‌های پاکستانی و ایرانی سن گندم یا شرایط آزمایش و دیگر عوامل نا شناخته باشد.

بررسی رابطه حرارت با سرعت نشو و نمای سن گندم که اولین بررسی از این نوع در ایران محسوب می‌شود صفر فیزیولوژیک مراحل مختلف رشدی را بین ۱۸/۸۵ تا ۲۰/۲۳ درجه پیشگویی کرد و رقم ۱۸/۸۵ که تفاوت معنی‌داری با هیچیک از عرض از مبداها نداشت به عنوان صفر پایینی رشد پذیرفته شد. حرارت‌های مؤثر برای مجموع مراحل پیش از بلوغ ۲۷۵/۲۶ درجه - روز و برای تک تک مراحل نیز جداگانه به دست آمد که البته لازم به ذکر است این مقادیر فقط برای شرایط آزمایش (تغذیه پوره‌ها با دانه‌های گندم) معتبر است و در شرایط مزرعه‌ای بر روی بوته‌های گندم احتمالاً وضعیت متفاوت خواهد بود. یادآور می‌گردد که هرچه شرایط تغذیه‌ای و فیزیولوژیک جمعیت مساعدتر باشد زمان نشو و نما کوتاه‌تر و حرارت‌های مؤثر کمتری مورد نیاز خواهد بود و برعکس.

سپاسگزاری

این تحقیق با امکانات پژوهشی گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه تهران به ثمر رسید. از دوست و سرور ارجمندم آقای مهندس جاماسب نوذری که در فراهم نمودن امکانات این

تحقیق و هماهنگی های لازم همواره گره گشا بوده اند بی نهایت سپاسگزارم. آقای مهندس رامین روح پرور از مساعدت های بیدریغ خود بهره مند نمودند و از نظریات و هم فکری های دوست عزیزم آقای مهندس اللهیاری برخوردار گردیدم. آقایان حسن نظری و سید میر حسین نوچه ده سادات در سفری که برای جمع آوری نمونه های آزمایشی به کوه های صعب العبور قره آغاچ داشتم همراهی و همکاری صمیمانه ای داشتند. از همه عزیزانی که به نحوی در اجرا و نگارش این مجموعه دخیل بوده اند خالصانه تشکر می نمایم.

نشانی نگارندگان: مهندس شهزاد ایرانی پور دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، دکتر عزیز خرازی پاکدل، دکتر غلامرضا رسولیان و دکتر حسن کریم مجنی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، کرج، دکتر غلامرضا رجبی، استاد پژوهش بخش تحقیقات حشرات زیان آور به گیاهان، مؤسسه تحقیقات آفات و بیماری های گیاهی، صندوق پستی ۱۴۵۴، تهران ۱۹۳۹۵.