نامه‌ی انجمن حشره‌شناسی ایران
۱۳۹۰ – ۳۱(۲): ۷۹-۹۱

بررسی تغییرات نقطه‌ی انجماد و تحمل سرما در افراد بالغ زمستان‌گذران شته‌ی *Brevicoryne brassicae* (Hem.: Aphididae) در تهران

فاطمه سعیدی، سعید محرمی‌پور* و مریم عطاپور
دانشگاه‌تربیت مدرس، دانشکده‌ی کشاورزی، گروه حشره‌شناسی کشاورزی، تهران، صندوق پستی ۳۳۶-۱۴۱۱۵.
*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: moharami@modares.ac.ir

Changes of supercooling point and cold tolerance in overwintering adults of *Brevicoryne brassicae* (Hem.: Aphididae) in Tehran, Iran

F. Saeidi, S. Moharramipour* and M. Atapour
Department of Entomology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, P.O Box: 14115-336, Tehran, Iran.
*Corresponding author E-mail: moharami@modares.ac.ir

چکیده

شته‌ی مومی کلم، *Brevicoryne brassicae* (L.)، یکی از مهم‌ترین آفات گیاهان خانواده‌ی چلیپاییان است که خسارت فراوانی را به انواع کلم و کلزا وارد می‌آورد. این آفت در زمستان قادر به تغذیه و تولیدمثل روی کلم‌های زینتی بوده و جمعیت‌های انبوهی را روی این گیاهان ایجاد می‌کند. به منظور تعیین میزان تحمل به سرما در جمعیت‌های زمستان‌گذران این شته، افراد بالغ به‌صورت ماهیانه طی فصول پاییز و زمستان ۱۳۸۸ از روی کلم‌های کاشته شده در مزرعه‌ی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس جمع‌آوری شد و نقطه‌ی انجماد و میزان بقا در دماهای زیر صفر درجه‌ی سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت مورد بررسی قرار گرفت. میانگین نقطه‌ی انجماد از ۰/۴۶ ± ۲۳/۹- درجه‌ی سلسیوس در آبان ماه تا ۰/۳۴ ± ۱۹/۸- درجه‌ی سلسیوس در اردیبهشت ماه در نوسان بود. ۷۰ تا ۹۵ درصد از افراد بالغ جمع‌آوری‌شده در تمام ماه‌ها به‌راحتی قادر به تحمل دمای ۵- درجه‌ی سلسیوس برای مدت ۲۴ ساعت بودند. درصد بقا افراد بالغ تیمارشده در دمای ۱۰- درجه‌ی سلسیوس در مهر و آبان ماه حدود ۵۵ درصد به‌دست آمد که در آذر ماه به ۸۷ درصد افزایش یافت. دمایی که در مدت ۲۴ ساعت سرمادهی، ۸۰ درصد افراد جمعیت ازبین می‌روند (LT_{80}) در اردیبهشت‌ماه ۱۱/۳۲- درجه‌ی سلسیوس بود که این میزان کم‌ترین میزان تحمل افراد بالغ شته‌ی مومی کلم به سرما را نشان می‌دهد. درحالی‌که مقدار LT_{80} از آذر تا بهمن ماه (به‌ترتیب از ۱۳/۸۱- تا ۱۴/۷۹- درجه‌ی سلسیوس) به پایین‌ترین حد و یا به عبارت دیگر به بالاترین میزان تحمل به سرما در طول دوره‌ی زمستان رسید. نتایج نشان می‌دهد که این حشره علی‌رغم فعالیت و تولید مثل در طول زمستان، پتانسیل و ظرفیت تحمل بالایی در برابر سرما دارد و همواره تهدیدی برای ایجاد جمعیت‌های انبوه روی محصولات بهاره در اول فصل می‌باشد.

واژگان کلیدی: شته‌ی مومی کلم، *Brevicoryne brassicae*، نقطه‌ی انجماد، تحمل سرما

Abstract

The cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.), is one of the major pests of the plant family Brassicaceae that causes serious damages to cabbage and oilseed rape. The cabbage aphid is also able to build up populations on ornamental cabbage during the winter months. To determine the level of cold tolerance in its overwintering populations, adult aphids were collected on cabbages planted in the field of Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University in autumn 2008 and winter 2009. The supercooling points and survivorship of the adults were studied at sub-zero temperatures for 24 h. The mean

دریافت: ۱۳۸۹/۸/۴، پذیرش: ۱۳۹۰/۵/۴.

Archive of SID
www.SID.ir

supercoolig point varied from -23.9 ± 0.46ºC in November to -19.8 ± 0.34ºC in May. About 70-95% of the cabbage aphid adults could tolerate -5°C/24 h in all months. The survival rate for the treated adults at -10ºC/24 was about 55% from October through November and 87% in December. The LT_{80} (the temperature at which 80% of population die after 24 h exposure to cold temperatures) was at its highest (-11.32°C) in May, showing the lowest level of cold tolerance in the population. The LT_{80} ranged from -13.81 to -14.79 °C from December to February, showing the highest level of cold tolerance. Findings indicated that cabbage aphid populations hold a high capacity to tolerate cold temperatures in the course of winter while being active and sexually reproductive at the same time that leads to their quick grow and emergence as an economic severe pest early in the next season.
Key words: cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae*, supercooling point, cold tolerance

مقدمه

شته‌ی مومی کلم، *Brevicoryne brassicae* (L.)، یکی از مهم‌ترین آفات گیاهان خانواده‌ی چلیپاییان بوده و باعث ایجاد خسارت مستقیم از طریق تغذیه از شیره‌ی گیاهی و خسارت غیرمستقیم به‌وسیله‌ی انتقال ویروس‌های بیماری‌زای گیاهی مختلف می‌گردد (Costello & Altieri, 1995; Ellis *et al*., 1998; Satar *et al*., 2005). این آفت دارای تعداد زیادی میزبان‌های گیاهی از خانواده‌ی چلیپاییان از جمله کلزا، کلم معمولی، گل کلم و کلم بروکسل است (Chua, 1977; Gabrys *et al*., 1997) و به‌دلیل سرعت رشد و تولید مثل بالا از طریق بکرزایی می‌تواند ۱۵ تا ۱۶ نسل را در طول فصل رشد ایجاد کند (Yusuf & Collins, 1997). این شته فاقد میزبان ثانویه است و می‌تواند هر دو نوع چرخه‌ی زندگی holocyclic و anholocyclic را روی گیاهان خانواده‌ی چلیپاییان ایجاد کند (Gabrys *et al*., 1997). زمستان‌گذرانی شته‌ی مومی کلم در کشورهای اروپایی نظیر روسیه، لهستان و در آسیا، در قسمت‌های شمالی ژاپن که دارای زمستان‌های بسیار سرد و سخت هستند، به‌صورت تخم می‌باشد، درحالی‌که در مناطق معتدل همانند آسیای مرکزی و سواحل دریای سیاه در قفقاز دارای چرخه‌ی anholocyclic است و زمستان را به‌صورت پوره و افراد بالغ سپری می‌کند (Takada, 1976; Arkhipov, 1985; Gabrys *et al*., 1997). شته‌ی مومی کلم در تهران به‌دلیل وجود آب و هوای معتدل دارای چرخه‌ی زندگی anholocyclic است و به‌صورت پوره و افراد بالغ زمستان‌گذرانی می‌کند. در زمستان جمعیت انبوهی را روی کلم‌های زینتی و معمولاً در زیر برگ‌های جوان تشکیل می‌دهد که می‌تواند منبعی برای ایجاد جمعیت‌های انبوه روی محصولات بهاره باشد و خسارت شدیدی را به این محصولات در اول فصل وارد کند (Saeidi, 2011).

Archive of SID

www.SID.ir

بررسی میزان تحمل به سرما در شته‌ها به‌دلیل وجود رابطه بین زمستان‌های شدید، نحوه‌ی زمستان‌گذرانی و فراوانی جمعیت شته‌ها در بهار سال بعد مورد توجه می‌باشد. اندازه‌گیری نقطه‌ی انجماد به‌عنوان یکی از معیارهای تعیین میزان تحمل حشرات به سرما استفاده می‌شود. نقطه‌ی انجماد (Supercooling point (SCP)) دمایی است که به‌دلیل تشکیل کریستال‌های یخ در بدن حشره گرمای زیادی آزاد می شود (Lee, 1989). در بررسی‌هایی که روی اندازه‌گیری نقطه‌ی انجماد در شته‌ها صورت گرفته، نشان داده شده است که میانگین نقطه‌ی انجماد بدن این حشرات در تمام طول سال تقریباً ثابت است و نمی‌توانند دماهای نزدیک به نقطه‌ی انجماد بدن را تحمل کنند. بنابراین اندازه‌گیری نقطه‌ی انجماد به‌تنهایی نمی‌تواند معیار مناسبی برای تعیین میزان تحمل حشره در دماهای زیر صفر درجه‌ی سلسیوس باشد (Bale *et al*., 1987; Phillips *et al*., 1999; Asai *et al*., 2002). بدین‌منظور میزان تحمل شته‌ها به سرما در مدت ۲٤ ساعت سرمادهی می‌تواند با معیارهایی هم‌چون تعیین LT_{50} (دمایی که ۵۰ درصد افراد ازبین می‌روند) یا LT_{80} (دمایی که ۸۰ درصد افراد ازبین می‌روند) مورد بررسی قرار گیرد (Phillips *et al*., 1999; Worland *et al*., 2010).

در مورد شته‌ی مومی کلم تاکنون مطالعه‌ای در رابطه با بررسی میزان تحمل آن در دماهای پایین و بررسی تغییرات آن در طول پاییز و زمستان صورت نگرفته است، درحالی‌که بنابر مشاهده‌های انجام‌شده، شته‌ی مومی کلم در تهران سرمای زمستانه را تحمل می‌کند و قادر به تغذیه و تولید مثل روی کلم‌های زینتی است. ازاین‌رو شناخت میزان تحمل این آفت به سرما می‌تواند در پیش‌بینی جمعیت آن در بهار سال بعد و تصمیم‌گیری جهت انجام روش کنترلی مناسب حائز اهمیت باشد. بدین‌منظور، در این مطالعه نقطه‌ی انجماد و میزان تحمل این شته در دماهای زیر صفر درجه‌ی سلسیوس طی ماه‌های پاییز و زمستان در سال ۱۳۸۷ مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

جهت اندازه‌گیری نقطه‌ی انجماد و تحمل این آفت به سرما، افراد بالغ زمستان‌گذران این شته طی ماه‌های مهر تا اردیبهشت ۸۸–۱۳۸۷ از روی کلم‌های کاشته شده در مزرعه دانشکده‌ی

Archive of SID

www.SID.ir

کشاورزی جمع‌آوری شدند.اطلاعات هواشناسی مورد نیاز از ایستگاه هواشناسی چیتگر واقع در یک کیلومتری مزارع دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهیه شد و مورد استفاده قرار گرفت.

اندازه‌گیری نقطه‌ی انجماد

نقطه‌ی انجماد ۲۰ فرد بالغ از شته‌های جمع‌آوری‌شده از مزرعه در هر ماه، به روش Khani *et al.* (2007) اندازه‌گیری شد. بدین‌صورت که سنسور جنس نیکل- کرم ثبت‌کننده‌ی دما، مدل 177-T4، به کمک چسب در تماس با بدن نمونه قرار داده شد و سپس به دستگاه سردکننده‌ی قابل برنامه‌ریزی منتقل گردید. دستگاه به‌گونه‌ای برنامه‌ریزی شد که از دمای ۲۰+ تا ۳۰- درجه‌ی سلسیوس به‌تدریج با سرعت تقریبی ۰/۵ درجه‌ی سلسیوس در دقیقه سرد شود. طی این مدت هر ۳۰ ثانیه یک‌بار دمای بدن حشره ثبت گردید. دمایی که پس از آن، افزایش سریع دما به‌دلیل آزاد شدن گرمای درونی رخ می دهد، به‌عنوان نقطه‌ی انجماد در نظرگرفته شد.

اندازه‌گیری تحمل به سرما

درصد بقا افراد بالغ جمع‌آوری‌شده در ۳ دمای ۵-، ۱۰- و ۱۵- درجه‌ی سلسیوس به‌طور ماهانه مورد اررزیابی قرار گرفت. بدین‌صورت که برای هر دما در هر ماه ۱۰۰ عدد شته‌ی بالغ (۱۰ شته داخل هر لوله‌ی آزمایشی در ۱۰ تکرار) قرار داده شد (Powell & Bale, 2005; Worland *et al.*, 2010). سپس نمونه‌ها داخل دستگاه سردکننده (سیرکولاتور) گذاشته شد و دمای داخل دستگاه از ۲۰ درجه‌ی سلسیوس تا دمای مورد نظر به‌تدریج با سرعت ۰/۵ درجه‌ی سلسیوس در دقیقه سرد شد. نمونه‌ها ۲٤ ساعت در دمای مورد نظر نگه داشته شدند (Atapour & Moharramipour, 2009) و پس از آن دمای داخل دستگاه با همان سرعت قبلی به ۲۰ درجه‌ی سلسیوس افزایش یافت. پس از نگه‌داری نمونه‌ها به مدت ۲٤ ساعت در شرایط محیطی، مرده یا زنده‌بودن آن‌ها زیر استریومیکروسکوپ بررسی شد. ملاک زنده بودن افراد، حرکت‌کردن یا راه رفتن آن‌ها در اثر تحریک با قلم‌مو بود.

Archive of SID

www.SID.ir

تجزیه و تحلیل داده‌ها

اطلاعات به‌دست آمده به‌صورت میانگین ± خطای معیار (mean ± standard error) گزارش شد. تجزیه‌ی داده‌ها با کمک تجزیه‌ی واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) انجام شد و در صورت معنی‌دار شدن، مقایسه‌ی میانگین تیمارهای مختلف با کمک آزمون توکی در سطح ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار SPSS (V.16.0) صورت گرفت. براساس نتایج به‌دست آمده از اثرات سرما در دماهای مورد مطالعه، مقادیر LT_{50} و LT_{80}، با استفاده از مدل Binary logistic و معادله‌ی $Y = \frac{e^{a+bX}}{1+e^{a+bX}}$ محاسبه شدند. در این معادله، a عرض از مبدأ (مقدار ثابت) و b شیب خط می‌باشد؛ X مقدار دما و Y درصد مرگ و میر را نشان می‌دهد (Berkvens *et al.*, 2010). برای بررسی ارتباط میان نقطه‌ی انجماد با میزان تحمل شته در ماه‌های مختلف از رابطه‌ی همبستگی پیرسون استفاده شد.

نتایج

اطلاعات هواشناسی، سردترین ماه‌ها در سال ۱۳۸۷ را آذر، دی و بهمن نشان داد. حداقل دمای ثبت‌شده‌ی هوا در این ۳ ماه به ترتیب ۵-، ۵- و ٦- درجه‌ی سلسیوس گزارش شده بود (شکل ۱).

نقطه‌ی انجماد

نقطه‌ی انجماد (SCP) از آبان تا فروردین، به‌جز بهمن ماه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشت و به‌طور میانگین ۲۳/۳- درجه‌ی سلسیوس بود. نقطه‌ی انجماد بهمن ماه نیز به‌جز ماه آبان با سایر ماه‌ها اختلاف معنی‌داری نداشت. دامنه‌ی تغییرات نقطه‌ی انجماد از کم‌ترین (۲۳/۷-) تا بیش‌ترین (۱۹/۸-) حدود ٤ درجه‌ی سلسیوس بود (شکل ۲).

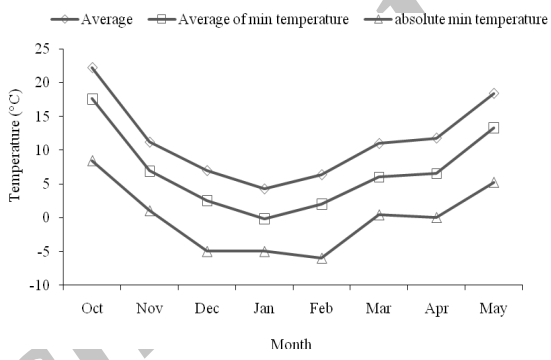
میزان تحمل به سرما

میزان تحمل افراد بالغ جمع‌آوری شده در ماه‌های مختلف در دمای ۵- درجه‌ی سلسیوس ($F = ۲/۸٦۲$ ،$df = ۷, ۵۸$ ،$P < ۰/۰۱$) و در دمای ۱۰- درجه‌ی سلسیوس ($P < ۰/۰۱$ ،$df = ۷, ۵۸$،

Archive of SID

www.SID.ir

(F = ۱۳/۹۱۷) اختلاف معنی‌داری با هم داشتند. حدود ۷۰ تا ۹۵ درصد از افراد بالغ در تمام ماه‌ها در دمای ۵- درجه‌ی سلسیوس زنده ماندند. درصد بقای افراد بالغ تیمارشده در دمای ۱۰- درجه‌ی سلسیوس در مهر و آبان ماه، حدود ۵۵ درصد به‌دست آمد. این میزان در آذر ماه به‌طور معنی‌داری نسبت به مهر و آبان ماه افزایش یافت و به ۸۷ درصد رسید و تا اسفند ماه تغییر معنی‌داری نکرد. سپس میزان بقا از فروردین تا اردیبهشت ماه به‌طور معنی‌داری نسبت به آذر ماه کاهش یافت که این میزان در اردیبهشت ماه به ٤۰ درصد رسید (شکل ۳). میزان بقا در دمای ۱۵- درجه‌ی سلسیوس در تمام ماه‌ها کم‌تر از ۰/۵ درصد بود (در شکل نیامده است).



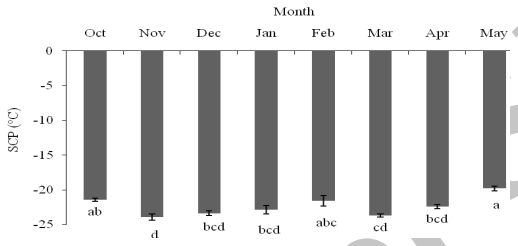
شکل ۱. میانگین دمای ماهیانه، میانگین حداقل دمای ماهیانه و حداقل مطلق ماهیانه طی ماه‌های مهر ۱۳۸۷ تا اردیبهشت ۱۳۸۸ (ایستگاه هواشناسی چیتگر واقع در یک کیلومتری محل مطالعه).

Fig. 1. Average monthly temperature; average minimum monthly temperature and the absolute minimum temperature from October 2008 to May 2009 (Chitgar meteorological station, 1 km from study site).

میزان LT_{50} و LT_{80} طی ماه‌های مختلف، تغییرات فصلی قابل توجهی را نشان دادند. LT_{50} در مهر ماه ۸/۹۸ °C- به‌دست آمد که به‌طور معنی‌داری به ۱۰/۰۹ °C- در آبان ماه رسید. این میزان در آذر ماه به ۱۱/٤۹ °C- کاهش و پس از آن طی ماه‌های بعدی به‌تدریج افزایش یافت و

www.SID.ir

در اردیبهشت ماه به حداکثر مقدار (°C ۸/۵٦–) رسید (شکل ٤). میزان LT_{80}، در مهر ماه °C ۱۲/۷۷– به‌دست آمد که به‌طور معنی‌داری در آذر ماه به °C ۱۳/۸۱– کاهش یافت که این میزان اختلاف معنی‌داری با ماه‌های دی و بهمن نداشت. اما بیش‌ترین مقدار LT_{80} در اردیبهشت ماه (°C ۱۱/۳۲–) به‌دست آمد (شکل ۵).



شکل ۲. تغییرات میانگین نقطه‌ی انجماد (SCP) در افراد بالغ زمستان‌گذران شته‌ی مومی کلم طی ماه‌های مهر ۱۳۸۷ تا اردیبهشت ۱۳۸۸. خطوط عمودی داخل شکل بیانگر خطای معیار و حروف مشابه بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح خطای ۵ درصد با استفاده از آزمون توکی می‌باشد.

Fig. 2. Changes of supercooling point (SCP) of overwintering adults of cabbage aphid from October 2008 to May 2009. Vertical lines in the graph indicate standard error. Means with the same letters are not significantly different at the 5% level by Tukey's test.

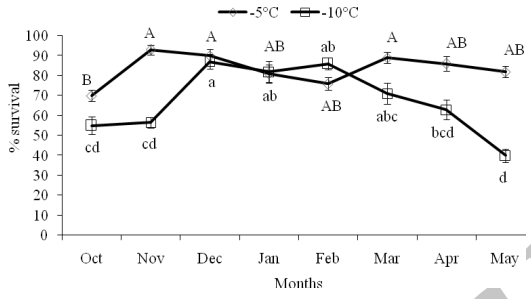
در مطالعه‌ی حاضر، رابطه‌ی همبستگی معنی‌داری میان نقطه‌ی انجماد با میزان تحمل شته به سرما (LT_{50} و LT_{80}) در ماه‌های مختلف مشاهده نشد (LT_{50}: $r = ۰/٦۸۲$، $P = ۰/۰٦۲$، $n = ۸$؛ LT_{80}: $r = ۰/۲۷۹$، $n = ۸$، $P = ۰/۵۰٤$).

بحث

در اکثر مطالعات، نقطه‌ی انجماد شته‌ها در شرایط آزمایشگاهی اندازه گرفته شده است و براساس نتایج حاصل از این مطالعات بیان می‌شود که نقطه‌ی انجماد شته‌ها در تمام طول سال تقریباً ثابت است (O'Doherty & Bale, 1985; Knight & Bale, 1986). به‌طور مثال در شته‌ی

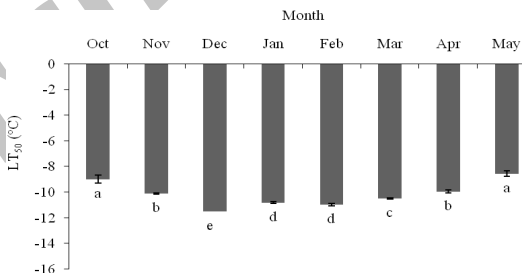
Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳. تغییرات میزان بقا در افراد بالغ زمستان‌گذران شته‌ی مومی کلم طی ماه‌های مهر ۱۳۸۷ تا اردیبهشت ۱۳۸۸. خطوط عمودی داخل شکل بیانگر خطای معیار و حروف مشابه بزرگ (°C ۵-)و حروف مشابه کوچک (°C ۱۰-) بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح خطای ۵ درصد با استفاده از آزمون توکی می‌باشد.

Fig. 3. Survival of overwintering adults of cabbage aphid from October 2008 to May 2009. Vertical lines in the graph indicate standard error. Means with the same capital letters (-5°C) and same small letters (-10°C) are not significantly different at the 5% level by Tukey's test.

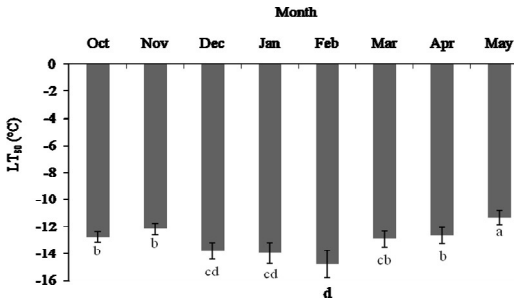


شکل ٤. تغییرات LT_{50} در افراد بالغ زمستان‌گذران شته‌ی مومی کلم طی ماه‌های مهر ۱۳۸۷ تـا اردیبهشت ۱۳۸۸. خطوط عمودی داخل شکل بیانگر حدود اطمینان ۹۵ درصد است.

Fig. 4. Changes of LT_{50} in overwintering adults of cabbage aphid from October 2008 to May 2009. Vertical lines in the graph indicate 95 % confidence limit.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۵. تغییرات LT_{80} در افراد بالغ زمستان‌گذران شته‌ی مومی کلم طی ماه های مهر ۱۳۸۷ تا اردیبهشت ۱۳۸۸. خطوط عمودی داخل شکل بیانگر حدود اطمینان ۹۵ درصد است.

Fig. 5. Changes of LT_{80} in overwintering adults of cabbage aphid from October 2008 to May 2009. Vertical lines in the graph indicate 95 % confidence limit.

ریشه‌ی کاهو، *Pemphigus bursarius* (L.)، اختلاف معنی‌داری بین نقطه‌ی انجماد افراد زمستان‌گذران و افراد تابستانه مشاهده نشد و به‌ترتیب دارای میانگین نقطه‌ی انجماد ۲۲- و ۲۱- درجه‌ی سلسیوس بودند (Phillips *et al*., 1999). در مطالعه‌ی حاضر، نقطه‌ی انجماد شته‌ی مومی کلم در ماه‌های مورد مطالعه حدود ٤ درجه‌ی سلسیوس در نوسان بود که در مقایسه با نوسانات نقطه‌ی انجماد در حشرات حساس به یخ‌زدگی و دارای دیاپوز، کم می‌باشد. همچنین ارتباط معنی‌داری بین نقطه‌ی انجماد و میزان تحمل به سرما وجود نداشت. اما در بسیاری از حشرات رابطه‌ی معنی‌داری میان نقطه‌ی انجماد و میزان تحمل به سرما وجود دارد. به‌طور مثال در مطالعه‌ای که روی اندازه‌گیری نقطه‌ی انجماد و بررسی تحمل به سرما در لاروهای زمستان‌گذران کرم سیب انجام شد، میانگین نقطه‌ی انجماد از ۱۳/٤- تا ۲۲-،یعنی ۸/٦ درجه‌ی سلسیوس در نوسان بود. همچنین، بین نقطه‌ی انجماد و میزان تحمل به سرما در لاروهای زمستان‌گذران کرم سیب ارتباط معنی‌دار وجود داشت، به‌طوری‌که هم‌زمان با کاهش نقطه‌ی انجماد در ماه‌های سرد، تحمل به سرما نیز افزایش یافت (Khani *et al*., 2007). در این گونه حشرات که تحت عنوان حشرات حساس به یخ‌زدگی (freeze-susceptible insects) نامیده می‌شوند، نقطه‌ی انجماد در طول فصل گرما بالا می‌باشد و با شروع فصل سرما نقطه‌ی انجماد را پایین می‌آورند و به‌این‌ترتیب در برابر سرما مقاومت و از مرگ و میر ناشی از یخ‌زدگی

Archive of SID

www.SID.ir

اجتناب می‌کنند. توقف تغذیه و تخلیه‌ی دستگاه گوارش که در این حشرات جهت آمادگی برای زمستان‌گذرانی و شروع دیاپوز اتفاق می‌افتد، ازجمله مواردی است که باعث کاهش نقطه‌ی انجماد در طول فصول پاییز و زمستان می‌شود. اما شته‌ها با وجودی که در تمام طول سال فعال هستند و حتی در زمستان نیز به تغذیه و تولید مثل می‌پردازند، نقطه‌ی انجماد پایینی دارند و این نقطه‌ی انجماد در طول سال دچار تغییرات نسبتاً کمی است. اما با وجود پایین بودن نقطه‌ی انجماد در شته‌ی مومی کلم، میزان LT_{50} و LT_{80} حدود ٦ تا ١٠ درجه‌ی سلسیوس بالاتر از نقطه‌ی انجماد به‌دست آمد، که این پدیده نشان‌دهنده‌ی وجود مرگ و میر در دماهای بالاتر از نقطه‌ی انجماد است و نشان می‌دهد که قبل از این‌که مایعات بدن یخ بزنند، مرگ و میر اتفاق می‌افتد. در مطالعات مربوط به میزان تحمل به سرما در سایر شته‌ها همانند شته‌ی سبز هلو، *Myzus persicae* (Sulzer)، شته‌ی روسی گندم، *Diuraphis noxia* Mordvilko و شته‌ی غلات، *Sitobion avenae* (F.)، نشان داده شده است که این گونه‌ها نیز نمی‌توانند دماهای نزدیک به نقطه‌ی انجماد را تحمل کنند و در دماهایی حدود ٧ تا ٨ درجه بالاتر از نقطه‌ی انجماد دارای تلفات شدیدی هستند (Knight & Bale, 1986; Bale *et al*., 1988; Butts & Schaalje, 1997). مرگ و میر در دماهای بالاتر از نقطه‌ی انجماد را عموماً به کاهش نفوذپذیری غشا، اختلال در تعادل یونی، اختلال در مسیرهای مختلف متابولیسم، تجزیه و تخریب پروتئین‌ها و اختلال در سیستم عصبی نسبت داده‌اند (Pullin & Bale, 1988; Drobins *et al*., 1993; Worland *et al*., 2010). آسیب به پروکاریوت‌های هم‌زیست شته‌ها یکی دیگر از دلایل مرگ و میر قبل از نقطه‌ی انجماد ذکر شده است. زیرا این پروکاریوت‌ها به‌شدت از دماهای پایین آسیب می‌بینند و ازآنجایی‌که شته‌ها بسیار وابسته به این هم‌زیست‌ها هستند، در غیاب آن‌ها توانایی زنده ماندن خود را از دست می‌دهند (Worland *et al*., 2010).

براساس اطلاعات هواشناسی، حداقل دمای ثبت شده در سال ١٣٨٧، ٦- درجه‌ی سلسیوس بود. این در حالی است که براساس نتایج این مطالعه، بیشتر از ٧٠ درصد افراد بالغ شته‌ی مومی کلم دمای ٥- درجه‌ی سلسیوس را در تمام ماه‌های مورد مطالعه به‌راحتی تحمل می‌کنند و با سردشدن هوا قابلیت افزایش میزان تحمل خود به سرما را دارند، به‌طوری‌که ٥٠ درصد افراد بالغ قادر به بقا در دماهای بین ١٠- تا ١١- درجه‌ی سلسیوس به مدت ٢٤ ساعت

Archive of SID

www.SID.ir

در سردترین ماه‌های سال هستند. اگرچه ۸۰ درصد از جمعیت در دماهای ۱۳/۸۱- تا ۱٤/۷۹- درجه‌ی سلسیوس از بین می‌روند، اما به نظر می‌رسد که ۲۰ درصد از جمعیت می‌توانند این دماها را در سردترین ماه‌های سال تحمل کنند که نشان می‌دهد افراد بالغ زمستان‌گذران این شته تحمل بالایی در برابر دماهای زیر صفر درجه‌ی سلسیوس دارند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که اگر دمای هوا به مدت ۲٤ ساعت پایین‌تر از دمایی که موجب تلفات ۸۰ درصد افراد می‌شود (LT_{80}) برسد، مرگ و میر قابل توجهی در جمعیت این شته رخ می‌دهد. بااین‌وجود، دمای هوا در مناطق معتدل از جمله تهران به‌ندرت به زیر LT_{80} می‌رسد. مدت زمان مواجه شدن با سرما یکی از فاکتورهای مهم در میزان تحمل حشرات به سرما است. در این مطالعه LT_{50} و LT_{80} برای حشراتی محاسبه شد که به مدت ۲٤ ساعت در دماهای زیر صفر درجه قرارگرفته بودند. این در حالی است که در طبیعت، میانگین دمای هوا طی ۲٤ ساعت در سردترین ماه‌های سال عموماً حدود ۲ تا ۱۰ درجه‌ی سلسیوس می‌باشد. علاوه بر ظرفیت و پتانسیل بالای این شته برای تحمل سرما، شرایط زیستی حشره نیز به بقای بیشتر آن کمک می‌کند. زیرا شته‌ی مومی کلم اغلب در قسمت‌های داخلی و جوان‌تر گیاهان کلم زمستان‌گذرانی می‌کند. دمای قسمت‌های داخلی گیاه متعادل‌تر از دمای هوا است و حشره با حداقل دمای کم‌تری نسبت به دمای هوا مواجه می‌شود. بنابراین شته‌ی مومی کلم قادر است به خوبی خود را با شرایط آب و هوایی زمستان در تهران سازگار کند و جمعیت فراوانی را روی کلم‌های زینتی یا کلم‌های زمستانه تشکیل دهد. با مساعد شدن شرایط آب و هوایی در اواخر زمستان، افراد بال‌دار ظاهر شده و به مزارع محصولات بهاره از جمله کلزا مهاجرت می‌کنند و خسارت فراوانی را به این گیاهان وارد می‌آورند. ازآنجایی‌که تحمل این شته در برابر سرما خیلی بالا است، پیش‌بینی می‌شود که در سایر نقاط ایران که دارای زمستان‌های سردتری هستند، ازجمله استان‌های اردبیل، آذربایجان شرقی و غربی نیز بتواند زمستان را به‌خوبی پشت سر بگذارد. با توجه به گرم‌شدن جهانی هوا و متعادل‌ترشدن شرایط آب و هوایی زمستان، به نظر می‌رسد که مطالعه در زمینه‌ی زمستان‌گذرانی و جنبه‌های فیزیولوژیکی و بیولوژیکی حشرات، به‌ویژه شته‌ها، در زمستان از اهمیتی بیش از پیش برخوردار باشد و با درک این موضوع می‌توان راه‌کارهای کنترلی بهتری را ارائه نمود.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

Arkhipov, G. E. (1985) Sucking pests of crucifers. *Zashchita Rastenii, Moscow* 9, 50-51.

Asai, M., Yoshida, H., Honda, K. & Tsumuki, H. (2002) Cold hardiness of three aphid species, *Acyrthosiphon pisum, Megoura crassicauda* and *Aulacorthum solani* (Hemiptera: Aphididae). *Applied Entomology Zoology* 37, 341-346.

Atapour, M. & Moharramipour, S. (2009) Changes of cold hardiness, supercooling capacity, and major cryoprotectants in overwintering larvae of *Chilo suppressalis* (Lepidoptera: Pyralidae). *Environmental Entomology* 38, 260-265.

Bale, J. S., Harrington, R. & Clough, M. S. (1987) Effect of low temperature on the survival of the peach potato aphid *Myzus persicae. Proceedings of the 3rd European Congress of Entomology, part 2*, pp. 243-246.

Bale, J. S., Harrington, R. & Clough, M. S. (1988) Low temperature mortality of the peach-potato aphid *Myzus persicae. Ecological Entomology* 13, 121-129.

Berkvens, N., Bale, J. S., Berkvens, D., Tirry, L. & De Clercq, P. (2010) Cold tolerance of the harlequin ladybird *Harmonia axyridis* in Europe. *Journal of Insect Physiology* 56, 438-444.

Butts, R. A. & Schaalje, G. B. (1997) Impact of subzero temperatures on survival, longevity and natality of adult Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae). *Environmental Entomology* 26, 661-667.

Chua, T. H. (1977) Population studies of *Brevicoryne brassicae* (L.), its parasites and hyperparasites in England. *Research Population Ecology* 19, 125- 139.

Costello, M. J. & Altieri, M. A. (1995) Abundance, growth rate and parasitism of *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* on broccoli grown living mulches. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 52,187-196.

Drobnis, E., Crowe, L., Berger, T., Anchordoguy, T., Overstreet, J. & Crowe, J. (1993) Cold shock damage is due to lipid phase transitions in cell membranes: a demonstration using sperm as a model. *Journal of Experimental Zoology* 265, 432-437.

Ellis, P. R., Pink, D. A. C., Phelps, K., Jukes, P. L., Breeds, S. E. & Pinnegar, A. E. (1998) Evaluation of a core collection of *Brassica oleracea* accessions for resistance to *Brevicoryne brassicae*, the cabbage aphid. *Euphytica* 103, 149-160.

Gabrys, B. J., Gadomski, H. J., Klukowski, Z., Pickett, J. A., Sobota, G. T., Wadhams, L. J. & Woodcock, C. M. (1997) Sex pheromone of cabbage aphid *Brevicoryne*

Archive of SID

www.SID.ir

brassicae: identification and field trapping of male aphids and parasitoids. *Journal of Chemical Ecology* 23, 1881-1890.

Khani, A., Moharramipour, S. & Barzegar, M. (2007) Cold tolerance and trehalose accumulation in overwintering larvae of the codling moth, *Cydia pomponella* (Lepidoptera: Tortricidae). *European Journal of Entomology* 104, 385-392.

Knight, J. D. & Bale, J. S. (1986) Cold hardiness and overwintering of the grain aphid *Sitobion avenae*. *Ecological Entomology* 11, 189-197.

Lee, R. E. (1989) Insect cold-hardiness: to freeze or not to freeze. *BioScience* 39, 38-311.

O'Doherty, R. & Bale. J. S. (1985) Factors affecting the cold hardiness of the peach potato aphid *Myzus persicae*. *Annals of Applied Biology* 106, 219-228.

Phillips, W. S., Bale, J. S. & Tatchell, G. M. (1999) Overwintering adaptations in the lettuce root aphid *Pemphigus bursarius* (L.). *Journal of Insect Physiology* 46, 353-363.

Powell, S. J. & Bale, J. S. (2005) Low temperature acclimated populations of the grain aphid *Sitobion avenae* retain ability to rapidly cold harden with enhanced fitness. *Journal of Experimental Biology* 208, 2615-2620.

Pullin, A. S. & Bale, J. S. (1988) Cause and effect of pre-freeze mortality in aphids. *Cryoletters* 9, 101-113.

Saeidi, F. (2011) Cold hardiness and overwintering strategy of *Brevicoryne brassicae* (Hem.: Aphididae): a case study in Tehran, Iran. M.Sc. Thesis. Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Satar, S., Kersting, U. & Ulusoy, M. R. (2005) Temperature dependent life history traits of *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hom., Aphididae) on white cabbage. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 29, 341-346.

Takada, H. (1976) Studies of aphids and their parasites on cruciferous crops and potatoes: II life-cycle. *Kontyu* 44, 366-384.

Worland, M. R., Janion, C., Treasure, A. M. & Chown, S. L. (2010) Pre-freeze mortality in three species of aphids from sub-Antarctic Marion Island. *Journal of Thermal Biology* 35, 255-262.

Yusuf, S. & Collins, G. (1997) Effect of soil sulphur levels on feeding preference of *Brevicoryne brassicae* on brussels sprouts. *Journal of Chemical Ecology* 24, 417- 424.

Archive of SID

www.SID.ir