

بررسی تأثیر بیولوگ سیدروفوریک در دماهای مختلف بر فراسنجه‌های زیستی کنه تارتن *Tetranychus urticae* Koch (Trombidiformes: Tetranychidae)

نازنین مرادزاده^۱، ملیحه لطیفی^{۲*} و سید رسول صحافی^۳

۱ و ۲. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

۳. استادیار، گروه ژنتیک و تولید گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۵ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۲/۲۹)

چکیده

در این پژوهش به بررسی طول عمر، بقا و تولیدمثل کنه تارتن روی گیاه لویا تحت تأثیر بیولوگ سیدروفوریک (ترکیب الفاکندۀ مقاومت در گیاه) در شرایط آزمایشگاهی با رطوبت نسبی $75 \pm 10\%$ درصد، دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی به ۸ ساعت تاریکی و سه دمای 25 ± 1 ، 30 ± 1 و 35 ± 1 درجه سلسیوس پرداخته شد. برای تیمار گیاهان، برای هر گلدان 0.2 میلی‌لیتر از بیولوگ سیدروفوریک در 100 میلی‌لیتر آب مقطر حل شد به خاک گلدان‌ها اضافه شد. برای آزمایش‌ها از دیسک‌های برگ گیاه لویا که ۴۸ ساعت قبل از شروع آزمایش تیمار شده بودند استفاده شد. میانگین کل دوره رشدی کنه از تخم تا کنه کامل در دماهای ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سلسیوس به ترتیب $35/87 \pm 0/05$ ، $30/23 \pm 0/02$ و $30/23 \pm 0/02$ روز به دست آمد. طول دوره‌های رشدی مختلف با افزایش دما از ۲۵ به ۳۰ درجه سلسیوس افزایش و از ۳۰ به ۳۵ درجه سلسیوس کاهش یافت. نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) برای این کنه در سه دمای مذکور به ترتیب $0/16 \pm 0/0007$ ، $0/10 \pm 0/0006$ و $0/18 \pm 0/0007$ روز^{-۱} بود که بین سه دما اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. همچنین نرخ خالص تولیدمثل (R_0) این کنه در سه دمای مذکور به ترتیب $48/25 \pm 0/72$ ، $25/76 \pm 0/43$ و $39/42 \pm 0/49$ نتاج بود که بین سه دما اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهند که ترکیب بیولوگ سیدروفوریک در دمای ۳۰ درجه سلسیوس با داشتن کمترین نرخ ذاتی افزایش جمعیت و بیشترین طول عمر بهترین تأثیر در جهت کاهش جمعیت کنه دو لکه‌ای داشته است.

واژه‌های کلیدی: جدول زندگی، کنه تارتن، مقاومت القایی.

The effect of biolog siderophoric on biological parameters of *Tetranychus urticae* at different temperatures

Nazanin Moradzadeh¹, Malihe Latifi^{2*} and Seyyed Rasoul Sahhafi³

1, 2. Former M. Sc. Student and Associate Professor, Department of Plant Protection, College of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran

3. Assistant Professor, Department of Genetics & Crop Production, College of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran

(Received: Dec. 26, 2018 - Accepted: May 19, 2019)

ABSTRACT

In this paper, developmental time, survival rate, and reproduction of *Tetranychus urticae* Koch on common bean under the influence of Biolog siderophoric (an induced resistance compound in plants) were investigated. The laboratory conditions in this study were $75 \pm 10\%$ R.H. and 16L: 8D at three constant temperatures (25 ± 1 , 30 ± 1 and 35 ± 1 °C). The soil of each pot received 0.2 ml of Biolog siderophoric diluted in 100 ml water. Leave discs of the treated plants were collected after 48 h for the experiments. Results showed that total developmental time of *T. urticae* was 35.87 ± 0.02 , 30.23 ± 0.02 , and 30.23 ± 0.02 days at 25, 30 and 35 °C, respectively. Developmental time of different stages increased as the temperature elevated from 25 to 30 °C, but decreased as the temperature was raised from 30 to 35 °C. The intrinsic rate of increase (r) was 0.16 ± 0.0007 , 0.10 ± 0.0006 , and 0.18 ± 0.0007 day⁻¹, at 25, 30 and 35°C, respectively. There was a significant difference among the intrinsic rate of increase at the three temperatures. The net reproduction rate (R_0) was 48.25 ± 0.72 , 25.76 ± 0.43 and 39.42 ± 0.49 offspring at the mentioned temperatures. There was a significant difference between the net reproduction rates at the three temperatures. Our results showed that biolog siderophoric had the best effect on reducing the population of *T. urticae* at 30 °C, due to the lowest intrinsic rate of increase and the most longevity occurred in this temperature.

Keywords: Induced resistance, life table, two spotted spider mite.

* Corresponding author E-mail: m.latifi@vru.ac.ir

مقدمه

کنه تارتن *Tetranychus urticae* Koch از بیشتر از ۱۱۰۰ گونه گیاهی تغذیه می‌کند (Dermauw *et al.*, 2013) و یک آفت خطرناک برای بسیاری از محصولات کشاورزی است. تاکنون استفاده از سموم شیمیایی و کنه‌های شکارگر روش‌های اصلی کنترل این کنه بوده‌اند. از آنجاکه استفاده از روش‌های کنترل شیمیایی علیه آفات، مخاطرات زیست‌محیطی متعددی داشته و همچنین احتمال گزینش بیوتیپ‌های مقاوم به سموم را افزایش داده در سال‌های اخیر مقاومت القایی در گیاهان به‌عنوان یک روش مؤثر برای کنترل این کنه مورد توجه قرار گرفته است (Warabieda & Olszak, 2010; Doares *et al.*, 1995). مقاومت القایی یک روش محافظت زیستی است که هدف آن فعال کردن سامانه دفاعی گیاه و در نتیجه محدود کردن فعالیت آفت و یا بیمارگر است (Edreva, 2004). القا مقاومت به مفهوم بیشتر شدن مقاومت گیاهانی است که در حالت عادی حساس بوده بدون اینکه ساختار ژنتیکی این گیاهان از طریق اصلاح نژاد یا مهندسی ژنتیکی دچار تغییر شده باشد (Schonbek, 1995). استفاده از بعضی از ترکیبات طبیعی یا سنتز شده در گیاهان می‌تواند منجر به بروز مقاومت القایی شود (Gomez-Vasques *et al.*, 2004; Menzel *et al.*, 2014). بیشتر پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه استفاده از ترکیبات القاگر علیه بیماری‌های گیاهی است (Cohen, 2000; Cohen, 2001; Cohen, 2002; Sharma *et al.*, 2012; Wolf *et al.*, 2012; Araujo *et al.*, 2015). پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه استفاده از القاگرها در کنترل آفات بسیار کمتر از عوامل بیماری‌زا است از جمله: استفاده از سیلیکون در گندم علیه *Scizaphis graminum* (Gomes *et al.*, 2005) و *Sitobion avanae* (Goussain *et al.*, 2005; al., 2014). در نیشکر علیه *Diatraea saccharalis* (Vilela *et al.*, 2014) و در برنج علیه *Cnaphalocrocis medinalis* (Han *et al.*, 2015)، استفاده از متیل جاسمونات در گوجه‌فرنگی علیه *Helicoverpa armigera* (Tan *et al.*, 2012)، استفاده از اسید سالیسیلیک در گوجه‌فرنگی علیه *Helicoverpa armigera* (Peng *et al.*, 2004)، استفاده از جاسمونیک

اسید علیه *Spodoptera litura* (War *et al.*, 2011a) و

Helicoverpa armigera (War *et al.*, 2011b).

کنه تارتن یکی از شایع‌ترین و خطرناک‌ترین آفات خیار در گلخانه‌ها است که برای مبارزه با آن سموم شیمیایی مختلفی استفاده می‌شود. استفاده از سم علیه این کنه روی خیار و در نتیجه باقی ماندن سم در میوه پس از برداشت و اثرات سوئی که روی مصرف‌کننده و محیط‌زیست ایجاد می‌کند و بسیاری موارد دیگر ضرورت استفاده از روش‌های غیر شیمیایی نشان می‌دهد. پس در پژوهش گذشته (Dahmardeh *et al.*, 2018) تأثیر بیولوگ سیدروفوریک به‌عنوان یک القاگر در کاهش جمعیت و کارایی کنه تارتن تأیید شده است و از آنجاکه القاء مقاومت در گیاهان شدیداً تحت تأثیر شرایط محیطی به‌ویژه درجه حرارت و وضعیت رشد گیاه است و دما به‌عنوان یک عامل تأثیرگذار بر مقاومت گیاهان به عوامل بیماری‌زا مانند باکتری‌ها، قارچ‌ها، ویروس‌ها شناخته شده است (Garrett *et al.*, 2006; Alcazar and Parker, 2011)، لذا پژوهش حاضر به‌منظور بررسی دمای بهینه برای استفاده از این ترکیب جهت کنترل این آفت انجام شد. در این پژوهش به تأثیر متقابل سه دمای ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سلسیوس و القاگر بیولوگ سیدروفوریک، رطوبت نسبی 75 ± 10 درصد، دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی به ۸ ساعت تاریکی بر فراسنجه‌های دموگرافی کنه تارتن *T. urticae* در گیاه خیار پرداخته شد. بررسی‌ها نشان می‌دهند که هر دو دمای بالا و پایین باعث کاهش مقاومت گیاه به عوامل بیماری‌زا و آفات می‌شوند (Dropkin, 1969). لذا در این پژوهش علاوه بر مشخص کردن تأثیر ترکیب القاگر بر فراسنجه‌های زیستی کنه تارتن، سعی شد دمای بهینه جهت فعالیت این القاگر نیز تعیین شود.

مواد و روش‌ها

پرورش گیاه میزبان در گلخانه

برای تهیه کلنی از بذر خیار رقم Atilgan استفاده شد. بذرهای ابتدا جهت جوانه‌زنی در ظروف پلاستیکی به مدت ۱۸ ساعت خیس‌انده شده و در دمای اتاق نگهداری شدند. بذرهای جوانه‌زده در گلدان‌های

شدند به طوری که پشت برگ‌ها به سمت بالا قرار گرفته بود. در آزمایش‌های مربوط به دموگرافی از افراد هم‌سن استفاده می‌شود، لذا در ابتدای آزمایش ۵۰ دیسک برگ‌ی آماده شد و با قلم‌موی چهار صفر، یک کنه ماده از کلنی برداشته و به هر دیسک برگ‌ی منتقل شد. به کنه‌ها ۸ ساعت فرصت تخم‌گذاری داده شد. سپس با قلم‌مو، کنه ماده و همه تخم‌ها به جز یک عدد تخم حذف شدند و به تخم‌ها اجازه تفریح داده شد و سپس لاروهای هم سن به دست آمدند. در مرحله بعد دیسک‌ها به درون اتاقک رشد با شرایط دمایی 25 ± 1 ، 30 ± 1 و 35 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 75 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۶:۸ ساعت منتقل شده و هر ۱۲ ساعت یک‌بار بازبینی شدند و مدت‌زمان مراحل مختلف رشدی و همچنین مرگ‌ومیر مراحل مختلف ثبت شدند. پس از ظهور کنه‌های بالغ، بلافاصله کنه‌های نر و ماده با هم جفت شده و به دیسک‌های برگ‌ی جدید انتقال یافتند. هر کنه نر خارج‌شده در کنار یک کنه ماده قرار داده شد و شماره دیسکی که نر از آن برداشته شد، یادداشت و در صورت کمبود، افراد نر از کلنی برداشته می‌شد. پس از جفت شدن کنه‌ها از زمانی که کنه‌ها شروع به تخم‌ریزی نمودند بازدیدها هر ۲۴ ساعت انجام و تعداد تخم گذاشته شده در هر روز ثبت شد. ثبت روزانه تعداد تخم‌ها تا پایان دوره تخم‌ریزی ادامه یافت و پس از آن طول دوره پس از تخم‌ریزی نیز ثبت گردید. آزمایش‌ها تا زمان مرگ آخرین فرد ادامه یافتند. این آزمایش‌ها با ۵۰ تکرار انجام شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه داده‌های مربوط به جدول زندگی با استفاده از نرم‌افزار (Chi, 2016) TWOSEX-MSchart انجام شد. در این آزمایش اثر دماهای 25 ± 1 ، 30 ± 1 و 35 ± 1 درجه سلسیوس روی طول دوره مراحل رشدی فراسنجه‌های تولیدمثلی و فراسنجه‌های اصلی جمعیت کنه تارتن تحت تأثیر القاگر بیولوگ سیدروفوریک در قالب طرح کاملاً تصادفی ارزیابی شد. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون F با مقایسه‌های تکمیلی توکی در سطح احتمال پنج درصد با نرم‌افزار

پلاستیکی (قطر ۸ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر) کشت شدند و در قفس توری دار گلخانه‌ای با ابعاد $20 \times 30 \times 40$ سانتی‌متر در شرایط گلخانه (دمای 25 ± 1 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۶:۸ ساعت) نگهداری شدند.

تهیه کلنی کنه تارتن *T. urticae*

جمعیت اولیه کنه تارتن *T. urticae* از گیاهان خیار آلوده به کنه تارتن واقع در گلخانه پژوهشی بخش حشره‌شناسی دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان جمع‌آوری شد. پس از اینکه گیاهان به مرحله ظهور سومین برگ رسیدند عمل انتقال کنه‌ها به بوته‌ها و استقرار کلنی آغاز شد. به منظور حفظ کلنی کنه تارتن هر ۲-۳ هفته به تعداد مورد نیاز گلدان خیار به گلدان‌های موجود اضافه و جایگزین آن‌ها شدند. کلنی در شرایط گلخانه (دمای 25 ± 1 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۶:۸ ساعت) نگهداری شد. برای تیمار کردن گیاهان با بیولوگ سیدروفوریک (ترکیبی است که توسط باکتری سودوموناس فلورسنس استرین VUPF5 تولید می‌شود. این ترکیب در حال حاضر توسط شرکت پرشین بنیان آریا به صورت تجاری درآمده است)، برای هر گلدان به صورت جداگانه $0/2$ میلی‌لیتر از این ترکیب در 100 میلی‌لیتر آب مقطر حل شد و در مرحله سه برگ‌ی خیار به خاک گلدان‌های مختلف اضافه شد. بعد از ۴۸ ساعت از برگ گیاهان تیمار شده برای تهیه دیسک برگ‌ی استفاده شد.

بررسی فراسنجه‌های دموگرافی کنه تارتن *T. urticae*

به منظور بررسی پارامترهای دموگرافی کنه تارتن دولک‌های آزمایش‌های دموگرافی با استفاده از دیسک‌های برگ‌ی تیمار شده، انجام شد. هر واحد آزمایشی از یک ظرف پتری به قطر ۶ سانتی‌متر و ارتفاع $0/5$ میلی‌متر تشکیل شده بود. لایه‌ای از پنبه به ضخامت یک میلی‌متر در کف پتری دیش قرار داده شد و مقداری آب به پنبه اضافه شد. سپس دیسک‌های برگ خیار به قطر $2/8$ میلی‌متر، تیمار شده با بیولوگ سیدروفوریک روی پنبه قرار داده

(جدول ۱). کوتاه‌ترین میانگین طول دوره رشدی (۲۸/۷۹±۰/۰۶) و طول عمر کل (۳۰/۲۳±۰/۰۲) (جدول ۲) مربوط به دمای ۳۵ درجه سلسیوس و بیشترین آن با اختلاف معنی‌دار ($p < 0.0001$) مربوط به دمای ۳۰ درجه سلسیوس است. با توجه به اینکه با افزایش دما انتظار کاهش طول دوره رشدی وجود دارد، در این پژوهش پس از کاربرد بیولوگ سیدروفوریک طول دوره‌های مختلف رشدی و طول عمر کل از ۲۵ به ۳۰ درجه سلسیوس افزایش و پس‌از آن مجدداً از ۳۰ به ۳۵ کاهش یافته است.

جدول ۲ نشان می‌دهد که بیشترین میزان طول دوره‌های تخم‌ریزی (Oviposition period) (۱۶/۶۳±۰/۰۴)، پیش از تخم‌ریزی (APOP) (۱/۸۵±۰/۳۶) و پیش از تخم‌ریزی کل (TPOP) (۲۶/۵۵±۰/۷۱) مربوط به دمای ۳۰ درجه سلسیوس بودند که طول دوره‌های تخم‌ریزی و پیش از تخم‌ریزی کل با دو دمای دیگر اختلاف معنی‌دار دارند. بیشترین باروری کنه ماده (۸۷/۷±۲/۵۶) با اختلاف معنی‌دار در دمای ۲۵ و کمترین آن (۶۵/۵۵±۲/۹) در دمای ۳۰ درجه سلسیوس مشاهده شد.

SPSS ver. 20 انجام شد. رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Sigma plot 12.0 انجام شد.

نتایج

نتایج حاصل از تجزیه واریانس طول دوره مراحل مختلف رشدی کنه تارتن (*T. urticae*) روی گیاه خیار تحت تأثیر القاگر بیولوگ سیدروفوریک در سه دمای ۲۵±۱، ۳۰±۱ و ۳۵±۱ درجه سلسیوس نشان دادند که اختلاف معنی‌داری بین طول دوره مراحل مختلف رشدی در تیمارهای مختلف وجود دارد (مرحله تخم: $F=12/40$, $p < 0.0001$ ، مرحله لارو: $F=51/36$, $p < 0.0001$ ، مرحله استراحت اول: $F=88/32$, $p < 0.0001$ ، مرحله پوره سن اول: $F=74/09$, $p < 0.0001$ ، مرحله استراحت دوم: $F=43/52$, $p < 0.0001$ ، مرحله پوره سن دوم: $F=38/57$, $p < 0.0001$ ، دوره پیش از بلوغ: $F=563/02$, $p < 0.0001$ ، $F=291/29$ طول عمر کل: $F=832/81$, $p < 0.0001$). مقایسه میانگین طول دوره مراحل مختلف رشدی و طول عمر کنه تارتن با آزمون توکی انجام گرفت

جدول ۱. مقایسه میانگین طول دوره رشدی (روز) و طول عمر کنه *Tetranychus urticae* در دماهای مختلف

Age stage	25(n)	30(n)	35(n)
Egg	4.48±0.07a(50)	5.46±0.14b(50)	4.3±0.06a(50)
Larva	3.9±0.08b(50)	4.76±0.15c(50)	3.56±0.08a(50)
Protophysalis	2.14±0.05a(41)	3.04±0.12b(45)	1.97±0.04a(48)
Protonymph	2±0b(40)	2.81±0.14c(39)	1.29±0.07a(45)
Deutochrysalis	1.9±0.05b(40)	2.6±0.1c(36)	1.35±0.07a(45)
Deutonymph	1.75±0.07b(40)	2.39±0.13c(34)	1.24±0.06a(45)
Teliophysalis	1.72±0.07b(40)	2.46±0.09c(32)	1.44±0.07a(45)
Pre adult	17.8±0.13b(40)	24.55±0.34c(32)	15.17±0.14a(45)
Adult	18.05±0.16b(40)	20.97±0.24c(32)	15.06±0.12a(45)
Female	18.67±0.09b(27)	21.6±0.25c(20)	15.56±0.09a(29)
Male	16.77±0.16b(13)	19.58±0.36c(12)	14.19±0.11a(16)
Total	35.87±0.02b	45.56±0.05c	30.23±0.02a

حروف نامشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

Mean within a row followed by different letters are significantly different ($p < 0.05$, Tukey's test)

جدول ۲. میانگین طول دوره‌های تخم‌ریزی و باروری کنه *Tetranychus urticae* در دماهای مختلف

Temperature (°C)	Fecundity (eggs/female)	APOP(day)	TPOP(day)	Oviposition period(day)	Longevity
25	87.7±2.56c	1.1±0.28a	18.92±0.36b	15.63±0.04b	31.2±0.15b
30	65.55±2.9a	1.85±0.36a	26.55±0.71c	16.63±0.04c	36.78±0.18c
35	68±1.4b	0.90±0.25a	15.72±0.31a	12.59±0.03a	28.79±0.06a

حروف نامشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

APOP: دوره پیش از تخم‌ریزی کنه بالغ، TPOP: زمان پیش از تخم‌ریزی کل)

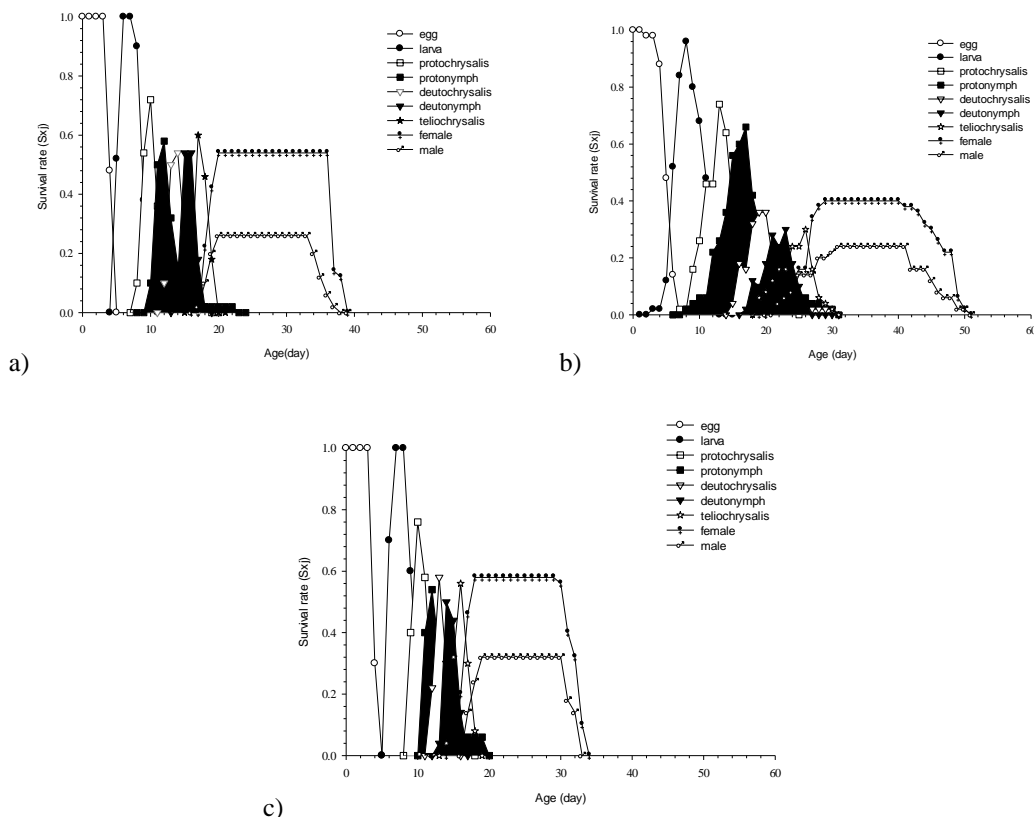
Mean within a column followed by different letters are significantly different ($p \geq 0.05$).

(APOP: adult preoviposition period, TPOP: total preoviposition period)

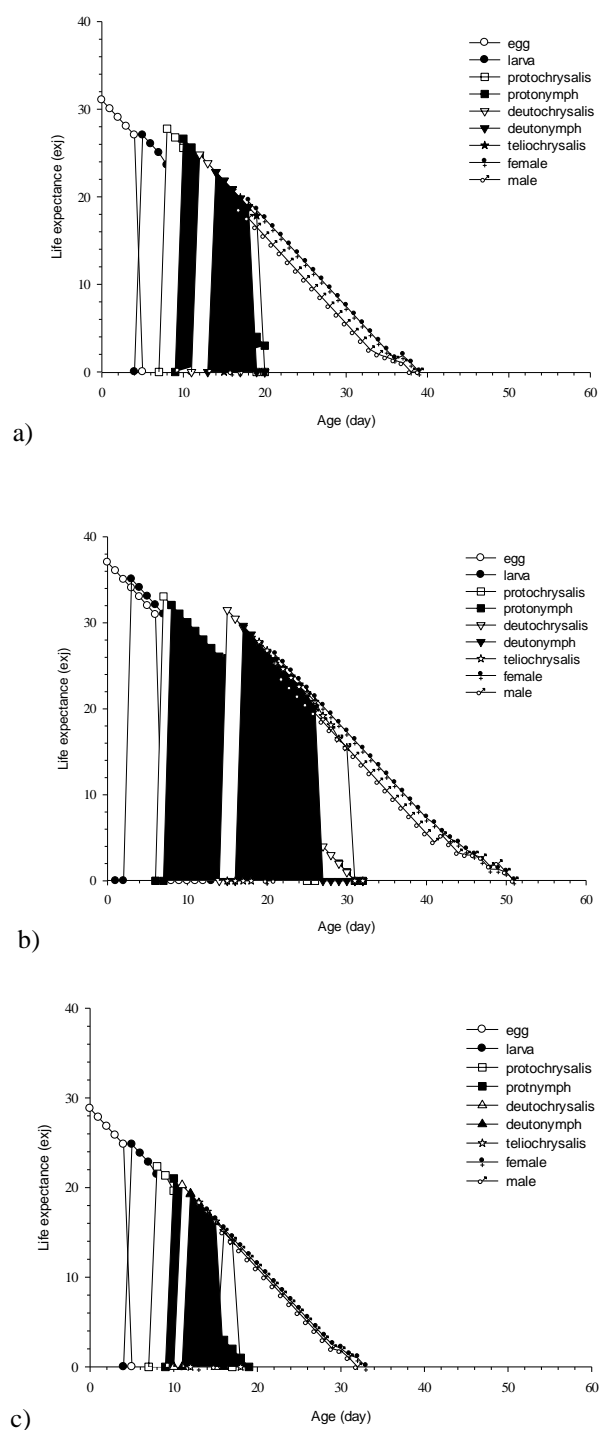
لارو تازه از تخم خارج شده تا ۲۷/۰۴ روز، استراحت اول تا ۲۷/۷۸ روز، پروتومف تا ۲۶/۶۳ روز، استراحت دوم تا ۲۴/۸۴ روز، دئوتومف تا ۲۲/۸۴ روز، استراحت سوم تا ۲۰/۷۰ روز، کنه ماده تا ۱۹/۴۸ روز، کنه نر تا ۱۸/۵۳ روز، در دمای ۳۰ درجه سلسیوس به ترتیب تخم تا ۳۷/۰۴ روز، لارو تازه از تخم خارج شده تا ۳۵/۰۸ روز، استراحت اول تا ۳۳/۰۷ روز، پروتومف تا ۳۲/۰۷ روز، استراحت دوم تا ۳۱/۴۹ روز، دئوتومف تا ۲۹/۶۶ روز، استراحت سوم تا ۲۷/۷۸ روز، کنه ماده تا ۲۶/۳ روز، کنه نر تا ۲۳/۵ روز و در دمای ۳۵ درجه سلسیوس به ترتیب تخم تا ۲۸/۸۲ روز، لارو تازه از تخم خارج شده تا ۲۴/۸۲ روز، استراحت اول تا ۲۲/۳۶ روز، پروتومف تا ۲۱/۰۱ روز، استراحت دوم تا ۲۰/۲۷ روز، دئوتومف تا ۱۹/۳۴ روز، استراحت سوم تا ۱۸/۳۴ روز، کنه ماده تا ۱۷/۳۷ روز و کنه نر تا ۱۵ روز به دست آمد (شکل ۲). بیشترین امید به زندگی مراحل مختلف رشدی مربوط به دمای ۳۰ درجه سلسیوس و کمترین آن‌ها مربوط به دمای ۳۵ درجه سلسیوس است.

نرخ بقا ویژه سن (S_{xj})، احتمال این که یک تخم تازه گذاشته تا سن x ، هنگامی که در مرحله رشدی j باشد زنده بماند را نشان می‌دهد. شکل ۱ نشان می‌دهد که در دوره رشد و نمو، مراحل رشدی مختلف هم‌پوشانی دارند. هم‌پوشانی بین منحنی‌های ویژه مرحله رشدی در نتیجه اختلاف بین افراد در نرخ رشد و نمو است. احتمال این که یک لارو تازه از تخم خارج شده تا مرحله رشدی بالغ زنده بماند در دمای ۲۵ درجه سلسیوس ۰/۵۴ در دمای ۳۰ درجه سلسیوس ۰/۴۰ و در دمای ۳۵ درجه سلسیوس ۰/۵۸ به دست آمد (شکل ۱).

امید به زندگی ویژه سن-مرحله رشدی (exj)، بیانگر احتمال مدت‌زمانی است که انتظار می‌رود یک فرد در سن x و مرحله رشدی j زندگی کند. امید به زندگی به تدریج با افزایش سن کاهش می‌یابد، چراکه در آزمایشگاه هیچ‌گونه اثرات نامطلوبی شبیه آنچه در مزرعه روی می‌دهد، وجود ندارد (Jha et al., 2012). انتظار زنده ماندن و رشد و نمو مراحل مختلف رشدی *T. urticae* در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به ترتیب تخم تا ۳۱/۰۴ روز،



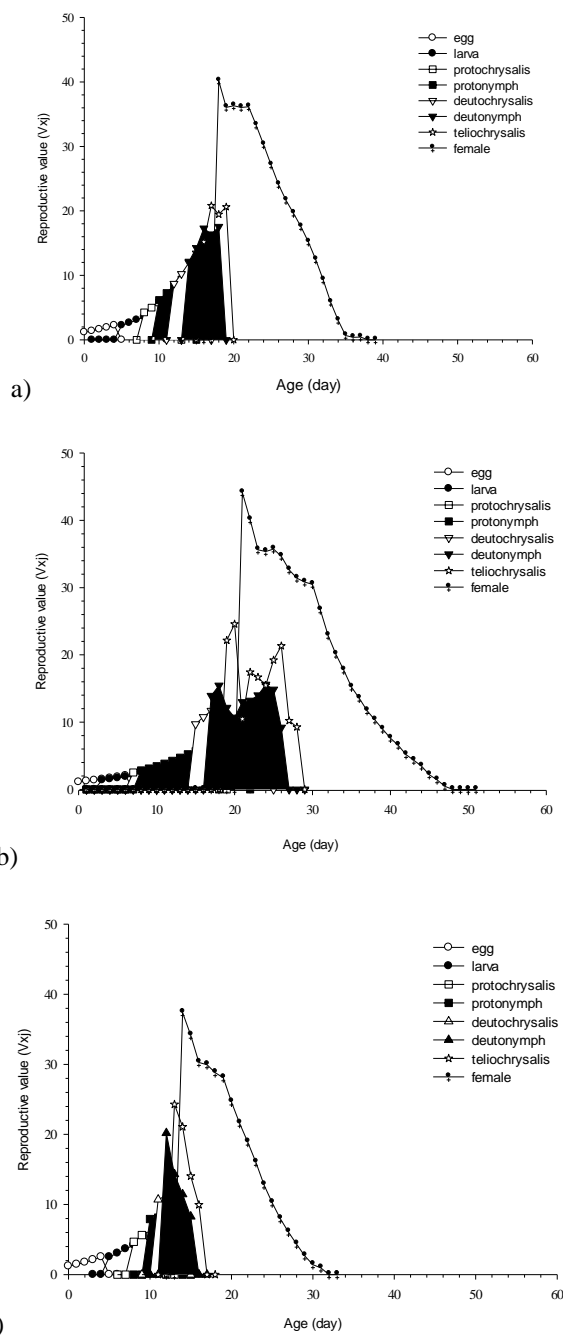
شکل ۱. نرخ بقای ویژه سن-مرحله رشدی (S_{xj})، کنه *Tetranychus urticae* در دماهای: (a) ۲۵، (b) ۳۰، (c) ۳۵ درجه سلسیوس
 Figure 1. The age stage specific survival rates (S_{xj}) of *Tetranychus urticae* at temperatures of: a) 25, b) 30, and c) 35 °C



شکل ۲. امید به زندگی (ex_j)، کنه *Tetranychus urticae* در دماهای: الف) ۲۵، ب) ۳۰، ج) ۳۵ درجه سلسیوس
 Figure 2. Life expectancies (ex_j) of *Tetranychus urticae* at temperatures of: a) 25, b) 30, and c) 35 °C

روز ۱۷ به مقدار $40/15$ روز^{-۱} در دمای ۳۰ درجه سلسیوس در روز ۲۰ به مقدار $44/12$ روز^{-۱} و در دمای ۳۵ درجه سلسیوس در روز ۱۳ به مقدار $37/38$ روز^{-۱} بود (شکل ۳).

مقدار تولیدمثل (v_{ij})، نتاجی است که انتظار می‌رود توسط هر فرد *T. urticae* که در سن x و مرحله رشدی j است، در آینده تولید شوند. اوج نرخ تولیدمثل کنه ماده در دمای ۲۵ درجه سلسیوس در



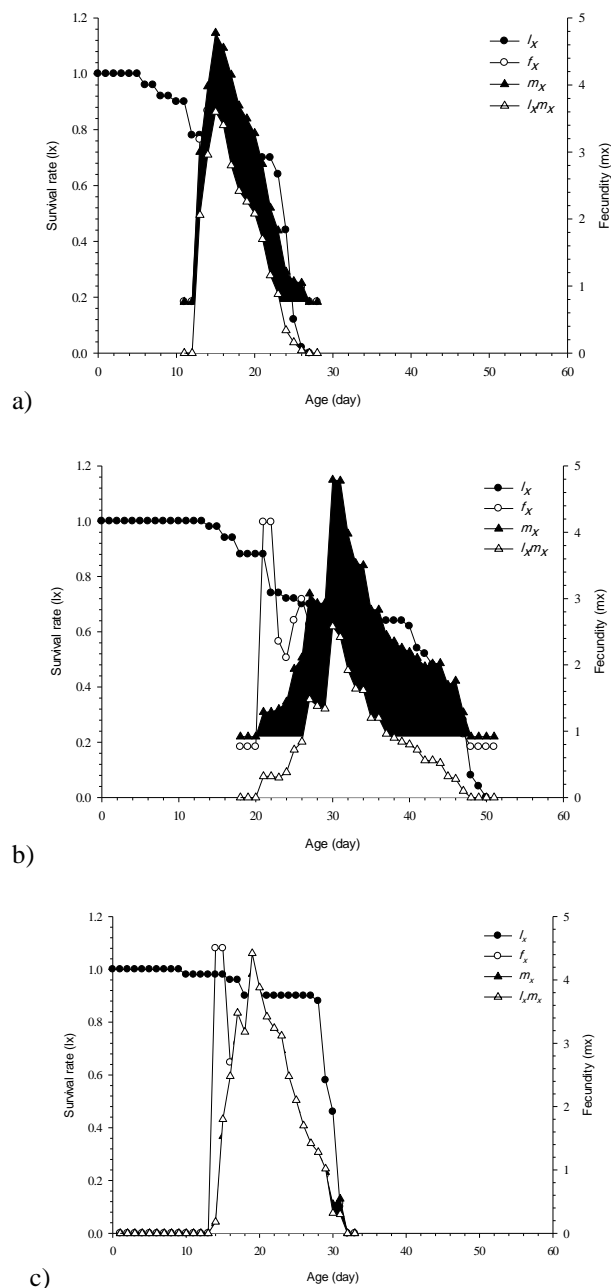
شکل ۳. مقدار تولیدمثل (V_{xj})، کنه *Tetranychus urticae* در دماهای: الف) ۲۵، ب) ۳۰، ج) ۳۵ درجه سلسیوس
 Figure 3. Reproductive values (V_{xj}) of *Tetranychus urticae* at temperatures of: a) 25, b) 30, and c) 35 °C

درجه سلسیوس در روز ۱۴ و در دمای ۳۵ درجه سلسیوس در روز ۱۰ بود. آخرین روز بقا برای افراد ماده در دمای ۲۵ درجه سلسیوس در روز ۳۸، در دمای ۳۰ درجه سلسیوس در روز ۵۰ و در دمای ۳۵ درجه سلسیوس در روز ۳۲ بود (شکل ۴).
 نتایج نشان دادند که شروع تولید نتاج توسط هر

منحنی l_x نرخ بقا ویژه سن، احتمال این است که یک تخم تازه متولدشده تا سن x زنده بماند و شامل همه افراد دسته هم‌سن، بدون تمایز بین مراحل رشدی است. نتایج نمودار l_x نشان می‌دهد که شروع کاهش نرخ بقا برای کنه‌های تارتن دولک‌های در دمای ۲۵ درجه سلسیوس در روز ۸، در دمای ۳۰

مذکور به ترتیب ۵/۱۵ تخم/ ماده/ روز در روز ۲۱، ۳/۲۹ تخم/ ماده/ روز در روز ۲۹ و ۴/۹۱ تخم/ ماده/ روز در روز ۱۸ بود (شکل ۴). بیشترین مقدار تولید نتاج و بیشترین باروری مربوط به دمای ۲۵ و کمترین این مقادیر مربوط به دمای ۳۰ درجه سلسیوس بودند.

فرد ماده (f_{ij}) کنه تارتن دولک‌های در دمای ۲۵ درجه سلسیوس در روز ۱۷، در دمای ۳۰ درجه سلسیوس در روز ۲۰ و در دمای ۳۵ درجه سلسیوس در روز ۱۳ بود و سپس به تدریج کاهش یافت. بیشترین مقدار تولید نتاج در دماهای مذکور به ترتیب ۹/۴۵، ۸ و ۹ بود (شکل ۴). بیشترین مقدار باروری (m_x) در دماهای



شکل ۴. نرخ بقا و ویژه کل گروه هم‌سن (l_x)، باروری ویژه سن ماده (f_{ij})، باروری ویژه سن کل جمعیت (m_x) و زادآوری ویژه سن ($l_x m_x$) کنه در دماهای: (a) ۲۵، (b) ۳۰، (c) ۳۵ درجه سلسیوس

Figure 4. Age specific survival rates (l_x), age stage specific fecundities (f_x), fecundities (m_x), and maternities ($l_x m_x$) of *Tetranychus urticae* at temperatures of a) 25, b) 30, and c) 35 °C

محاسبه نرخ ذاتی افزایش جمعیت نقش دارند لذا این پارامتر شاخصی بسیار مناسب جهت ارزیابی عملکرد یک حشره روی گیاهان مختلف میزبان و مقاومت گیاه میزبان خواهد بود (Frel *et al.*, 2003). این شاخص در دمای ۳۰ درجه سلسیوس نسبت به دو دمای دیگر کمتر بود که نشان‌دهنده کارایی کمتر کنه در این دما یا به عبارتی تأثیر بیشتر ترکیب بیولوگ سیدروفوریک در این دما است.

Dahmardeh *et al.* (2018) در بررسی برخی ترکیبات القاگر از جمله بیولوگ سیدروفوریک روی کنه تارتن روی گیاه لوبیا در دمای ۲۵ درجه سلسیوس نشان دادند که این ترکیب باعث افزایش آنزیم‌های دفاعی (داده‌های چاپ‌نشده) و مقاومت گیاه و در نتیجه کاهش نرخ ذاتی و کارایی کنه نسبت به گیاه شاهد بود. همچنین تأثیر منفی کاربرد جاسمونیک اسید که یک ترکیب القاگر است، روی کنه *T. urticae* توسط برخی پژوهش‌گران نشان داده شده است، آن‌ها نشان دادند کاربرد این القاگر باعث کاهش تولید تخم در این کنه شده است (Choh *et al.*, 2004; Lie *et al.*, 2002). Khodayari & Abedini (2018) نشان دادند که با القا مقاومت در گیاه کدو علیه کنه تارتن با کاربرد کود فسفالیوم-کا نرخ ذاتی افزایش جمعیت و طول عمر کل کنه در مقایسه با شاهد کاهش یافت. همچنین کاهش معنی‌دار نرخ تولیدمثل و بقا کنه تارتن در بذره‌های گوجه‌فرنگی تیمار شده با جاسمونیک اسید (Worrall *et al.*, 2012) و کاهش تعداد تخم این کنه در برگ‌های تیمار شده با همین ترکیب (Ataide *et al.*, 2016) در مقایسه با شاهد گزارش شده است. Farouk & Osman (2011) نشان دادند که القا مقاومت در گیاه تأثیر منفی بر فعالیت کنه داشته است. آن‌ها نشان دادند کاربرد جاسمونیک اسید و سالیسیلیک اسید روی لوبیای معمولی (*Phaseolus vulgaris*) باعث کاهش معنی‌دار جمعیت (کاهش تعداد تخم، لارو، پوره و بالغ) کنه تارتن شد. نتایج بررسی کاربرد بیرونی القاگر جاسمونیک اسید روی کنه تارتن *Tetranychus urticae* نشان داد که تعداد تخم‌های کنه تارتن تغذیه‌کننده از برگ‌های القاشده با این محلول در مقایسه با برگ‌های شاهد کاهش یافتند (Omer *et al.*, 2000). در پژوهشی دیگر

نتایج تجزیه واریانس نشان دادند که فراسنجه‌های اصلی جمعیت کنه *T. urticae* تحت تأثیر القاگر بیولوگ سیدروفوریک در سه دمای مورد بررسی تفاوت معنی‌داری دارند (جدول ۳). کمترین مقادیر نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) (0.10 ± 0.0006)، نرخ خالص تولیدمثل (R_0) ($25/76 \pm 0/4$) و نرخ متناهی رشد (λ) ($1/11 \pm 0/0007$) در دمای ۳۰ درجه سلسیوس و بیشترین این مقادیر در دمای ۳۵ درجه سلسیوس مشاهده شد (جدول ۳). هرچه مقدار r کمتر باشد افزایش جمعیت کمتر و دوره نشو و نما افزایش خواهد یافت؛ بنابراین از آنجاکه کمترین میزان r مربوط به دمای ۳۰ درجه سلسیوس است، بیشترین طول دوره یک نسل با اختلاف معنی‌دار، نیز در این دما مشاهده می‌شود.

جدول ۳. فراسنجه‌های اصلی جدول زندگی کنه

Tetranychus urticae در دماهای مختلف

Table 3. Life table parameters of *Tetranychus urticae* at different temperatures

Temperature (°C)	$\lambda(n)$ (day ⁻¹)	T(n) (day)	r(n) (day ⁻¹)	R ₀ (n) (offspring)
25	1.17±0.0009 ^b	23.93±0.03 ^b	0.16±0.0007 ^b	48.25±0.72 ^c
30	1.11±0.0007 ^a	31.39±0.08 ^c	0.10±0.0006 ^a	25.76±0.43 ^a
35	1.20±0.0009 ^c	19.91±0.03 ^a	0.18±0.0007 ^c	39.42±0.49 ^b

حروف نامشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

Mean within a column followed by different letters are significantly different ($p \geq 0.05$).

بحث

نتایج این پژوهش نشان دادند که با کاربرد بیولوگ سیدروفوریک که یک ترکیب القاکننده مقاومت در گیاه خیار است علی‌رغم این‌که انتظار می‌رفت طول دوره‌های مختلف رشد و نمو و تخم‌ریزی با افزایش دما از ۲۵ به ۳۵ درجه سلسیوس کاهش یابند، طول دوره‌های مختلف رشد و نمو دوره‌های تخم‌ریزی، پیش از تخم‌ریزی و پیش از تخم‌ریزی کل، متوسط مدت‌زمان یک نسل از ۲۵ به ۳۰ درجه سلسیوس افزایش و پس‌از آن از ۳۰ به ۳۵ درجه سلسیوس کاهش یافتند. میزان نرخ ذاتی، نرخ متناهی و نرخ خالص افزایش جمعیت در دمای ۳۰ درجه سلسیوس به‌طور معنی‌داری کمتر از دو دمای دیگر بود. از آنجاکه عوامل زیادی از قبیل باروری، بقا و طول نسل در

یک دمای یکسان بر گیاهان، عوامل بیماری‌زا و یا آفات مختلف هستند (Samuel, 1931; Hwang *et al.*, 2000; Xiao *et al.*, 2003; Yang & Hua, 2004; Jablonska *et al.*, 2007; Wang *et al.*, 2009). نتایج برخی پژوهش‌های انجام‌شده حاکی از غیرفعال شدن مقاومت در دماهای بالا هستند (Yalpani *et al.*, 1991; Malamy *et al.*, 1992; Carstens *et al.*, 2014; Wang *et al.*, 2009; Jablonska *et al.*, 2007). در بررسی‌های متعددی نشان داده شده است که با افزایش دما کاهش مقاومت به عوامل بیماری‌زا مشاهده می‌شود که علت آن را مربوط به غیرفعال شدن ژن‌های مؤثر در القا مقاومت می‌دانند؛ یعنی افزایش درجه حرارت مانع بروز پاسخ‌های دفاعی در گیاهان می‌شود (Whitham *et al.*, 1996; Hwang *et al.*, 2000; de Jong *et al.*, 2002; Wang *et al.*, 2009; Carstens *et al.*, 2014).

این نتایج مؤید نتایج به‌دست‌آمده در پژوهش حاضر هستند که به دلیل بروز مقاومت در دمای ۳۰ درجه سلسیوس، تولیدمثل و نرخ ذاتی افزایش جمعیت کنه در این دما نسبت به دمای ۳۵ درجه سلسیوس کاهش معنی‌داری داشته است و در دمای ۳۵ درجه سلسیوس به علت بالا بودن دما، توقف القا مقاومت و افزایش میزان این فراسنجه‌ها در مقایسه با دمای ۳۰ درجه سلسیوس مشاهده می‌شود. متأسفانه در هیچ‌کدام از پژوهش‌های حاضر به تأثیر دما بر ترکیبات القاگر در مقابل کنه تارتن یا حشرات آفت پرداخته نشده است لذا قادر به مقایسه نتایج به‌دست‌آمده در پژوهش‌های مختلف با پژوهش حاضر نیستیم. با توجه به دامنه میزبانی وسیع، ایجاد خسارت بالا، توانایی افزایش سریع جمعیت در کنه تارتن و با توجه به خطرات استفاده از سموم شیمیایی لزوم انجام پژوهش‌ها در زمینه کنترل غیر شیمیایی این آفت احساس می‌شود. از آنجاکه ترکیبات القاکننده مقاومت در گیاهان فاقد اثرات مخرب زیست‌محیطی هستند (Buonaurio *et al.*, 2009) و بر اساس نتایج این پژوهش استفاده از ترکیب بیولوگ سیدروفوریک در دمای ۳۰ درجه سلسیوس جهت کنترل کنه تارتن پیشنهاد می‌شود.

تأثیر متیل جاسمونات در القای سازوکارهای مقاومت در توت‌فرنگی آلوده به کنه *T. urticae* بررسی شد. نتایج کاهش تخم‌ریزی کنه را در برگ‌های تیمار شده با متیل جاسمونات نشان دادند (Warabieda *et al.*, 2005). همچنین آن‌ها در سال ۲۰۱۰ به بررسی جمعیت کنه تارتن در گیاهان تیمار شده با متیل جاسمونات با غلظت‌های مختلف در درخت سیب و گیاه توت‌فرنگی پرداختند. نتایج کاهش جمعیت کنه را در درخت سیب و گیاه توت‌فرنگی نسبت به شاهد نشان دادند. متیل جاسمونات سبب وقوع سازوکار مقاومت و آنتی‌بیوز در درخت سیب و گیاه توت‌فرنگی نسبت به کنه شده بود. بر اساس یافته‌های Smart *et al.* (2013) تخم‌گذاری کنه تارتن دولک‌های روی گوجه‌فرنگی که بذره‌های آن قبل از کشت به مدت ۲۴ ساعت در محلول جاسمونیک اسید قرار داده شده بودند، کاهش یافت. Motahari *et al.* (2013) گزارش کردند که کاربرد برخی ترکیبات القاکننده مقاومت مانند فسفیت پتاسیم در گیاه خیار سبب کاهش زادآوری کنه تارتن می‌شود. کاهش طول دوره‌های رشدی و تخم‌ریزی در گیاهان تیمار شده با ترکیبات القاکننده در مقایسه با شاهد بیان‌گر نامناسب بودن ترکیبات القاکننده برای رشد این کنه آفت است. در تمامی پژوهش‌های انجام‌شده مشاهده می‌شود که کاربرد ترکیبات مختلف القاگر در گیاهان مختلف سبب کاهش نرخ ذاتی، جمعیت و تولید تخم در کنه تارتن شده است. نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش‌های مختلف حاکی از اثرات منفی استفاده از القاگرها بر کنه تارتن و مؤید نتایج به‌دست‌آمده در پژوهش حاضر هستند.

همچنین القای مقاومت در بسیاری از گیاهان علیه سایر آفات توسط برخی پژوهش‌گران بررسی شده و در تمامی موارد کاربرد ترکیبات القاگر منجر به کاهش کارایی و یا فعالیت آفت شده است (Pascual *et al.*, 2003; Goussain *et al.*, 2005; Massey *et al.*, 2006; Ranger *et al.*, 2009; Venter & Mansoor 2012; Tiwari *et al.*, 2013; Thaler *et al.*, 2015; Mohamed *et al.*, 2016; Mohamadi *et al.*, 2017). بررسی‌های بسیاری در مورد تأثیر دما بر فعالیت القاگرها در بروز مقاومت در گیاهان علیه عوامل بیماری‌زا انجام شده است که نشان‌دهنده تأثیر متفاوت

REFERENCES

1. Alcazar, R. & Parker, J. E. (2011). The impact of temperature on balancing immune responsiveness and growth in *Arabidopsis*. *Trends in Plant Science*, 16, 666-675.
2. Araujo, L., Silva Bispo, W. M., Rios, V. S., Fernandes, S. A. & Rodrigues, F. A. (2015). Induction of the phenylpropanoid pathway by acibenzolar-S_methyl and potassium phosphate increases mango resistance to *Ceratocystis finbriata* infection. *Plant Disease*, 99(4), 447-459.
3. Ataide, L. M. S., Pappas, M. L., Schimmel, B. C. J., Lopez-Orenes, A., Alba, J. M., Duarte, M. V. A., Pallini, A., Schuurink, R. & Kant, M. R. (2016). Induced plant-defenses suppress herbivore reproduction but also constrain predation of their offspring. *Plant Science*, 252, 300-310.
4. Buonauro, R., Iriti, M. & Romanazzi, G. (2009). Induced resistance to plant diseases caused by oomycetes and fungi. *Petria*, 19(3), 130-148.
5. Carstens, M., McCrindle, T. K., Adams, N., Diener, A., Guzha, D. T., Murray, S. L., Parker, J. E., Denby, K. J. & Ingle, R. A. (2014). Increased resistance to biotrophic pathogens in the *Arabidopsis constitutive induced resistance 1* mutant is EDS1 and PAD4-dependent and modulated by environmental temperature, *Plos One*, 9(10), 1-8.
6. Chi, H. (2016). TWSEX_MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis. URL http://140.120.197.173/ecology/Download/TWSEX_MSChart.rar. (accessed February 2016)
7. Cohen, Y. (2000). *Methods for protecting plants from fungal infection*. United States Patent 6,075,051.
8. Cohen, Y. (2001). The BABA story of induced resistance. *Phytoparasitica*, 29, 375-378.
9. Cohen, Y. (2002) 5-aminobutyric acid-induced resistance against plant pathogens. *Plant Disease Journal*, 85, 448-457.
10. Choh, Y., Ozawa, R. & Takabayashi, J. (2004). Effect of exogenous jasmonic acid and benzo (1,2,3) thiadiazole-7-carbothioic acid S-methylester (BTH), a functional analogue of salicylic acid, on the egg production of a herbivorous mite *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Applied Entomology and Zoology*, 39(2), 311-314.
11. Dahmardeh, A., Latifi, M. & Saberi Riseh, R. (2018). Effect of induced resistance in bean plants on *Tetranychus urticae* life table parameters. *Systematic and Applied Acarology*, 23(8), 1627-1640.
12. De Jong C. F., Takken, F. L., Cai, X., de Wit P. J. & Joosten, M. H. (2002). Attenuation of Cf-mediated defense responses at elevated temperatures correlates with a decrease in elicitor-binding site. *Molecular Plant Microbe Interactions*, 15, 1040-1049.
13. Dermauw, W., Wybouw, N., Rombauts, S., Menten, B., Vontas, J., Grbic, M., Clark, R. M., Feyereisen, R. & Van Leeuwen, T. (2013). A link between host plant adaptation and pesticide resistance in the polyphagous spider mite *Tetranychus urticae*. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(2), E113-E122.
14. Dias, P. A. S., Sampaio, M. V., Rodrigues, M. P., Korndorfer, A. P., Oliveira, R. S., Ferreira, S. E. & Korndorfer, G. H. (2014). Induction of resistance by silicon in wheat plants to alate and apterous morphs of *Sitobion avenae* (Hemiptera: Aphididae). *Environmental Entomology*, 43(4), 949-956.
15. Doares, SH., Narvaez-Vasquez, J., Conconi, A. & Ryan, C. A. (1995). Salicylic acid inhibits synthesis of proteinase inhibitors in tomato leaves induced by systemin and jasmonic acid. *Plant Physiology*, 108, 1741-46.
16. Edreva, A. (2004). A novel strategy for plant protection: Induced resistance. *Journal of Cell and Molecular Biology*, 3, 61- 69.
17. Farouk, S. & Osman, M. A. (2011). The effect of plant defense elicitors on common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) growth and yield in absence or presence of spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) infestation. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*, 7(3), 5-22.
18. Frel, A., Gu, H., Cardona, C. & Dorn, S. (2003). Antixenosis and antibiosis of common beans to *Thrips palmi*. *Journal of Economic Entomology*, 93, 1577-1584.
19. Garrett, K. A., Dendy, S. P., Frank, E. E. Rouse, M. N. & Travers, S. E. (2006). Climate change effects on plant disease: Genomes to ecosystems. *Annual Review of Phytopathology*, 44, 489-509.
20. Gomez-Vasquez, R., Day, R., Buschmann, H., Randles, S., Beeching, J. R. & Cooper, R. M. (2004). Phenylpropanoids, phenylalanine ammonia lyase and peroxidases in elicitor-challenged cassava (*Manihot esculenta*) suspension cells and leaves. *Annals of Botany*, 94(1), 87-97.
21. Gomes, F. B., Moraes, J. C. D., Santos, C. D. & Goussain, M. M. (2005). Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids. *Science Agriculture*, 62, 547-551.
22. Goussain, M. M., Prado, E. & Moraes, J. C. (2005). Effect of silicon applied to wheat plants on the biology and probing behaviour of greenbug *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae). *Crop Protection*, 34, 807-813.

23. Han, Y., Lei, W., Wen, L. & Hou, M. (2015). Silicon-mediated resistance in a susceptible rice variety to the rice leaf folder, *Cnaphalocrocis medinalis* Guenee (Lepidoptera: Pyralidae). *PlosOne*, 10(4), 1-13.
24. Hwang, C. F., Bhakta, A. V., Truesdell, G. M., Pudlo, W. M. & Williamson, V. M. (2000). Evidence for a role of the N terminus and leucine-rich repeat region of the *Mi* gene product in regulation of localized cell death. *Plant Cell*, 12, 1319-1329.
25. Jablonska, B., Ammiraju, J. S., Bhattarai, K. K., Mantelin, S., Martinez de Ilarduya, O., Roberts, P. A. & Kaloshian, I. (2007). The *Mi* gene from *Solanum arcanum* conferring heat-stable resistance to root-knot nematodes is a homolog of Mi-I. *Plant Physiology*, 143, 1044-1054.
26. Jha, R., Chi, H. & Tang, L. Ch. (2012). A comparison of artificial diet and hybrid sweet corn for the rearing of *Helicoverpa armigera* (lepidoptera: Noctuidae) based on life table characteristics. *Environmental Entomology*, 41, 30-39.
27. Khodayari, S. & Abedini, F. (2018). Systemic induced resistance (SIR) in zucchini by foliar spray of fosfalom-K against two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch. *Plant Protection*, 40(4), 1-13 (In Farsi)
28. Li, C., Williams, M. M., Loh, Y. T., Lee, G. I. & Howe, A. (2002). Resistance of cultivated tomato to cell content-feeding herbivores is regulated by the octadecanoid-sig-naling pathway. *Plant Physiology*, 130, 494-503.
29. Malamy, J., Hennig J. & Klessig F. (1992). Temperature dependent induction of salicylic acid and its conjugate during the resistance response to tobacco mosaic virus infection. *The Plant Cell, American Society of Plant Physiologists*, 4, 359-366.
30. Massey, F., Ennos, A. R. & Hartley, E. S. (2006). Silica in grasses as a defence against insect herbivores: contrasting effects on folivores and a phloem feeder. *Animal Ecology*, 75, 597-603.
31. Menzel, T. R., Weldegergis, T., David, A., Boland, W., Gols, R., van Loon, J. J. A. & Dicke, M. (2014). Synergism in the effect of prior jasmonic acid application on herbivore-induced volatile emission by lima bean plants: transcription of a monoterpene synthase gene and volatile emission. *Journal of Experimental Botany*, 66(17), 4821-4831.
32. Mohamadi, P., Razmjou, J., Naseri, B. & Hassanpour, M. (2017). Population growth parameters of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) on tomato plant using organic substrate and biofertilizers. *Journal of Insect Science*, 17(2), 36.
33. Mohamed, H. I., Haleem, A. B. D. E. L., Mohammed, M. A. & Mogazy, A. M. (2016). Effects of plant defense elicitors on soybean (*Glycine max* L.) growth, photosynthetic pigments, osmolytes and lipid components in response to cotton worm (*Spodoptera littoralis*) infestation. *Bangladesh Journal of Botany*, 45(3), 597-604.
34. Motahari, M., Kheradmand, K., Roustae, A. M. & Talebi, A. A. (2013). Study of cucumber plant nutrition effect by different levels of potassium on biological parameters and life table of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Journal of Entomological Research*, 6, 81-95.
35. Omer, A. D., Thaler, J., Granett, J. & Karban, R. (2000). Jasmonic acid induced resistance in grapevines to a root and leaf feeder. *Journal of Economic Entomology*, 93, 840-845.
36. Pascual, S., Nombela, G., Aviles, M. & Muniz, M. (2003). Induced resistance in tomato to whitefly *Bemisia tabaci* by Bion. *Integrated Control in Protected Crops, Mediterranean Climate*, 26(10), 61-64.
37. Peng, J., Deng, X., Huang, J., Jia, S., Miao, X. & Huang, Y. (2004). Role of salicylic acid in tomato defense against cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* Hubner. *Zeitschrift fur Naturforschung C.*, 59, 856-62.
38. Ranger, C. M., Singh, A. P., Frantz, J. M., Canas, L., Locke, J. C., Reding, M. E. & Vorsa, N. (2009). Influence of silicon on resistance of *Zinnia elegans* to *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). *Environmental Entomology*, 38(1), 129-136.
39. Samuel, G. (1931). Some experiments on inoculating methods with plant viruses, and on local lesions. *Annals of Applied Biology*, 18, 494-507.
40. Schonbek, M. (1995). The Fourier splitting method. *Advances in geometric Analysis and Continuum Mechanics*, 6, 125-134.
41. Smart, L. E., Martin, J. L., Limpalaer, M., Bruce, T. J. A. & Pickett, J. A. (2013). Responses of herbivore and predatory mites to tomato plants exposed to jasmonic acid seed treatment. *Journal of Chemical Ecology*, 39, 1297-1300.
42. Tan, C. W., Chiang, S. Y., Ravuiwasa, K. T., Yadav, J. & Hwang S. Y. (2012). Jasmonate-induced defenses in tomato against *Helicoverpa armigera* depend in part on nutrient availability, but artificial induction via methyl jasmonate does not. *Arthropod-Plant Interactions*, 10, 1-4.
43. Thaler, J. S., Olsen, E. L. & Kaplan, I. (2015). Jasmonate-induced plant defenses and prey availability impact the preference and performance of an omnivorous stink bug, *Podisus maculiventris*. *Arthropod-Plant Interactions*, 9(2), 141-148.

44. Tiwari, S., Meyer, W. L. & Stelinski, L. L. (2013). Induced resistance against asian citrus psyllid, *Diaphornia citri*, by B-aminobutyric acid in citrus. *Bulletin of Entomological Research*, 1-9.
45. Venter, E. & Mansoor, C. (2012). Potassium phosphate induces tolerance against the russian wheat aphid *Diuraphis noxia* (Homoptera: Aphididae) in wheat. *Crop Protection*, 61, 43-50.
46. Vilela, M., Moraes, J. C., Alves, E., Santos-Civipanes, T. M. & Santos, F. A. (2014). Induced resistance to *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) via silicon application in sugarcane. *Colombiana de Entomologia*, 40, 44-48.
47. Wang Y., Bao Z., Zhu Y. & Hua, J. (2009). Analysis of temperature modulation of plant defense against biotrophic microbes. *The American Phytopathological Society*, 22(5), 498-506.
48. War, A. R., Paulraj, M. G., War, M. Y. & Ignacimuthu, S. (2011a) Herbivore- and elicitor-induced resistance in groundnut to asian armyworm, *spodoptera litura* (Fab.) (Lepidoptera: Noctuidae). *Plant Signaling and Behavior*, 6(11), 1769-1777.
49. War, A. R., Paulraj, M. G., War, M. Y. & Ignacimuthu, S. (2011b). Jasmonic acid-mediated-induced resistance in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) against *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Plant Growth Regulation*, 30(4), 512-523.
50. Warabieda, W., Miszczak, A. & Olszak, R. W. (2005). The influence of methyl jasmonate (JA-Me) and beta-glucosidase on induction of resistance mechanisms of strawberry against two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch). *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 70, 829-836.
51. Warabieda, W. & Oszak, R. (2010). Effect of exogenous methyl jasmonate on numerical growth of the population of the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch.) on strawberry plants and young apple trees. *Journal of Plant Protection Research*, 50(4), 541-544.
52. Whitham, S., McCormick, S. & Baker, B. (1996). The N gene of tobacco confers resistance to tobacco mosaic virus in transgenic tomato. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 93, 8776-8781.
53. Wolf, J. M. van der, Michta, A., Zouwen, P. S. van der, Boer, W. J. de., Davelaar, E. & Stevens, L. H. (2012). Seed and leaf treatments with natural compounds to induce resistance against *Peronospora parasitica* in Brassica oleracea. *Crop Protection*, 35, 78-84.
54. Worrall, D., Holroyd, G. F., Moore, J. P., Glowacz, M., Croft, P., Taylor, J., Paul, N. D. & Roberts, M. R. (2012). Treating seeds with activators of plant defence generates long lasting priming of resistance to pests and pathogens. *New Phytologist*, 193, 770-778.
55. Xiao, S., brown, S., Patrick, E., Brearley, C. & Turner, J. G. (2003). Enhanced transcription of the *Arabidopsis* disease resistance genes *RPW8.1* and *RPW8.2* via a salicylic acid-dependent amplification circuit is required for hypersensitive cell death. *Plant Cell*, 15, 33-45.
56. Yalpani, N., Silverman, P., Wilson, T. M. A., Kleier, D. A. & Raskin, I. (1991). Salicylic acid is a systemic signal and an inducer of pathogenesis-related proteins in virus-infected tobacco. *Plant Cell*, 3, 809-818.
57. Yang, S. & Hua, J. (2004) A haplotype-specific resistance gene regulated by *BONZAI* mediates temperature-dependent growth control in *Arabidopsis*. *Plant Cell*, 16, 1060-1071.