**دانشکده کشاورزی**

**گروه حشره‌شناسی کشاورزی**

**پایان‌نامه کارشناسی ارشد حشره‌شناسی کشاورزی**

**عنوان**

# فیزیولوژی دیاپوز و سرماسختی در حشرات کامل زمستان‌گذران سوسک برگخوار نارون *Xanthogaleruca luteola* (Muller)(Coleoptera:Chrysomelidae)

**نگارش**

**شقایق سودی**

**استاد راهنما**

**دکتر سعید محرمی‌پور**

**استاد مشاور**

**دکتر محسن برزگر**

**بهمن ۱۳۸۹**

تقدیم به چشمان زلال مادرم،

دستان پر مهر پدرم

و خواهر عزیزم زهرا

آنان که برای من نان، ترانه و خانه‌ای رو به آفتاب آرزو دارند

# تشکر و قدردانی

اینک، مجالی است برای نوشتن چند سطر نه بر اختتام، بلکه بر سرآغاز راهی که توشه‌اش علم است و پشتیبانش خدای متعال. حمد و سپاس خدای عزوجل بر آنچه که انعام فرموده و سپاس او را بر آنچه بر دل الهام کرده و ثنا و ستایش او را بر آنچه که از پیش مرحمت فرموده است.

از استاد بسیار عزیزم جناب آقای دکتر سعید محرمی‌پور که در این مدت بهترین راهنما و مشوق من بودند بسیار متشکرم، و حال که از محضر ایشان فراغت تحصیل می‌یابم آرزومندنم قدران محبت‌های بی‌دریغشان باشم و برای ایشان توفیق روز افزون از بارگاه ایزد تعالی آرزومندم. صمیمانه‌ترین سپاس، تقدیم به حضور جناب آقای دکتر محسن برزگر، که زحمت مشاوره این پایان‌نامه را بر عهده داشتند و همواره از محبت‌های ایشان بهره‌مند بوده‌ام. مراتب سپاس و قدردانی عمیق خود را به محضر استاد ناظر محترم، جناب آقای دکتر یعقوب فتحی‌پور که زحمت مطالعه این پایان نامه را به عهده گرفته و نظرات ارزشمندی را ابراز داشته‌اند اعلام می‌دارم. همچنین از جناب آقای دکتر جلال جلالی که داوری این پایان‌نامه را قبول کردند کمال امتنان را دارم. مراتب سپاس و احترام خود را به جناب آقای دکتر علی‌اصغر طالبی و دکتر حمیدرضا حاجی‌قنبر ابراز می‌دارم. همچنین از جناب آقای دکتر مسعود شمس‌بخش که با راهنمایی‌های خود مرا یاری دادند صمیمانه سپاسگزارم. از خانم مهندس مریم عطاپور که در تمام مراحل تحقیق مرا یاری دادند بسیار متشکرم. این پایان‌نامه در آزمایشگاه‌های حشره‌شناسی و مرکزی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس انجام شده است از این فرصت برای تشکر از مسئولین محترم این آزمایشگاه‌ها جناب آقایان مهندس موسی‌زاده و مهندس فتحی استفاده می‌کنم.

از پدر و مادر عزیز و خواهر مهربانم که در طول زندگی همواره مشوق و حامی من بوده‌اند بسیار متشکرم. از همه دوستان عزیزم به خصوص خانم مهندس سمیرا خدایاری به خاطر کمک‌های بی-دریغشان بسیار سپاسگزارم و برای تمامی ایشان سعادتمندی و موقیت روز افزون را در همه مراحل زندگی خواستارم.

**شقایق سودی**

**بهمن‌ماه یک هزاروسیصدو هشتادونه**

## چکیده

سوسک برگخوار نارون *Xanthogaleruca luteola* (Muller) یکی از آفات کلیدی نارون در سراسر دنیاء محسوب می‌شود که زمستان را به شکل حشرات کامل در حالت دیاپوز در پناهگاه‌های امن سپری می‌کند. در مطالعه حاضر تغییرات نقطه انجماد بدن (SCP)، میزان بقاء حشرات در دماهای زیر صفر درجه سلسیوس، تغییرات فصلی قندها و گلیکوژن در طی سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ مورد بررسی قرار گرفت. در هر دو سال نقطه انجماد بدن حشرات کامل فعال به طور معنی‌داری بالاتر از حشرات کامل زمستان گذران بود. همچنین با پیشرفت دیاپوز تحمل حشرات به سرما در زمستان در ماه‌های آذر و دی به حداکثر رسید به طوری که در اوایل پاییز (شروع دیاپوز) تنها ۳۵ درصد افراد قادر به تحمل دمای ۱۵- درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت بودند در حالی که این میزان در اوایل زمستان (دیاپوز) به بیش از ۷۰ درصد افزایش یافت. پایین‌ترین میزان تحمل به سرما در حشرات جمع‌آوری شده در اردیبهشت‌ماه (۱۰۰ درصد) مشاهده شد. مقادیر حداقل دمای کشنده در دامنه نقطه انجماد قرار داشت، بنابراین نقطه انجماد بدن شاخص مناسبی برای تخمین سرماسختی حشرات زمستان گذران سوسک برگخوار نارون به شمار می‌رود. حشرات زمستان‌گذران قادر به تحمل دماهای نزدیک به نقطه انجماد بودند، اما هیچ یک از حشرات در دماهای پایین تر از نقطه انجماد (مثلاً دمای ۲۰ درجه سلسیوس که در این آزمایش استفاده شد، زنده نماندند. بر اساس این نتایج می‌توان گفت حشرات زمستان‌گذران سوسک برگخوار نارون از استراتژی غیر متحمل به یخزدگی بهره می‌برند. مقادیر قندهای الکلی به روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا و مقدار گلیکوژن به روش طیف‌سنجی تعیین گردید. گلوکز، تری‌هالوز و مایواینوزیتول مهم‌ترین ترکیبات قندی ساخته شده توسط حشرات کامل زمستان گذران سوسک برگخوار نارون محسوب می‌شوند که در این میان روند تغییرات مایواینوزیتول بسیار قابل توجه بود. با افزایش مایواینوزیتول مقدار گلیکوژن ذخیره‌ای به طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین تغییرات غلظت قندهای الکلی در دمای ثابت ۵ و ۱۵ درجه سلسیوس مورد بررسی قرار گرفت. قرار دادن حشرات در دمای ۵ درجه سلسیوس تنها منجر به افزایش غلظت مایواینوزیتول شد. در دمای ۱۵ درجه سلسیوس در طول دوره دیاپوز حشرات قادر به ساختن هیچ یک از ترکیبات فوق نبودند. از این نتایج حاصل از این مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که حشرات زمستان گذران سوسک برگخوار نارون به خوبی قادرند با موفقیت سرمای زمستان را در تهران پشت سر بگذارند.



**کلمات کلیدی**: سوسک برگخوار نارون، دیاپوز، زمستان‌گذرانی، سرماسختی، مایواینوزیتول

# فهرست مطالب

**عنوان** **صفحه**

**فصل اول: مقدمه..... ۲**

**فصل دوم: مروری بر مطالعات انجام شده..... ۶**

۲-۱- سوسک برگخوار نارون ..... ۷

۲-۲- ساز و کارهای حفاظت در برابر سرما درحشرات ..... ۱۰

۲-۲-۱- فرایند دیاپوز ..... ۱۱

۲-۲-۱-۱- انواع دیاپوز در حشرات..... ۱۱

۲-۲-۱-۱-۱- دیاپوز اجباری ..... ۱۱

۲-۲-۱-۱-۲- دیاپوز اختیاری ..... ۱۲

۲-۲-۱-۲- فازهای مختلف دیاپوز در حشرات..... ۱۲

۲-۲-۱-۲-۱- فاز پیش دیاپوز ..... ۱۲

۲-۲-۱-۲-۲- فاز دیاپوز..... ۱۳

۲-۲-۱-۲-۳- پس دیاپوز ..... ۱۳

۲-۲-۱-۳- دیاپوز و ارتباط آن با گروههای تاکسونومیکی حشرات ..... ۱۴

۲-۲-۱-۴- کنترل هورمونی دیاپوز ..... ۱۴

۲-۲-۱-۴-۱- دیاپوز در تخم ..... ۱۵

۲-۲-۱-۴-۲- دیاپوز در مرحله لاروی ..... ۱۶

۲-۲-۱-۴-۳- دیاپوز در مرحله شفیرگی ..... ۱۷

۲-۲-۱-۴-۴- دیاپوز در مرحله حشرات کامل ..... ۱۷

۲-۲-۲- سرماسختی در حشرات ..... ۱۸
۱-۲-۲-۱- ظرفیت فوق سرد شدن ..... ۱۹
۲-۲-۲-۲- نقطه انجماد ..... ۲۰
۲-۲-۲-۳- ارتباط میان نقطه‌ی انجماد و عوامل مولد هسته‌ی یخ ..... ۲۰
۲-۲-۲-۴- انواع عوامل مولد هسته‌ی یخ ..... ۲۱
۲-۲-۲-۴-۱- عوامل مولد هسته یخ داخلی ..... ۲۱
۲-۲-۲-۴-۲- عوامل مولد هسته‌ی یخ خارجی ..... ۲۲
۲-۲-۲-۵- استراتژی‌های سرماسختی در حشرات ..... ۲۳
۲-۲-۲-۶- سازوکارهای های مقابله با سرما در حشرات غیر متحمل به یخزدگی ..... ۲۴
۲-۲-۲-۷- سازوکارهای مقابله با سرما در حشرات متحمل به یخ زدگی ..... ۲۶
۲-۲-۲-۸- سایر استراتژی‌های سرماسختی در حشرات ..... ۲۹
۲-۲-۳- ارتباط میان دیاپوز و سرماسختی در حشرات ..... ۳۱
۲-۲-۳-۱- عدم ارتباط میان سرماسختی با دیاپوز ..... ۳۲
۲-۲-۳-۱-۱- سرماسختی در حشراتی که فاقد دیاپوز هستند ..... ۳۲
۲-۲-۳-۱-۲- سرماسختی در مراحل غیر دیاپوزه حشراتی که دارای دیاپوز هستند ..... ۳۲
۲-۲-۳-۱-۳- پاسخ به شوک های سرمایی ..... ۳۳
۲-۲-۳-۲- ارتباط میان دیاپوز و سرماسختی ..... ۳۳
۲-۲-۳-۲-۱- تطابق زمانی دیاپوز و سرماسختی ..... ۳۳
۲-۲-۳-۲-۲- سرماسختی به عنوان جزئی از پدیده دیاپوز ..... ۳۴
۲-۲-۳-۳- عدم ارتباط دیاپوز با سرماسختی ..... ۳۴
۲-۲-۳-۳-۱ دیاپوز در حشرات مناطق گرمسیری ..... ۳۴
۲-۲-۳-۳-۲- وقوع دیاپوز در تابستان ..... ۳۴

**فصل سوم: مواد و روش‌ها..... ۳۶**

۳-۱- مکان های بررسی ..... ۳۷

۳-۲- داده های مربوط به دمای محیط ..... ۳۷

۳-۳- اندازه گیری نقطه‌ی انجماد بدن ..... ۳۸

۳-۴- بررسی میزان تلفات در دمای پایین ..... ۴۰

۳-۵- سرمادهی در دمای ثابت ۵ درجه سلسیوس ..... ۴۱

۳-۶- بررسی تغییرات غلظت قندهای الکلی در رژیم‌های ثابت دمایی ۵ و ۱۵ درجه سلسیوس ..... ۴۱

۳-۷- تعیین میزان قندهای الکلی ..... ۴۲

۳-۸- اندازه‌گیری گلیکوژن ..... ۴۶

**فصل چهارم: نتایج..... ۴۸**

۴-۱- اطلاعات هواشناسی مربوط به دمای محیط ..... ۴۹

۴-۲- تغییرات نقطه انجماد حشرات زمستان‌گذران در سال ۱۳۸۷ ..... ۵۱

۴-۳- تغییرات نقطه انجماد حشرات زمستان گذران در سال ۱۳۸۸ ..... ۵۱

۴-۴- تفاوت نقطه انجماد بدن حشرات نر و ماده در سال ۱۳۸۸ ..... ۵۳

۴-۵- تغییرات وزن تر حشرات کامل زمستان گذران سوسک برگخوار نارون در سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ ..... ۵۳

۴-۶- تغییرات تحمل دماهای پایین در حشرات کامل سوسک برگخوار نارون در سال ۱۳۸۷ ..... ۵۶

۴-۷- تغییرات تحمل دماهای پایین در حشرات کامل سوسک برگخوار نارون در سال ۱۳۸۸ ..... ۵۷

۴-۸- بررسی قندهای موجود در بدن حشرات زمستان گذران ..... ۶۰

۴-۹- تغییرات میزان ترکیبات قندی در حشرات کامل سوسک برگخوار نارون در سال ۱۳۸۷ ..... ۶۲

۴-۱۰- تغییرات مجموع ترکیبات ضد یخ در سال ۱۳۸۷ ..... ۶۳

۴-۱۱- تغییرات میزان گلیکوژن در سال ۱۳۸۷ ..... ۶۳

۴-۱۲- تغییرات میزان ترکیبات قندی در حشرات کامل سوسک برگخوار نارون در سال ۱۳۸۸ .....۶۴
۴-۱۳- تغیرات مجموع ترکیبات ضد یخ در سال ۱۳۸۸ .....۶۵
۴-۱۴- تغییرات میزان گلیکوژن در سال ۱۳۸۸ . .....۶۵
۴-۱۵- تأثیر رژیم های ثابت دمایی (۵ و ۱۵ درجه سلسیوس) روی سنتز ترکیبات قندی ضد یخ.....۷۰
۴-۱۵-۱- مایواینوزیتول .....۷۰
۴-۱۵-۲- گلوکز .....۷۱
۴-۱۵-۳- ترهالوز .....۷۲
۴-۱۶- اثر سرمادهی در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ماه بر سرماسختی حشرات در فا زهای مختلف دیاپوز.....۷۷
۴-۱۷- دمایی که سبب ایجاد ۵۰ درصد مرگ میر می‌شود ($LT_{50}$) .....۸۱
۴-۱۸ بررسی تغییرات نقطه انجماد در مراحل مختلف سیکل زندگی سوک برگخوار .....۸۳

**فصل پنجم: بحث.....۸۶**
**۵**-۱- ارتباط میان دیاپوز و سرماسختی در حشرات زمستان گذران سوسک برگخوار نارون .....۸۸
۵-۲- فازهای مختلف دیاپوز در سوسک برگخوار نارون . .....۸۹
۵-۲-۱- پیش‌دیاپوز .....۸۹
۵-۲-۱-۱- فاز القاء .....۸۹
۵-۲-۱-۲- فاز آمادگی .....۸۹
۵-۲-۲- دیاپوز .....۹۰
۵-۲-۲-۱- فاز شروع .....۹۰
۵-۲-۲-۲- فاز حفظ دیاپوز .....۹۱
۵-۲-۲-۳- پایان دیاپوز .....۹۲

۵-۲-۳- پس دیاپوز ..... ۹۲
۵-۳- سازوکارهای سرماسختی در سوسک برگخوار نارون ..... ۹۷
۵-۴- تغییرات فصلی نقطه انجماد در حشرات کامل زمستان گذران سوسک برگخوار نارون ..... ۱۰۰
۵-۵- نقش باکتری هسته یخ در کاهش ظرفیت فوق سرد شدن حشرات کامل زمستان‌گذران سوسک برگخوار نارون..... ۱۰۱
۵-۶- ارتباط وزن و نقطه انجماد در حشرات کامل سوسک برگخوار نارون ..... ۱۰۳
۵-۷- ارتباط میان مراحل مختلف سیکل زندگی و نقطه انجماد در سوسک برگخوار نارون ..... ۱۰۳
۵-۸- نقش قندهای الکلی در افزایش سرماسختی حشرات زمستان‌گذران سوسک برگخوار نارون.. ۱۰۴
۱-۸-۵- ترکیبات قندی ضد یخ در حشرات کامل زمستان گذران سوسک برگخوار نارون ..... ۱۰۵
۱-۵-۸-۱- نقش تری‌هالوز در سرماسختی سوسک برگخوار نارون ..... ۱۰۷
۱-۵-۸-۲- نقش گلوکز در سرماسختی سوسک برگخوار نارون ..... ۱۰۹
۱-۵-۸-۳- نقش مایواینوزیتول در سرماسختی سوسک برگخوار نارون ..... ۱۱۰
۵-۹- نقش دماهای ثابت ۵ و ۱۵ درجه سلسیوس در سنتز ترکیبات قندی ضد یخ در حشرات زمستان گذران سوسک برگخوار نارون..... ۱۱۱
۵-۱۰- گلیکوژن به عنوان یک منبع کربن برای بیوسنتز قندهای الکلی ..... ۱۱۴
نتیجه گیری نهایی ..... ۱۱۶
**پیشنهادات** ..... ۱۱۷
فهرست منابع ..... ۱۱۸

## فهرست جداول

**عنوان** **صفحه**

جدول ۴-۱- اثر سرمادهی (یک ماه در دمای ۵ درجه سلسیوس) بر کاهش نقطه انجماد بدن در مراحل مختلف دیاپوز حشرات زمستان گذرام سوسک برگخوار نارون در طول پاییز و زمستان۱۳۸۷ ..... ۷۸
جدول ۴-۲- روابط همبستگی میان دما، ترکیبات قندی ضد یخ، گلیکوژن، نقطه انجماد، مرگ و میر در دماهای پایین و $LT_{50}$ در حشرات کامل سوسک برگخوار نارون سال ۱۳۸۷-۱۳۸۸ ..... ۷۹
جدول ۴-۳- روابط همبستگی میان دما، ترکیبات قندی ضد یخ، گلیکوژن، نقطه انجماد و مرگ و میر در دماهای پایین در حشرات کامل سوسک برگخوار نارون سال ۸۸-۱۳۸۹ ..... ۸۰
جدول ۴-۲- تغییرات $LT_{50}$ آستانه بالا و آستانه پایین در نمونه‌های سال ۱۳۸۷ ..... ۸۲
جدول ۴-۳- تغییرات $LT_{50}$، آستانه بالا و آستانه پایین در نمونه‌های سال ۱۳۸۸ ..... ۸۲

## فهرست شکل‌ها

**عنوان** **صفحه**


شکل ۲-۱- خسارت مربوط به لاروها و حشرات کامل سوسک برگخوار نارون ..... ۹

شکل ۲-۲- مراحل مختلف فاز دیاپوز در حشرات ..... ۱۴

شکل ۲-۳- پاسخ حشرات به سرد شدن تدریجی بدن ..... ۲۱

شکل ۲-۴ – تشکیل یخ در فضاهای خارج سلولی در حشرات متحمل به یخزدگی ..... ۲۴

شکل ۲-۵- پراکنش عوامل هسته یخ (Ice nucleating) در همولنف و مایع بین سلولی و لوله گوارش حشرات فعال و زمستان‌گذران با توجه به استراتژی اصلی سرماسختی . ..... ۲۸

شکل ۲-۶- عملکرد عوامل مولد هسته یخ، قندها، پلی‌ال‌ها و پروتئین‌های ضد یخ در حشرات غیر متحمل و مقاوم به یخزدگی ..... ۳۰

شکل ۲-۷- ارتباط میان دیاپوز و سرماسختی در حشرات ..... ۳۵

شکل۳-۱- مکان نمونه‌برداری حشرات کامل سوسک برگخوار نارون ..... ۳۸

شکل ۳-۲- اندازه‌گیری نقطه انجماد بدن حشرات کامل سوسک برگخوار نارون ..... ۳۹

شکل ۳-۳- تشخیص نقطه انجماد بدن حشرات کامل سوسک برگخوار نارون ..... ۴۰

شکل ۳-۴- دستگاه سیرکولاتور برای اندازه‌گیری میزان بقاء در دماهای زیر صفر درجه سلسیوس ..... ۴۱

شکل ۳-۵- دستگاه‌های مورد استفاده برای تجزیه ترکیبات موجود در بدن حشرات کامل سوسک برگخوار نارون ..... ۴۴

شکل ۳-۶- مراحل استخراج قندها از بدن حشرات کامل ..... ۴۵

شکل ۳-۷- مراحل استخراج گلیکوژن از بدن حشرات کامل ..... ۴۷

شکل ۴-۱- تغییرات حداقل، حداکثر و متوسط دمای روزانه در ماه‌های مختلف سال‌های مورد بررسی ..... ۵۰

شکل ۴-۲- تغییرات نقطه انجماد بدن حشرات کامل سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ ..... ۵۲

شکل ۴-۳- تغییرات میانگین نقطه انجماد بدن در جنس نر و ماده حشرات کامل سوسک برگخوار نارون از شهریور ۱۳۸۸ تا اردیبهشت ۱۳۸۹..... ۵۴

شکل ۴-۴- تغییرات وزن حشرات زمستان‌گذران در سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ ..... ۵۵

شکل ۴-۵- تغییرات میزان تلفات در دماهای زیر صفر درجه در سال ۱۳۸۷ و سال ۱۳۸۸ ..... ۵۹

شکل ۴-۶- کروماتوگرام HPLC مربوط به استانداردها و قندهای موجود در بدن حشرات کامل سوسک برگخوار نارون..... ۶۱

شکل ۴-۷- تغییرات میانگین غلظت مایواینوزیتول در حشرات کامل سوسک برگخوار نارون در سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ ..... ۶۶

شکل ۴-۸- تغییرات میانگین غلظت تری‌هالوز در حشرات کامل سوسک برگخوار نارون در سال-های ۱۳۸۷ و سال ۱۳۸۸ ..... ۶۷

شکل ۴-۹- تغییرات میانگین غلظت گلوکز در حشرات کامل سوسک برگخوار نارون در سال‌های ۱۳۸۷ و سال ۱۳۸۸ ..... ۶۸

شکل ۴-۱۰- تغییرات میانگین غلظت مجموع ترکیبات قندی ضد یخ در حشرات کامل سوسک برگخوار نارون و ارتباط آن با تغییرات میانگین غلظت گلیکوژن در سال‌های ۱۳۸۷ ۱۳۸۸ ..... ۶۹

شکل ۴- ۱۱- روند تغییرات غلظت مایواینوزیتول در پاسخ به رژیم‌های دمایی ۵ و ۱۵ درجه سلسیوس ..... ۷۴

شکل ۴- ۱۲- روند تغییرات غلظت گلوکز در پاسخ به رژیم‌های دمایی ۵ و ۱۵ درجه سلسیوس ..... ۷۵

شکل ۴- ۱۳- روند تغییرات غلظت تری‌هالوز در پاسخ به رژیم‌های دمایی ۵ و ۱۵ درجه سلسیوس ..... ۷۶

شکل ۴-۱۳- پراکنش نقطه انجماد در مرحله تخم ، لارو سن یک و لارو سن دو سوسک برگخوار نارون ..... ۸۴

شکل ۴-۱۴- پراکنش نقطه انجماد در مرحله لارو سن سوم و شفیره سوسک برگخوار نارون ..... ۸۵

شکل ۵-۱- تغییر رنگ حشرات کامل سوسک برگخوار نارون در فاز دیاپوز ..... ۹۳

شکل ۵-۲- تخلیه دستگاه گوارش با ورود به فاز دیاپوز در حشرات کامل سوسک برگخوار نارون .... ۹۴

شکل ۵-۳- مراحل مختلف دیاپوز قابل شناسایی در سوسک برگخوار نارون در منطقه مورد بررسی ..... ۹۵

شکل ۵-۴- مراحل مختلف دیاپوز در سوسک برگخوار نارون به همراه برخی اصطلاحات انگلیسی.... ۹۶

شکل۵-۵- جداسازی باکتری مولد هسته یخ *P. putida* از دستگاه گوارش سوسک برگخوار نارون در آذر ۱۳۸۸ ..... ۱۰۲

شکل۵-۶- مسیر تبدیل گلیکوژن به گلوکز و تری‌هالوز ..... ۱۱۲

# فصل اول

# مقدمه

# (Introduction)

نارون چتری و هیبریدهایی از گونه‌های دیگر نارون در اغلب نقاط ایران به عنوان گیاهان سایه دار و زینتی در کنار خیابان‌ها، پارک‌ها و جنگل‌های اطراف شهرها کاشته شده‌اند و به عنوان یکی از مهم ترین درختان شهری به شمار می‌روند. با توجه به اهمیت نارون در شهرها به لحاظ تأمین فضای سبز و پاکسازی هوای آلوده شهری لزوم نگه داری از این درختان ارزشمند اهمیت بیشتری می‌یابد. سوسک برگخوار نارون *Xanthogaleruca luteola* (Muller) یکی از مهم‌ترین آفات این درخت محسوب می‌شود. این آفت بسته به شرایط جغرافیایی و محیطی در ایران ۳ تا ۴ نسل در سال دارد (ارباب و همکاران، ۱۳۷۷) و زمستان را به شکل حشرات کامل در زیر پوستک درختان و سایر پناهگاه ها سپری می‌کند (Hance *et al*., 1994). دما یکی از مهم‌ترین فاکتورهایی است که پراکنش و فعالیت موجودات زنده را تحت تأثیر قرار می دهد. دماهای پایین با توجه به شدت و طول دوره سرما اثرات نامطلوبی را روی فیزیولوژی و رفتار موجودات زنده ایجاد می کنند، در این میان موجودات خونسرد از جمله حشرات به دلیل عدم توانایی تنظیم دمای بدن بیشتر تحت تأثیر اثرات نامطلوب دماهای پایین قرار می گیرند.

حشرات با استفاده از سازش های رفتاری، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی تا حد امکان از اثرات خطرناک دماهای پایین بر بدنشان اجتناب می کنند (Lee, 1989). مطالعه حشرات در دماهای پایین موضوع به نسبت جدیدی در میان مباحث مرتبط با فیزیولوژی حشرات محسوب می‌شود که از نیمه

دوم قرن بیستم آغاز شده است. در طی سال‌های اخیر علم مطالعه موجودات در دماهای پایین (Cryobiology) پیشرفت چشمگیری داشته و به جستجوی یافتن مکانیسم‌های دخیل در سطوح مختلف، از ژن و سلول تا ارتباطات اکولوژیکی و تکاملی پیش رفته است (Lee, 1991). توانایی تحمل و زنده ماندن تعداد کافی از جمعیت یک گونه در طول دوره سرما و یخبندان یکی از عوامل حیاتی برای حشرات ساکن در مناطق معتدل و قطبی محسوب می شود (Bale, 1993, 1996). ورود به فاز دیاپوز (Diapause) و سازوکارهای سرماسختی (Cold hardiness) در حشرات و سایر بندپایان نه تنها سبب افزایش تحمل حشرات نسبت به سرما و شرایط نامطلوب زمستان می شوند، بلکه بازسازی سریع جمعیت را پس از زمستان های سخت تضمین می کنند (Labrie *et al*., 2008). دیاپوز نوعی پاسخ فیزیولوژیکی است و به عنوان یک عامل مهم در زندگی اکثر حشرات محسوب می شود. در واقع دیاپوز نوعی وقفه رشدی (Dormancy = Developmental arrest) و یک رویداد ژنتیکی برنامه‌ریزی شده است که در اثر یک سری تغییرات هورمونی و فیزیولوژیک در دوره‌ای خاص از زندگی حشرات در پاسخ به شرایط نامناسب محیطی (دمایی، نوری، رطوبتی، غذایی) اتفاق می‌افتد (Denlingeer, 1985; Tauber *et al*., 1986). ظهور دیاپوز در اغلب حشرات با برخی از سازوکارهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی نظیر سنتز ترکیبات قندی ضدیخ با وزن مولکولی پایین (Cryoprotectants)، پروتئین-های ضد یخ و پروتئین‌های هسته یخ همراه است. سنتز ترکیبات قندی ضد یخ در تعداد زیادی از موجودات زنده نظیر کرم‌ها (Holmstrup, 1995)، کنه‌ها، عنکبوت ها (Somme, 1979)، پادمان (Somme, 1982; Storey and Storey, 1992) و حتی در گیاهان (Levitt, 1980) نیز گزارش شده است. گلسیرول معمول‌ترین قند الکلی در حشرات به شمار می آید. علاوه بر گلسیرول ترکیبات دیگری نظیر تری هالوز، سوربیتول، گلوکز و مانیتول نیز در بسیاری از حشرات زمستان گذران سنتز می شوند (Salt, 1961).

علاوه بر دیاپوز، سرماسختی نیز در حشرات برای اجتناب از صدمات ناشی از سرما و یخزدگی ضروری می‌باشد و به بقاء حشرات در دماهای پایین کمک می کند. سرما سختی نوعی سازش فیزیولوژیکی و متابولیکی است که سبب افزایش تحمل دماهای پایین در حشرات و سایر بندپایان می-شود. استراتژی سرما سختی در حشرات به ۲ گروه کلی تقسیم می شود: ۱) استراتژی غیر متحمل به یخ زدگی (Freeze intolerant = Freeze susceptible)، در این گروه، حشرات در صورت تشکیل بلورهای یخ در مایعات بدن از بین می‌روند لذا برای اجتناب از یخ زدگی نقطه انجماد بدن (Suppercooling point) را تا حد امکان کاهش داده و فصول سرد سال را به حالت فوق سرد شده (Supercooled state) سپری می‌کنند. ۲) استراتژی متحمل به یخزدگی (Freeze tolerant)، در این گروه، حشرات در صورت تشکیل بلورهای یخ در فضاهای بین سلولی زنده می‌مانند و برخلاف گروه قبل نقطه انجماد بدن آنها در طول دوره زمستان تغییر قابل توجهی نمی‌یابد (Salt, 1961; Zachariassen, 1985; Lee, 1991; Danks, 1996).

اغلب مطالعات صورت گرفته روی سوسک برگخوار نارون در ایران و سایر نقاط جهان به بیولوژی این آفت (luck and Scriven, 1979; Dreisted and Dahlsten, 1990;Wegener *et al*., 2001; Khalili mahani *et al*., 2003;) و جنبه های مختلف کنترلی آن (Puttler and Bailey, 2003; Meiners and Hilker, 1997; Defago *et al*., 2006; Huerta *et al*., 2010) محدود شده است. در مقابل تاکنون هیچ مطالعه‌ای روی عوامل موثر در بقاء این آفت طی فصول سرد سال و همچنین جنبه-های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی دیاپوز و سرماسختی آن صورت نگرفته است و تنها مطالعه مختصری در ارتباط با سرماسختی سریع این آفت توسط Lee در سال ۱۹۸۷ صورت گرفته است . از آنجایی که اطلاعات کافی از ارتباط میان سازوکارهای سرماسختی و زنده‌مانی این آفت می‌تواند سبب سهولت برآورد جمعیت و میزان خسارت در بهار سال بعد شود لذا مطالعه حاضر با هدف بررسی وضعیت دیاپوز

و جنبه‌های مختلف فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آن، سازوکارهای اصلی مقاومت به سرما و سرماسختی سوسک برگخوار نارون، همچنین بررسی رابطه میان سرماسختی با پدیده دیاپوز خواهد بود.

# فصل دوم

## مروری بر مطالعات
## انجام شده

## (Literature Review)