Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)

47(4), Winter, 2025

1 10.22055/ppr.2024.48256.1772

Fertility life table parameters of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* affected by sublethal concentration of BotanAphid aphidicide on two cabbage varieties

R. Marandi [1], S.A. Safavi *[2], M. Forouzan [3], A. Jarrahi [4]

1. M.Sc. student, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
2. ***Corresponding Author:** Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran (a.safavi@urmia.ac.ir)
3. Associate Professor, Department of Plant Protection Research, Agricultural and Natural Resources Research Center of West Azarbaijan, AREEO, Urmia, Iran
4. Researcher, Department of Plant Protection Research, Agricultural and Natural Resources Research Center of West Azarbaijan, AREEO, Urmia, Iran

Received: 29 October 2024 Revised: 15 December 2024 Accepted: 20 December 2024

Abstract

Background and Objectives

Cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* L. is one of the important pests of brassicaceous plants worldwide, causing considerable damage to them. It not only damages host plants by directly sucking the tissue sap and excreting honeydew, but also transmits some plant pathogenic viruses and further weakens the host crops. In one hand, due to the adverse effects of irregular chemical pesticide use on vegetables such as cabbage, and indecisive effects of biocontrol agents in pest control, exploring alternative methods for cabbage aphid management such as botanical pesticide application sounds appropriate and necessary. Therefore, in the present study, acute toxicity of the botanical insecticide, BotanAphid was studied against cabbage aphid on white and red cabbages by determining their corresponding LC_{50} values. Moreover, their sublethal (corresponding LC_{25} values) effect was assessed on the fertility life table parameters of the pest in both white and red cabbages.

Materials and Methods

After preliminary bioassays based on recommended concentration (2 % for cotton aphid) in both plant cultivars, five concentrations were estimated by logarithmic intervals in white (0.45, 0.81, 1.48, 2.69 and 4.9 percent) and red (0.5, 0.89, 1.58, 2.82 and 5.01 percent) cabbages. Control aphids were treated with distilled water containing 0.05% citowett as surfactant. Thirty newly emerged adult aphids were randomly selected for each treatment. Ten insects were placed on each leaf disc and treated uniformly by a hand sprayer. After drying, insects were placed within Petri dish with ventilation. The number of dead insects were counted after 24 h. Bioassay data were analyzed by probit analysis using SAS 24.0. To study the sublethal effects of BotanAphid on fertility life table parameters of *B. brassicae*, the calculated LC_{25} values (0.675 and 0.765 percents respectively for white and red cabbage cultivars) of BotanAphid were used. For each treatment and control, 50 adult aphids were treated similar to bioassays. All treated insects were removed after 24 h and the number of 50 newly emerged first instar nymphs from treated adults were randomly selected and kept individually. The number of dead insects and produced nymphs were recorded daily and removed from experimental units. Life table data were

analyzed using Twosex-MsChart program and the means and standard errors of parameters were calculated by bootstrap method using 100000 replicates.

Results

According to the bioassays, the mean lethal concentrations (LC_{50} values) of this pesticide on cabbage aphid were 1.552 and 1.704 percents respectively in white and red cabbages. In life table study with LC_{25} values of aphicide, the lowest fertility and reproduction period of *B. brassicae* were remarkably decreased on BotanAphid treatment in both white and red cabbages compared to corresponding control (insecticide-free) units. Furthermore, pre-adult duration was prolonged and survival of treated aphids was decreased considerably when compared to control. In addition, insecticide treatment caused intrinsic rate of increase (*r*), as the most important population growth parameter, of the cabbage aphids to be lowered significantly compared to corresponding control insects. Also, BotanAphid sublethal concentration resulted in considerable decrease in other life table parameters when compared to appropriate control insects in both cabbage cultivars. Reproduction values and life expectancies were the highest in control aphids and the lowest in LC_{25}-treated insects.

Discussion

Our results revealed that *B. brassicae* suffered considerable mortality from BotanAphid, as a botanical insecticide in nearly recommended concentrations (2 %). Comparison of LC_{50} confidence intervals (95%) showed that susceptibility of the pest was not statistically different in treated aphids on white and red cultivars. This showed that the plant cultivar did not impose significant impact on aphid mortality. Given that the chemical content of sap and nutritional quality of two cultivars are varying in different cultivars, these did not affect adult aphids' mortality encountering BotanAphid. Using LC_{25} value in each cultivar for analyzing life table parameters demonstrated the its negative influence on all parameters compared to control insects in both cultivars. Besides these results, due to botanical nature of BotanAphid and its low risk for non-target organisms especially human, this pesticide application is recommendable on fresh-consuming vegetables such as different cabbage cultivars.

Keywords: bioassay, botanical insecticide mixture, white cabbage, red cabbage, eco-friendly

Associate editor: A. Rasekh (Prof.)

Citation: Marandi, R., Safavi, S.A., Forouzan, M. & Jarrahi, A. (2025). Fertility life table parameters of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* affected by sublethal concentration of BotanAphid aphidicide on two cabbage varieties. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, *47*(4), 23-43. https://doi.org/10.22055/ppr.2024.48256.1772.

گیاه‌پزشکی (مجله علمی کشاورزی)
جلد ٤٧، شماره ٤، زمستان ١٤٠٣
10.22055/ppr.2024.48256.1772

فراسنجه‌های جدول زندگی باروری شته مومی، *Brevicoryne brassicae* تحت تاثیر غلظت زیرکشنده شته‌کش گیاهی بوتانافید روی دو رقم کلم

رباب مرندی [۱]، سید علی صفوی *[۲]، مریم فروزان [۳]، آزاده جراحی [۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۲- * **نویسنده مسوول**: استاد، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران (a.safavi@urmia.ac.ir)
۳- دانشیار، بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران
٤- محقق، بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۰۸ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۹/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۳۰

چکیده

شته مومی کلم *Brevicoryne brassicae* L. یکی از آفات مهم گیاهان تیره چلیپائیان در سطح جهان است که خسارت قابل توجهی به گیاهان این خانواده وارد می‌کند. به دلیل آسیب‌های ناشی از استفاده بی‌رویّه از آفت‌کش‌های شیمیایی، جستجوی روشی جایگزین برای کنترل این آفت نظیر استفاده از آفت‌کش‌های گیاهی ضروری به نظر می‌رسد. در تحقیق حاضر، سمّیت حادّ حشره‌کش گیاهی بوتانافید روی شته مومی در کلم سفید و قرمز تعیین شد و تاثیر غلظت LC_{25} به‌دست آمده روی هریک از رقم‌ها بر فراسنجه‌های جدول زندگی باروری این آفت ارزیابی شد. بر اساس نتایج زیست‌سنجی، غلظت LC_{50} این آفتکش روی شته مومی کلم در دو رقم سفید و قرمز به‌ترتیب برابر با ۱/۵۵۲ و ۱/۷۰٤ درصد به‌دست آمد. در بررسی جدول زندگی با غلظت LC_{25} (به‌ترتیب ۰/٦۷۵ و ۰/۷٦۵درصد در کلم سفید و قرمز) شته‌کش، میزان باروری هر فرد ماده تیمار شده در هر دو رقم در مقایسه با شاهد (بدون حشره‌کش) کاهش یافت. به علاوه، تیمار حشره‌کش در هر دو رقم کلم سفید و قرمز به‌ترتیب موجب کاهش ٤۰ و ۳۵/۵ درصدی نرخ ذاتی افزایش جمعیت (*r*) شته مومی کلم نسبت به شاهد متناظر شد. به‌علاوه، تیمار آفت‌کش موجب طولانی شدن معنی‌دار دوره زندگی آفت در مقایسه با شاهد شد. طبق نتایج، حشره‌کش بوتانافید در هر دو رقم گیاه میزبان، باعث کاهش بقا و تولیدمثل شته مومی کلم در مقایسه با شاهد شد. در کنار این نتایج، به‌دلیل ماهیت گیاهی بوتانافید و کم‌خطر بودن آن برای موجودات غیرهدف و به‌خصوص انسان، کاربرد این آفت‌کش روی سبزیجات تازه‌خوری مانند انواع کلم قابل توصیه است.

کلیدواژه‌ها: زیست‌سنجی، ترکیب حشره‌کش گیاهی، کلم سفید، کلم قرمز، سازگار با محیط

دبیر تخصصی: دکتر آرش راسخ

مقدمه

شته مومی کلم *Brevicoryne brassicae* L. (Hemiptera: Aphididae)، از مهم‌ترین آفات گیاهان تیره چلیپائیان بوده و در سطح جهان از جمله ایران پراکنده است (Blackman and Eastop, 2000). گیاهان این تیره به دلیل ارزش غذایی بالا، اغلب در فهرست سالم‌ترین غذاها قرار دارند (Gerszberg, 2018; Šamec et al., 2019). گونه *Brassica oleracea* شامل چندین رقم گیاهی از جمله کلم پیچ *B. oleracea* var. *capitate* f. *alba* و کلم قرمز *B. oleracea* var. *capitata* f. *rubra* است که اهمیت اقتصادی زیادی داشته و در سراسر جهان کشت می‌شوند (Björkman et al., 2011). شته مومی کلم به همه قسمت‌های گیاه میزبان حمله می‌کند و باعث ایجاد خسارت مستقیم در اثر تغذیه از شیره گیاهی می‌شود. خسارت غیرمستقیم شته مومی کلم در اثر تولید عسلک یا انتقال ویروس ایجاد می‌شود. شته مومی کلم ناقل ۲۰ بیماری ویروسی در طیف وسیعی از گیاهان است (Ellis et al., 1998). در صورت آلودگی شدید، این آفت می‌تواند باعث کاهش بیش از ۸۰ درصد محصول شود (Ahmad and Akhtar, 2013).

در حال حاضر کنترل شته مومی کلم متکی به استفاده از حشره‌کش‌های شیمیایی است (Shahmohammadi et al., 2023). استفاده نادرست و بیش از حد آفت‌کش‌های شیمیایی باعث آلودگی محیط زیست، بروز مقاومت در آفات و ایجاد اثرات مخرب روی موجودات غیر هدف و مصرف‌کنندگان شده (Lu et al., 2018)، که نیاز به استفاده از روش‌های جایگزین جهت مدیریت حشرات آفت را برانگیخته است (Mahmood et al., 2016). آفت‌کش‌های گیاهی فرآورده‌های طبیعی مؤثر در کنترل حشرات آفت هستند (Grdiša and Gršić, 2013). اهمیت آفت‌کش‌های گیاهی به اثربخشی، زیست تخریب‌پذیری، نحوه عمل متنوع، سمیت کم برای موجودات غیر هدف، در دسترس بودن مواد اولیه و عدم ایجاد مقاومت در آفات هدف نسبت داده می‌شود (Soković et al., 2010; Joseph and Sujatha, 2012; Hernandez-Moreno et al., 2013; Nawaz et al., 2016; Lengai et al., 2020). نحوه عمل این آفت‌کش‌ها مانند دورکنندگی، مهار تخم‌ریزی و تغذیه، سمّیت و کشندگی و اختلال در فعالیت‌های فیزیولوژیک حشرات به نوع ترکیب فعال گیاهی و آفت هدف بستگی دارد (Lengai et al., 2020). بر اساس اطلاعات برچسب، حشره‌کش گیاهی بوتانافید با نام تجاری BotanAphid® EC 8%، یک شته‌کش تماسی است که مواد مؤثره آن ترکیبی از اسانس گیاهان آویشن، رزماری و روغن نیم، ۸ درصد است. طبق اطلاعات سازنده روی برچسب، این شته‌کش فاقد دوره کارنس بوده و برای کنترل شته جالیز *Aphis gossypii* Glover (به نسبت ۲ درصد) توصیه شده است. محققین متعددی اثر اسانس و روغن گیاهان آویشن *Thymus vulgaris* L. (Saroukolai et al., 2010; Pavela et al., 2019; Pavela et al., 2020; Küçükaydın et al., 2021)، رزماری *Salvia rosemarinus* Spenn (Miresmailli and Isman, 2006; Isman et al., 2008; Karakaş, 2017) و روغن نیم *Azadirachta indica* A.Juss (Isman, 1997; Pavela, 2007; Brito et al., 2021) را روی حشرات آفت و کنه‌های مختلف ثابت کرده‌اند.

چگونگی ارزیابی اثر کلی حشره‌کش‌ها روی جمعیت حشرات، یکی از چالش‌های سم‌شناسی است (Stark and Wennergren, 1995). به‌صورت معمول دوز یا غلظت متوسط کشنده (LD_{50} یا LC_{50}) جهت تخمین اثر کشندگی حشره‌کش‌ها روی حشرات کاربرد داشته و بر اساس تلفات فردی در کوتاه مدت (اثر حاد) تعیین می‌شود، ولی برآوردی از اثرهای طولانی مدت آنها در سطح جمعیت ارایه نمی کند (Desneux et al., 2007).

پس از کاربرد حشره‌کش‌ها در زیست‌بوم‌های کشاورزی، تعدادی از حشرات که غلظت کشنده حشره‌کش به‌دلایلی مانند پوشش ضعیف پاشش و سرعت تخریب ماده فعال آفت‌کش توسط عوامل طبیعی بلافاصله روی آن‌ها اثر نمی‌گذارد، برای مدت طولانی در معرض غلظت زیرکشنده قرار می‌گیرند. قرار گرفتن در معرض غلظت‌های زیرکشنده حشره‌کش‌ها ممکن است باعث ایجاد تغییرات رفتاری و فیزیولوژیکی در افراد شود؛ یعنی بر سرعت رشد، بقا، باروری، طول عمر، رفتار تغذیه و در نتیجه، پویایی جمعیت آفات تأثیر بگذارد؛ هم‌چنین ممکن است این غلظت‌های زیرکشنده به طور غیرمستقیم تأثیرات بین نسلی را بر نتاج آنها ایجاد کنند و یا حتی باعث شیوع مجدد آفت شوند (Stark and Bank, 2003; Desneux et al., 2007; Cutler, 2013). یکی از روش‌های رایج بررسی اثرات زیرکشندگی حشره‌کش‌ها، سم‌شناسی دموگرافیک[1] است؛ در این روش از فراسنجه‌های جدول زندگی و رشدی جمعیت برای ارزیابی اثرات زیرکشندگی استفاده می‌شود (Stark and Bank, 2003). تاثیر برخی حشره‌کش‌های شیمیایی روی فراسنجه‌های جدول زندگی شته مومی کلم بررسی شده است. از جمله، اثرحشره‌کش‌های تیاکلوپرید و تیامتوکسام (Taheri-Sarhozaki and Safavi, 2014a,b) و پی‌متروزین و ایمیداکلوپراید(Lashkari et al., 2007) روی فراسنجه‌های رشد جمعیت گونه *B. brassicae* L.، بررسی شد. علاوه بر این، اثرات کشنده و زیرکشنده حشره‌کش گیاهی ماترین (Amirfanak et al., 2023)، عصاره خام گیاه *Tagetes minuta* (Phoofolo et al., 2013)، شش آفت‌کش زیستی شامل روغن چریش، قارچ بیمارگر *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill.، عصاره گیاهی، آلکالوئیدهای پوست مرکبات + اسیدهای چرب، عصاره تنباکو، آب صابون (Shrestha, 2022)، حشره‌کش‌های گیاهی پالیزین® و تنداکسیر® (Romasi et al., 2021) و آزادیراختین (Pavela et al., 2004) روی فراسنجه‌های رشدی و جدول زندگی شته مومی‌کلم ارزیابی شده است. در تحقیق حاضر، میزان کشندگی (با تعیین مقادیر LC_{50}) شته‌کش گیاهی بوتانافید، به‌عنوان یک حشره‌کش گیاهی جدید و داخلی، روی شته مومی‌کلم، هنگام پرورش روی دو رقم کلم سفید و قرمز، مورد بررسی قرار گرفت. هم‌چنین، اثرات زیرکشنده غلظت LC_{25} شته روی هر رقم در مقایسه با شاهد متناظر آن بر خصوصیات زیستی و فراسنجه‌های جدول زندگی باروری آفت مطالعه شد. این مطالعه، تأثیر حشره‌کش مورد مطالعه بر بقا و تولیدمثل شته مومی کلم، هنگام تغذیه روی دو رقم کلم را مشخص می‌کند.

مواد و روش‌ها

پرورش گیاه میزبان و شته مومی‌کلم

به منظور پرورش گیاه میزبان، بذرهای کلم سفید (*B. oleracea* var. *capitate f. alba*) و کلم قرمز (*B. oleracea* var. *capitata f. rubra*)، در سینی‌های کشت حاوی پیت‌ماس کشت شدند و نشاءها پس از ۸-۶ هفته به گلدان‌های بزرگ‌تر با قطر ۳۰ و ارتفاع ۴۰-۳۰ سانتی‌متر حاوی مخلوط پیت‌ماس، خاک باغچه و کود دامی منتقل شدند. گلدان‌ها در گلخانه با دوره نوری ۸ ساعت تاریکی و ۱۶ ساعت روشنایی و رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد قرار گرفته و به‌صورت یک روز در میان آبیاری شدند. شته‌های مومی از کلم‌های سفید و قرمز مزارع اطراف خوی و ارومیه جمع‌آوری شده و همراه بوته به گلخانه حشره‌شناسی دانشگاه ارومیه انتقال یافتند. پس از شناسایی در سطح گونه (Blackman and Eastop, 2000)، با قلم‌موی نرم به آرامی به بوته‌های جدید کلم سفید و کلم

1- Demographic toxicology

قرمز در گلخانه با دمای ۲±۲۳ درجه سلسیوس، دوره نوری ۸ ساعت تاریکی و ۱۶ ساعت روشنایی و رطوبت ۵±۶۰ درصد جهت تشکیل کلنی منتقل شدند. پس از سه نسل زاد و ولد، تعداد ۱۰۰ شته بالغ، جهت هم‌سن‌سازی برای انجام آزمایش‌ها روی بوته‌های سالم کلم سفید و کلم قرمز رهاسازی شدند و بوته‌ها داخل قفس‌های پوشیده با توری ارگانزا قرار گرفتند. پس از ۲۴ ساعت شته‌های بالغ حذف شده و پوره‌های سن یک باقی ماندند. آزمایش‌ها روی شته‌های بالغ حاصل از این پوره‌ها انجام شد.

حشره‌کش مورد استفاده

از شته‌کش گیاهی بوتانافید 8% EC محصول پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی[1] در آزمایش‌ها استفاده شد.

زیست‌سنجی شته مومی کلم و تخمین غلظت کشنده و زیرکشنده

غلظت‌های مورد استفاده جهت تعیین LC_{50} و LC_{25} بر اساس غلظت توصیه‌شده روی برچسب حشره‌کش (۲ درصد) تعیین شد. پس از انجام زیست‌سنجی اولیه، پنج غلظت (۰/۴۵، ۰/۸۱، ۱/۴۸، ۲/۸۲ و ۴/۹۰ درصد) از شته‌کش به همراه تیمار شاهد (آب مقطر به همراه ۰/۰۵ درصد روغن سیتوویت) برای زیست‌سنجی شته مومی کلم روی کلم سفید استفاده شد. در کلم قرمز، شته‌ها با غلظت‌های ۰/۵، ۰/۸۹، ۱/۵۸، ۲/۸۲ و ۵/۰۱ درصد شته‌کش تیمار شدند. در هر غلظت سه تکرار و در هر تکرار ۱۰ عدد حشره بالغ یک روزه به صورت تصادفی انتخاب شد و به روش پاشش مستقیم حشره‌کش روی برگ‌های حاوی شته مومی کلم تیمار شدند (Chen, 1990). برای این منظور ۱۰ عدد شته بالغ یک روزه روی دیسک برگی به قطر شش سانتی‌متر قرار داده شد. سمپاش (محلول‌پاش) کوچک دستی از فاصله ۱۵ سانتی‌متری برای پاشش یکنواخت محلول حشره‌کش روی برگ‌ها استفاده شد. برگ‌ها پس از خشک شدن (نیم ساعت) به درون تشتک‌های پتری به قطر ۸ سانتی‌متر دارای کاغذ صافی انتقال داده شدند. روی درپوش پتری‌ها جهت تهویه سوراخی به ابعاد سه سانتی‌متر ایجاد شده و با توری ارگانزا پوشیده شد. حشرات تیمار شده در شرایط آزمایشگاهی یکسان با پرورش نگهداری شده و تعداد تلفات ۲۴ ساعت بعد از تیمار شمارش شد.

اثرات زیر کشندگی حشره‌کش بوتانافید روی ویژگی‌های زیستی و فراسنجه‌های جدول زندگی شته مومی کلم

از غلظت LC_{25} (حاصل از نتایج زیست‌سنجی) شته‌کش بوتانافید که مقدار آن برابر ۰/۱۵۷۵ درصد به‌دست آمد، به همراه شاهد برای مطالعه فراسنجه‌های زیستی و رشد جمعیتی شته مومی‌کلم روی دو رقم کلم سفید و قرمز استفاده شد. برای هر غلظت در هر تیمار تعداد ۵۰ عدد شته ماده بکرزای یک روزه در نظر گرفته شد؛ بدین ترتیب که روی هر دیسک برگی به قطر ۷-۶ سانتی‌متر، ده عدد شته بالغ قرار گرفت و هر تیمار روی پنج دیسک برگی (پنج تکرار) پاشیده شد. سپس روی هر دیسک برگی از غلظت‌های کشنده یا زیرکشنده سم مورد مطالعه پاشیده شد. پس از گذشت ۳۰ دقیقه و خشک شدن برگ‌های تیمار شده، برگ‌ها داخل پتری‌های هشت سانتی‌متری در شرایط یکسان با زیست‌سنجی نگهداری شدند. پس از ۲۴ ساعت حشرات بالغ حذف شده و از ۵۰ عدد پوره سن یک (کمتر از ۲۴ ساعت)، برای شروع مطالعه جدول زندگی باروری استفاده شد. هر پوره سن یک به تنهایی روی دیسک‌های برگی عاری از سم درون ظرف یورین باتل[2] به ارتفاع ۵ و قطر ۳ سانتی‌متر گذاشته شد و روی درب ظروف سوراخ‌های کوچکی جهت تهویه ایجاد شد؛ هم‌چنین برگ‌های کلم در صورت پلاسیدگی با برگ‌های جدید جایگزین شدند. میزان تلفات و تولیدمثل شته‌ها تا زمان مرگ همه آن‌ها به صورت روزانه ثبت و پوره‌های متولد شده پس از شمارش حذف شدند.

1- https://kba.acecr.ac.ir/fa/album/2980

2- Urine bottle

تجزیه آماری

برای تخمین مقادیر مختلف غلظت‌های کشنده (LC)، تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از روش پروبیت در سطح احتمال ۵ درصد به وسیله نرم‌افزار SPSS 24 انجام گرفت. داده‌های حاصل از جدول زندگی و روند جمعیتی، بر اساس تئوری جدول زندگی دو جنسی سن- مرحله رشدی با استفاده از نرم‌افزار (version 2020.02.11) Twosex-MsChart تجزیه شد (Chi and Liu, 1985; Chi, 1988; Chi, 2020). میانگین و خطای استاندارد فراسنجه‌های جدول زندگی، با استفاده از روش Bootstrap با ۱۰۰۰۰۰ تکرار محاسبه شده و مقایسه میانگین‌ها با روش بوت‌استرپ جفت شده انجام شد. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار سیگما پلات (Ver. 12.3) رسم شدند (SigmaPlot, 2012).

نتایج

زیست‌سنجی شته مومی کلم و تخمین غلظت کشنده و زیرکشنده

نتایج حاصل از تجزیه پروبیت غلظت- کشندگی شته‌کش بوتانافید روی حشرات بالغ شته مومی‌کلم روی رقم کلم سفید و قرمز با مقادیر LC_{25} و LC_{50} و حدود اطمینان ۹۵ درصد در جدول ۱ نشان داده شده است. بررسی نتایج ۲۴ ساعت پس از سم‌پاشی نشان داد که این شته‌کش با LC_{50} معادل ۱/۵۵۲ درصد در رقم کلم سفید و ۱/۷۰۴ درصد در رقم کلم قرمز موجب ۵۰ درصد تلفات در حشرات بالغ شته مومی‌کلم شده است.

اثرات زیرکشندگی حشره‌کش بوتانافید روی ویژگی‌های زیستی و فراسنجه‌های جدول زندگی شته مومی کلم

براساس نتایج به دست آمده، کاربرد غلظت زیرکشنده حشره‌کش بوتانافید بر طول دوره سنین مختلف پورگی و نشو و نمای مراحل نابالغ شته مومی‌کلم در هر دو تیمار کلم سفید و قرمز اثرگذار بوده و طول این مراحل در سطح احتمال آماری پنج درصد بیشتر از شاهد محاسبه شد. طول دوره نشو و نمای مراحل نابالغ شته مومی‌کلم در حشرات تیمار شده با حشره‌کش بوتانافید در کلم سفید ۸/۲۶ روز و در کلم قرمز ۸/۱۹ روز و بیشتر از مقدار آن در تیمار شاهد (به ترتیب ۶/۱۹ و ۵/۸۳ روز) بود. درصد زنده‌مانی شته مومی‌کلم در هر دو رقم آلبا و روبرا در تیمار حشره‌کش در سطح احتمال آماری پنج درصد به‌طور معنی‌داری کمتر از شاهد به‌دست آمد که این مقدار در ارقام آلبا و روبرا به ترتیب ۶۳ و ۷۱ درصد و در تیمارهای شاهد به ترتیب ۸۷ و ۹۳ درصد محاسبه شد (جدول ۲).

نتایج نشان داد که در تیمار رقم‌های کلم سفید و قرمز با غلظت زیرکشنده (LC_{25}) حشره‌کش بوتانافید، در سطح احتمال آماری پنج درصد تفاوت معنی‌داری در طول دوره پیش از پوره‌زایی حشرات کامل، کل دوره پیش از پوره‌زایی، طول دوره پوره‌زایی و میزان باروری شته مومی‌کلم نسبت به شاهد مشاهده شد. کل دوره پیش از پوره‌زایی شته مومی‌کلم در رقم‌های آلبا و روبرا در تیمار بوتانافید به ترتیب ۸/۸۶ و ۸/۷۱ روز بود که بیشتر از طول این دوره در تیمار شاهد (به ترتیب ۶/۳۹ و ۵/۹۸ روز) به‌دست آمد. هم‌چنین، در هر دو رقم طول دوره پوره‌زایی آفت در تیمار بوتانافید نسبت به شاهد کمتر بود.

جدول ۱- غلظت کشنده و زیرکشنده حشره‌کش بوتانافید علیه حشرات کامل شته *Brevicoryne brassicae* روی دو رقم کلم

Table 1. Lethal and sublethal concentrations of BotanAphid insecticide against *Brevicoryne brassicae* adults on two cabbage cultivars

cultivar	No.	R^2	Slope±SE	Intercept± SE	χ^2 (df)	P	LC_{25} (%) (95% CLs)	LC_{50} (%) (95% CLs)
White	180	0.972	1.866±0.324	-0.356± 0.124	1.126(3)	0.771	0.675 (0.401-0.925)	1.552 (1.172-2.077)
Red	180	0.988	1.938±0.336	-0.449±0.132	0.501(3)	0.919	0. 765 (0.466-1.033)	1.704 (1.302-2.260)

میزان باروری شته مومی‌کلم نیز در رقم‌های کلم سفید و قرمز در تیمار بوتانافید به ترتیب ۱۸/۳۶ و ۲۴/۰۸ پوره به ازای هر فرد ماده به‌دست آمد و این تعداد در شاهد به ترتیب ۳۸/۴۱ و ۴۰/۸۲ پوره به ازای هر فرد ماده محاسبه شد (جدول ۳).

براساس نتایج به‌دست آمده، نرخ زنده مانی ویژه سنی(l_x) شته مومی‌کلم در رقم‌های کلم سفید و قرمز تیمار شده با غلظت زیرکشنده حشره‌کش بوتانافید با افزایش سن آفت کاهش پیدا کرد. بیشینه نمودار زادآوری ویژه سنی (f_x) در رقم‌های آلبا و روبرا در تیمارهای بوتانافید و شاهد به ترتیب در روزهای ۸ و ۴ اتفاق افتاد. هم‌چنین، در روزهای مذکور تعداد نتاج نر و ماده به‌ترتیب در تیمارهای بوتانافید و شاهد در رقم آلبا به‌طور میانگین ۳/۱۹ و ۸/۵ و در رقم روبرا به‌طور میانگین ۳/۷۱ و ۸/۴ بود. اوج نمودار زادآوری ویژه سنی کل جمعیت (m_x) در تیمارهای بوتانافید و شاهد در رقم آلبا به ترتیب در روزهای ۱۱ و ۹ و در رقم روبرا در روزهای ۱۰ و ۷ اتفاق افتاد؛ طی این روزها در رقم آلبا به‌طور میانگین ۳/۰۲ و ۳/۷۲ فرد ماده و در رقم روبرا ۳/۸۶ و ۴/۰۸ فرد ماده به ترتیب در تیمارهای ذکر شده تولید شد. به‌علاوه، بیشینه باروری ویژه سنی (l_xm_x) در تیمارهای بوتانافید و شاهد در رقم آلبا به ترتیب در روزهای ۱۱و ۷ و در رقم روبرا در روزهای ۹ و ۳ مشاهده شد. در روزهای مذکور در رقم آلبا به‌طور میانگین ۱/۹۱ و ۳/۳۱ و در رقم روبرا ۲/۷۴ و ۳/۸ فرد به‌ترتیب در تیمارهای بوتانافید و شاهد به جمعیت آفت اضافه شدند (شکل ۱).

جدول ۲- اثرات زیرکشندگی (LC_{25}) حشره‌کش بوتانافید روی ویژگی‌های زیستی مراحل نابالغ شته *Brevicoryne brassicae* روی دو رقم کلم

Table 2. Sublethal effects (LC_{25}) of BotanAphid insecticide on the biological properties of *Brevicoryne brassicae* immature stages on two cabbage cultivars

cultivar	Treatments	Mean ± SE (days) Nymph 1	Nymph 2	Nymph 3	Nymph 4	Pre-adult	Survival rate
alba	BotanAphid	2.16±0.1[a]	2.25± 0.1[a]	2.32± 0.11[a]	1.88± 0.1[a]	8.26± 0.13[a]	0.63± 0.05[b]
	Control	1.64±0.06[b]	1.6± 0.06[b]	1.55± 0.06[b]	1.48± 0.06[b]	6.19± 0.11[b]	0.87± 0.03[a]
rubra	BotanAphid	2.04±0.08[a]	2.2± 0.08[a]	2.28± 0.1[a]	1.85± 0.1[a]	8.19± 0.11[a]	0.71± 0.04[b]
	Control	1.53±0.06[b]	1.48± 0.05[b]	1.46± 0.06[b]	1.35± 0.06[b]	5.83± 0.1[c]	0.93± 0.02[a]

*Different letters in each column of each cultivar indicate significant differences between treatments at the 5% level based on the bootstrap method with 100,000 repetitions.

جدول ۳- اثرات زیرکشندگی (LC_{25}) حشره‌کش بوتانافید بر خصوصیات زیستی حشرات کامل *Brevicoryne brassicae* روی دو رقم کلم

Table 3. Sublethal effects (LC_{25}) of BotanAphid insecticide on biological properties of *Brevicoryne brassicae* adults on two cabbage cultivars

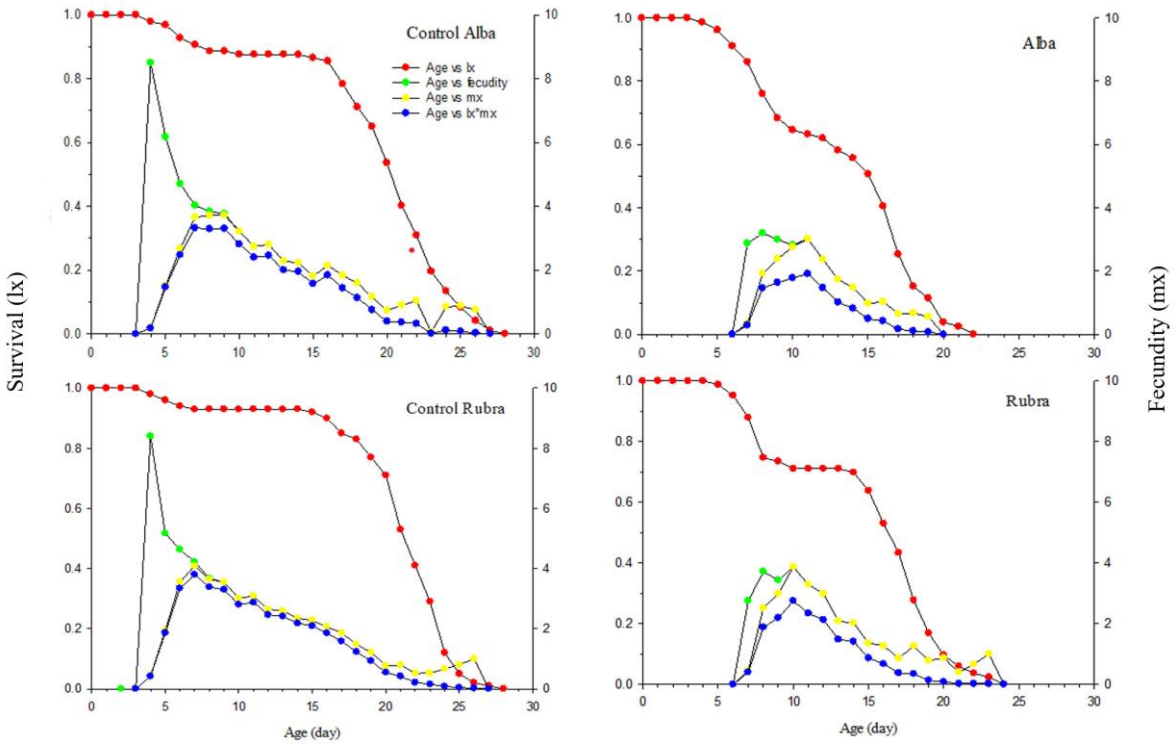
cultivar	Treatments	Mean± SE (days) Adult longevity	Total longevity	APOP	TPOP	Reproduction period	Fecundity (nymphs/female)
alba	BotanAphid	8.88±0.27[b]	17.14± 0.32[b]	0.6± 0.1[a]	8.86± 0.16[a]	5.46± 0.25[b]	18.36± 0.97[b]
	Control	15.18±0.28[a]	21.36± 0.31[a]	0.2± 0.05[b]	6.39± 0.13[b]	11.6± 0.27[a]	38.41± 0.93[a]
rubra	BotanAphid	9.98±0.25[b]	18.17± 0.29[b]	0.53± 0.08[a]	8.71± 0.14[a]	6.64± 0.24[b]	24.08± 1.03[b]
	Control	16.06±0.25[a]	21.89± 0.27[a]	0.15± 0.04[b]	5.98± 0.11[b]	12.41± 0.22[a]	40.82± 0.88[a]

*Different letters in each column in each cultivar indicate significant differences between treatments at the 5% level based on the bootstrap method with 100,000 repetitions. TPOP: total pre-oviposition period; APOP: adult pre-oviposition period.

اثر غلظت زیرکشنده حشره‌کش بوتانافید به همراه تیمار شاهد روی منحنی‌های مربوط به نرخ زنده‌مانی ویژه سن- مرحله زیستی(S_{xj}) شته مومی‌کلم در رقم‌های آلبا و روبرا در شکل ۲ نشان داده شده است. این فراسنجه علاوه بر توصیف نرخ زنده‌مانی، روند تغییرات نرخ رشد و نمو در میان افراد مختلف را نیز نشان داده و ما را قادر می‌سازد تا بتوانیم مراحل مختلف زیستی را در مدت رشد و نمو انطباق دهیم. در حقیقت، تفکیک نرخ زنده مانی به مراحل مختلف زیستی یکی از ویژگی‌های استفاده از تجزیه جدول زندگی دو جنسی ویژه سن- مرحله زیستی است که در روش‌های سنتی تجزیه داده‌های جدول زندگی وجود ندارد.

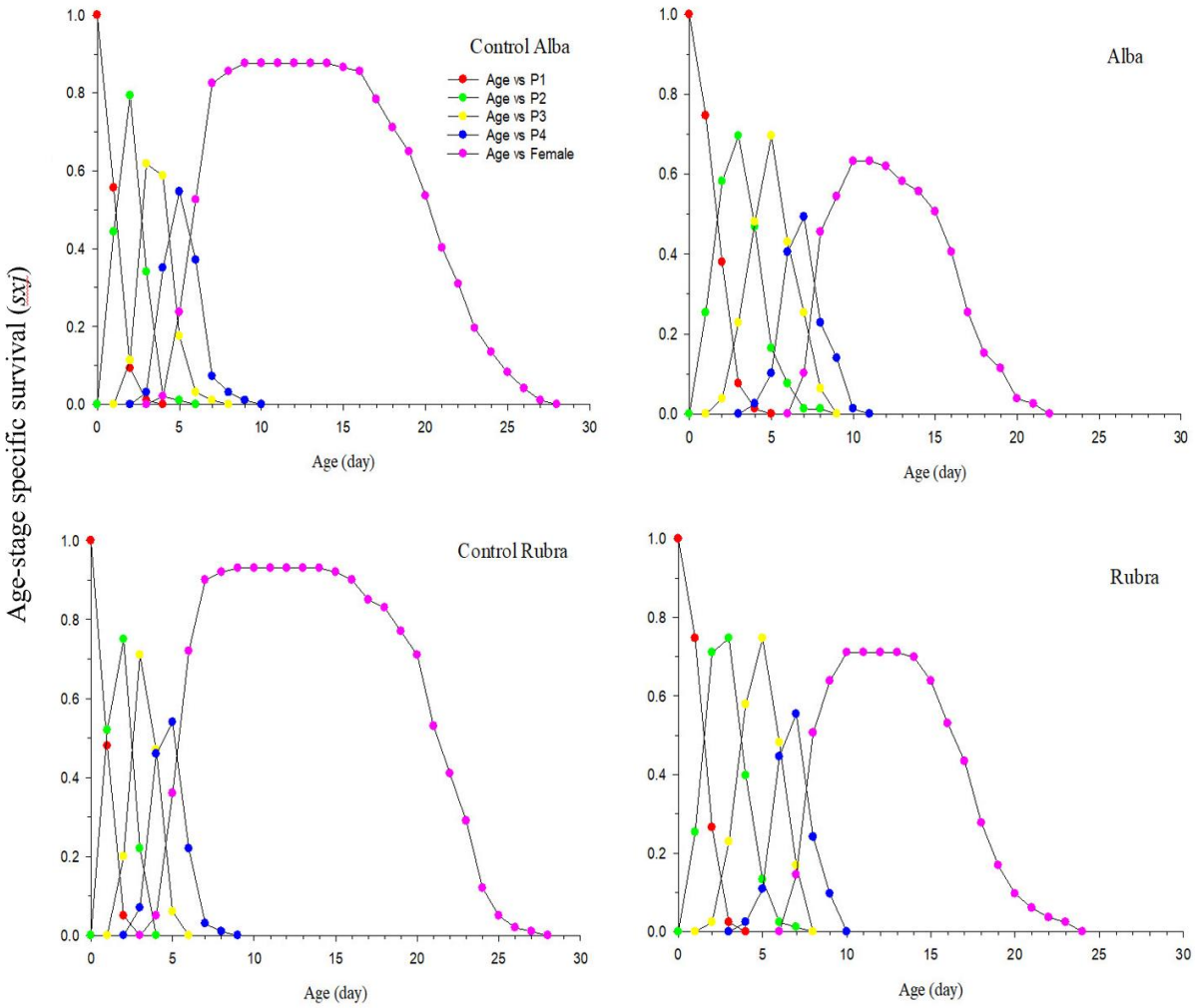
نتایج حاکی از آن است که نرخ بقای ویژه سنی شته مومی کلم در زمان ورود به مرحله حشره کامل ماده، در تیمارهای بوتانافید و شاهد به‌ترتیب در رقم سفید به‌طور میانگین ۶۳ و ۸۷ درصد و در رقم قرمز ۷۱ و ۹۳ درصد بود و کاهش میزان نرخ بقای مرحله ماده بالغ در غلظت زیرکشنده حشره‌کش مورد آزمایش نسبت به شاهد در هر دو رقم مشاهده شد.

اثر غلظت زیرکشنده حشره‌کش بوتانافید روی منحنی امید به زندگی ویژه سن- مرحله رشدی شته مومی‌کلم در کلم سفید و قرمز در شکل ۳ نشان داده شده است. این منحنی مدت زمانی را نشان می‌دهد که امید است هر فرد در سن x و مرحله رشدی j زنده بماند. بر اساس نتایج در هر دو رقم آلبا و روبرا، روز صفر امید به زندگی مرحله زیستی پوره سن یک شته مومی‌کلم تحت تأثیر غلظت زیرکشنده حشره‌کش بوتانافید قرار گرفته و طول آن به ترتیب برابر با ۱۳/۶۹ و ۱۵/۱۰ روز بود که نسبت به شاهد (به ترتیب ۱۹/۵۱ و ۲۰/۷۳ روز) کاهش داشته است.



شکل ۱- اثرات زیرکشنده حشره‌کش بوتانافید روی منحنی‌های نرخ زنده‌مانی ویژه سنی (l_x)، باروری ویژه سن-مرحله رشدی (m_x) و زادآوری ویژه سنی (l_xm_x) شته *Brevycorine brassicae* روی دو رقم کلم

Fig. 1. Sublethal effects of BotanAphid on age-specific survival (l_x), age-stage specific fertility (m_x) and age-specific fertility (l_xm_x) curves of *Brevycorine brassicae* on two cabbage cultivars



شکل ۲- اثرات زیرکشنده حشره‌کش بوتانافید روی نرخ بقا ویژه سن-مرحله رشدی (S_{xj}) شته *Brevycorine brassicae* روی دو رقم کلم

Fig. 2. Sublethal effects of BotanAphid on age-stage specific survival rate (S_{xj}) of *Brevycorine brassicae* on two cabbage cultivars

شاخص ارزش باروری ویژه سنی-مرحله رشدی (v_{xj}) بیانگر میزان سهم هر فرد در ایجاد نسل بعد است. نتایج به‌دست آمده نشان داد که در هر دو رقم کلم سفید و قرمز ارزش تولیدمثلی در ماده‌های تیمار شده با غلظت زیرکشنده حشره‌کش بوتانافید نسبت به شاهد کاهش داشت. بیشترین ارزش تولیدمثلی ماده‌ها در تیمار شاهد مشاهده شد و مقدار آن در رقم‌های آلبا و روبرا به‌ترتیب معادل ۱۹/۱۷ و ۱۷/۷۳ پوره و کمترین مقدار آن در تیمار بوتانافید به‌ترتیب برابر با ۱۲/۰۴ و ۱۳/۰۱ پوره بود. هم‌چنین، با کاهش میزان باروری و بقا، به تدریج از مقدار این فراسنجه نیز کاسته شده و با رسیدن به مرحله پس از پوره‌زایی مقدار آن به صفر رسید (شکل ۴).

تیمار دو رقم آلبا و روبرا با غلظت زیرکشنده حشره‌کش بوتانافید در نرخ ناخالص تولیدمثل *(GRR)* شته مومی کلم نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال آماری پنج درصد ایجاد کرد. نرخ خالص تولیدمثل (R_0) شته مومی کلم در ارقام آلبا و روبرا به‌طور معنی‌داری متاثر از کاربرد حشره‌کش بود و مقدار آن در هر دو رقم در تیمار بوتانافید کمتر از شاهد تخمین زده شد. هم‌چنین، کاربرد غلظت

زیرکشنده حشره‌کش در هر دو رقم تاثیر معنی‌داری بر نرخ ذاتی افزایش جمعیت[1] (r) شته مومی کلم داشت. مقدار این فراسنجه به ترتیب در ارقام آلبا و روبرا در تیمار بوتانافید با میانگین ۰/۲۱۲ و ۰/۲۴۲ بر روز کمتر از شاهد با میانگین ۰/۳۵۳ و ۰/۳۷۶ بر روز بود. نرخ متناهی افزایش جمعیت[2] (λ) شته مومی کلم نیز در هر دو رقم به‌طور معنی‌داری در تیمار بوتانافید کمتر از شاهد به‌دست آمد. به‌علاوه، در رقم آلبا میانگین مدت زمان یک نسل (T) شته مومی کلم در تیمار بوتانافید ۱۱/۵۵ روز محاسبه شد که بیشتر از مقدار آن در شاهد (۹/۹۵ روز) بود؛ در رقم روبرا نیز مقدار این فراسنجه با ۱۱/۷۲ روز در تیمار بوتانافید بیشتر از شاهد با میانگین ۹/۶۵ روز به‌دست آمد و در هر دو رقم مقدار آن در تیمار بوتانافید اختلاف معنی‌دار با شاهد داشت (جدول ۴).

بحث

بر اساس نتایج حاصل از زیست‌سنجی، شته‌کش گیاهی بوتانافید اثر حشره‌کشی مطلوبی روی شته مومی کلم داشت که با مطالعه‌های دیگر در زمینه خاصیت حشره‌کشی اسانس‌ها، عصاره‌ها و ترکیبات مختلف گیاهی ثبت شده روی آفات مطابقت دارد. اسانس‌های گیاهی منبع مواد فعال حشره‌کش‌های گیاهی علیه شته‌ها هستند و کارایی متفاوتی علیه شته‌ها نشان می‌دهند، به طوری که اسانس‌های گیاهی مربوط به ۷۵ گونه گیاهی با کارایی تماسی و ۴۳ گونه گیاهی با اثر تدخینی روی شته‌ها موثر هستند (Ikbal and Pavela, 2019). در تحقیقات متعددی سمّیت حاد اسانس‌های گیاهی مختلف روی شته مومی کلم بررسی و اثبات شده است. اسانس آویشن معمولی (*T. vulgaris* L.) در مقایسه با دو اسانس گیاهی دیگر تاثیر کشندگی و کاهش باروری بیشتری را در حشرات کامل شته مومی کلم ایجاد کرد و برای کنترل جمعیت آن توصیه شده است (Gorur et al., 2008). با این حال، آویشن کرمانی *T. carmanicus* Jalas در مقایسه با اسانس پرتقال *Citrus sinensis* (L.) Osbeck، هل *Elettaria cardamomum* (L.) Maton، دارچین *Cinnamomum zeylanicum* Blume و رازیانه *Foeniculum vulgare* Mill. سمیت حاد و دورکنندگی متوسطی روی شته مومی کلم داشت (Jahan et al., 2016).

مطالعه اثر تماسی اسانس آویشن باغی *T. kotchyanus* L. و مرزه *Satureja hortensis* L. روی شته مومی کلم نشان داد که اسانس آویشن باغی مقدار LC_{50} کمتری داشته و نسبت به اسانس مرزه سمیت بیشتری روی آفت داشت (Jarrahi and Safavi, 2015). تفاوت در نوع و میزان اسانس‌ها در گونه‌های مختلف گیاهی دلیل این تفاوت در میزان تاثیر اسانس‌ها است.

جدول ٤- اثرات زیرکشندگی (LC_{25}) حشره‌کش بوتانافید بر فراسنجه‌های رشد جمعیت (میانگین ± خطای معیار)حشرات کامل شته *Brevicoryne brassicae* در دو رقم کلم

Table 4. Sublethal effects (LC_{25}) of BotanAphid insecticide on the population growth parameters (mean ± standard error) of *Brevicoryne brassicae* adults in two cabbage cultivars

cultivar	Treatments	R_0 (offspring)	GRR (offspring)	r (d^{-1})	λ (d^{-1})	T (d)
alba	BotanAphid	11.62±1.16^{b}	19.89± 0.95^{b}	0.212± 0.009^{b}	1.23± 0.01^{b}	11.55± 0.21^{a}
	Control	33.65±1.52^{a}	42.43± 0.98^{a}	0.353± 0.007^{a}	1.42± 0.01^{a}	9.95± 0.17^{b}
rubra	BotanAphid	17.12±1.4^{b}	28.67± 1.7^{b}	0.242± 0.007^{b}	1.27± 0.009^{b}	11.72± 0.17^{a}
	Control	37.96±1.31^{a}	44.79± 1.08^{a}	0.376± 0.007^{a}	1.45± 0.01^{a}	9.65± 0.15^{b}

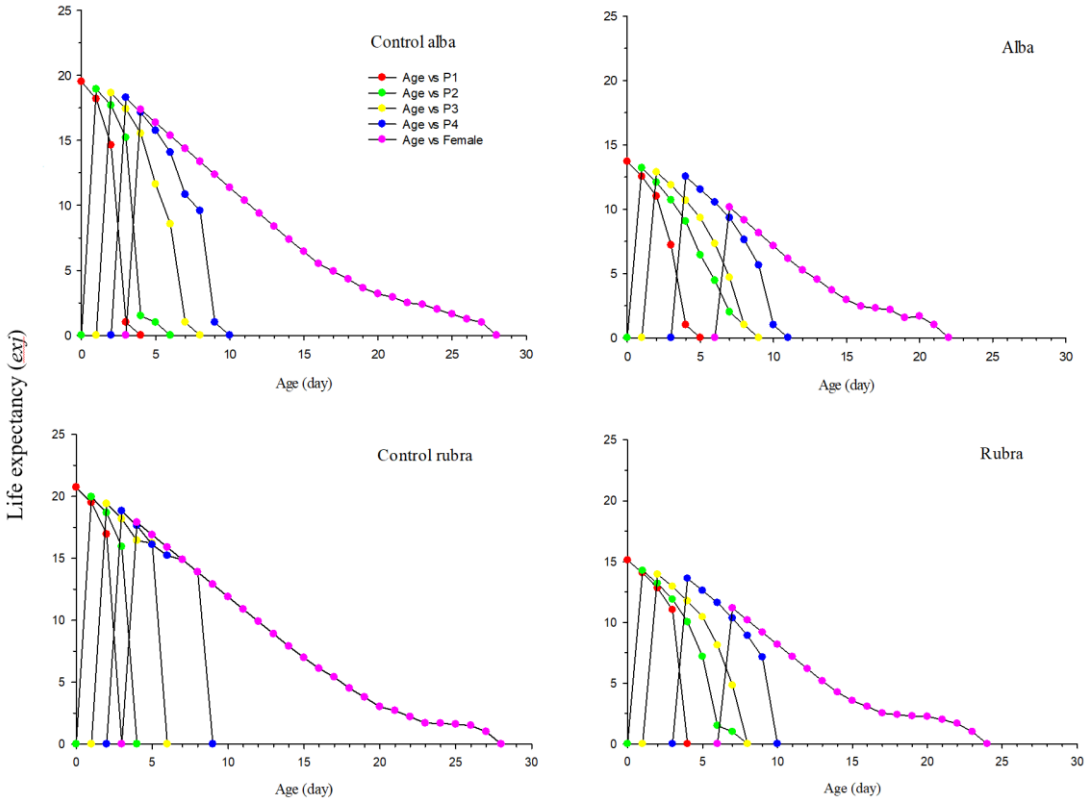
*Different letters in each column of each cultivar indicate significant differences between treatments at the 5% level based on the bootstrap method with 100,000 repetitions, (R_0: Net reproductive rate, GRR: Gross reproductive rate, r: Intrinsic rate of increase, λ: Finite rate of population increase, T: Mean generation time)

1- Intrinsic rate of increase

2- Finite rate of increase

به‌دلیل ترکیبی بودن بوتانافید از اسانس آویشن و رزماری به‌علاوه روغن چریش، امکان مقایسه دقیق با بررسی‌های دیگر با مطالعه جداگانه تاثیر اسانس‌ها یا عصاره‌های گیاهی وجود ندارد. در تحقیق دیگری، اسانس رزماری *S. rosemarinus*، در مقایسه با اسانس اسطوخودوس *Lavandula augustifolia* Mill.، نعناع گربه‌ای *Nepeta cataria* L.، و مرزنگوش *Origanum majorana* L. اثر کشندگی کمتری در شته مومی کلم ایجاد کرد (Pavela, 2006). علاوه بر این، با کاربرد اسانس باریجه *Ferula gummosa* Boiss. روی حشرات کامل شته مومی کلم، مقدار LC_{50} معادل ۶/۳۱ میکرولیتر بر لیتر هوا به‌دست آمد (Kiani et al,. 2024). اسانس برگ‌بو *Laurus nobilis* L. با غلظت ۳۰ میکرولیتر بر هر میلی‌لیتر هوا توانست ۵۲ درصد تلفات در شته مومی کلم ایجاد کند. بیشترین ترکیب حشره‌کش موجود در آن ۱و۸-سینئول* گزارش شد (Kahan et al., 2008).

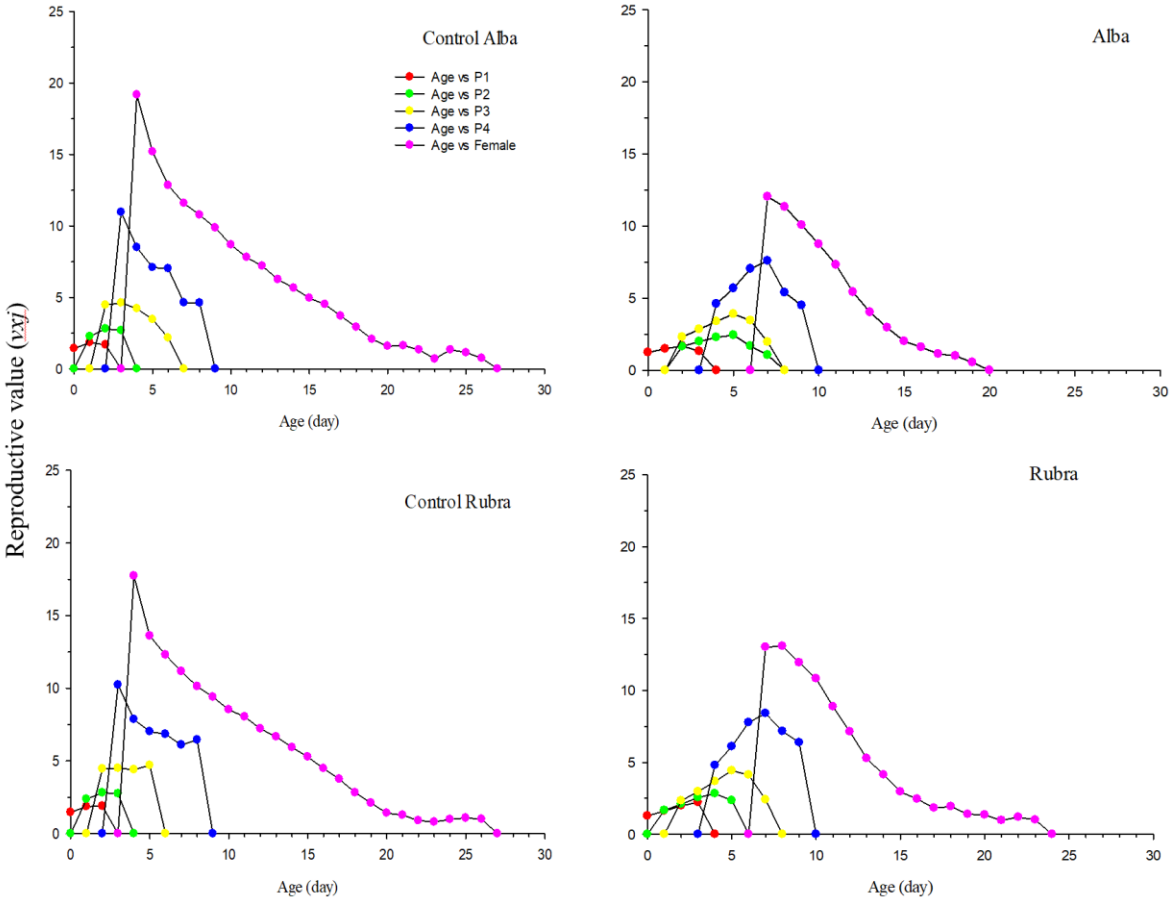
علاوه بر اسانس‌ها، عصاره‌های گیاهی نیز در کنترل شته مومی کلم کارایی مناسبی دارند. بررسی تأثیر عصاره‌های گیاهی مشتق از رزماری، کلزا و درخت سوسیس *Kigelia africana* (Lam.) Benth روی شته مومی‌کلم و زنبور پارازیتوئید آن *Diaeretiella rapae* M'Intosh (از خانواده Braconidae) نشان داد که ترکیبات گیاهی آزمایش شده ضمن داشتن اثر حشره‌کشی مناسب روی آفت مورد نظر، در مقایسه با حشره‌کش‌های شیمیایی تیامتوکسام، استامی‌پراید و اسپینتورام سمیت کمتری روی زنبور پارازیتوئید داشتند (Abdu-Allah, 2017).



شکل ۳- اثرات زیرکشنده حشره‌کش بوتانافید روی منحنی امید به زندگی سن-مرحله رشدی (e_{xj}) شته *Brevycorine brassicae* روی دو رقم کلم

Fig. 3. Sublethal effects of BotanAphid on age-stage life expectancy curve (e_{xj}) of *Brevycorine brassicae* on two cabbage cultivars

* 1.8-Cineole



شکل ٤- اثرات زیرکشنده حشره‌کش بوتانافید روی ارزش تولیدمثل ویژه سنی- مرحله رشدی (v_{xj}) شته *Brevycorine brassicae* روی دو رقم کلم

Fig. 4. Sublethal effects of BotanAphid on age-stage specific reproductive value (v_{xj}) of *Brevycorine brassicae* on two cabbage cultivars

در مطالعه دیگری، آلکالوئیدهای پوست مرکبات + اسیدهای چرب، عصاره‌های گیاهی و روغن چریش کارایی کنترل مناسبی روی شته مومی کلم نشان دادند (Thapa and Shrestha, 2022). در تحقیق دیگری، بررسی اثر حشره‌کشی عصاره دانه زیتون تلخ و پوست لیموترش روی شته مومی کلم نشان داد کاربرد عصاره اتانولی میوه زیتون تلخ در غلظت ۸۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر پس از ۳۶ ساعت باعث ۱۰۰ درصد مرگ و میر روی شته‌ها می‌شود که در مقایسه با عصاره پوست لیموترش به طور معنی‌داری بیشتر بود (Pahlavan Yali and Mohammadi Anaii, 2017).

تأثیر ترکیب گیاهی (شامل عصاره سیر، پیاز و فلفل) و عصاره بذر چریش (۰/۰۳ درصد) در مقایسه با چند حشره‌کش شیمیایی و زیستی شامل ایمیداکلوپراید، لوفنورون، مالاتیون، دیمتوات، پروفنوفوس و اسپینوزاد روی شته مومی کلم در اتیوپی بررسی شد. به طور جالب توجهی، کارایی متوسط ترکیب گیاهی (۹۳/۸ درصد) در کنترل جمعیت آفت بیشتر از کارایی متوسط ایمیداکلوپراید (با ۹۱ درصد) و عصاره چریش (۷۹/۲ درصد) بود. این حشره‌کش‌ها به‌ترتیب خطر کمتری برای کفشدوزک هفت‌نقطه‌ای *Coccinella septempunctata* L. داشتند (Shonga and Getu, 2021).

بعضی از ترکیبات گیاهی فرموله شده و حشره‌کش‌های گیاهی ثبت شده نیز در کنترل شته مومی کلم ارزیابی شده و کارایی آنها تایید شده است. آویشن و آزادیراختین از ترکیبات موجود در ساختار شته‌کش بوتانافید هستند. بررسی اثر تماسی نانوکپسول آویشن دنایی *T. daenensis* Celak. روی شته مومی کلم نشان داد که این فرمولاسیون سمیت حاد بسیار بیشتری نسبت به اسانس خالص داشت (Heidary et al., 2020). هم‌چنین، اثر غلظت‌های کاهش یافته آزادیراختین با جذب از طریق ریشه‌های گیاه کلزا روی شته مومی کلم بررسی شد. این حشره‌کش گیاهی موجب کاهش زنده‌مانی و باروری حشره آفت شد، اما تأثیری بر طول دوره رشد و نمو مراحل نابالغ آن نداشت (Pavela et al., 2004). کارایی کشندگی و تاثیر دو فرمولاسیون نیم شامل گرانول‌های هفت درصد نیم‌آزال و نیم‌آزال – تی* (حاوی یک درصد آزادیراختین) از طریق سیستمیک جذب از ریشه روی شته مومی کلم در گیاه کلم بروکسل ارزیابی شد. نتایج نشان داد که فرمولاسیون گرانول با رهایش تدریجی، کارایی بالایی در کنترل شته داشته و زمان بیشتری در حفاظت گیاه ارایه داده و ضمن کاهش نرخ بقای شته، باروری آنها را نیز کاهش داد (Karanja et al., 2023). سمیت حاد حشره‌کش گیاهی ماترین (Matrine®) روی شته مومی کلم بررسی شد و مقدار LC_{50} آن در حشرات کامل آفت ۸۳/۳۴ میکرولیتر بر لیتر بدست آمد (Amirfanak et al., 2023). علاوه بر این، کاربرد آزمایشگاهی و مزرعه‌ای دو حشره‌کش گیاهی آزادیراختین (Azamax®) و اکسی ماترین (Matrine®)، سمیت حاد آنها علیه شته مومی کلم و حساسیت قابل توجه حشرات کامل و به‌خصوص پوره‌های آفت به آنها را نشان داد. هر دو حشره‌کش تعداد نتاج و میزان عسلک تولید شده به وسیله حشرات بالغ ماده شته را کاهش دادند. هم‌چنین، این حشره‌کش‌های گیاهی روی ماده‌های بالغ اثر دور کنندگی داشتند. با این حال، تاثیر معنی‌داری روی زنده‌مانی شکارگرها (کفشدوزک‌ها، بالتوری‌ها و مگس‌های سیرفید) نداشتند (Zanardi et al., 2024). مقایسه کلی نتایج فوق نشان دهنده کارایی خوب دو اسانس آویشن و رزماری و عصاره نیم (آزادیراختین) در تحقیقات مختلف است. بنابراین، بوتانافید با ترکیب این اسانس و عصاره‌ها می‌تواند کنترل بهتری روی شته‌های آفت به خصوص شته مومی کلم داشته باشد.

در تحقیق حاضر، فراسنجه‌های جدول زندگی شته مومی کلم در هر دو رقم کلم سفید و قرمز به طور معنی‌داری تحت تاثیر غلظت‌های زیرکشنده شته‌کش گیاهی بوتانافید کاهش یافت. هر چند تحقیقی در زمینه تاثیر زیرکشنده بوتانافید روی شته‌ها وجود ندارد، با این حال، بعضی از حشره‌کش‌های گیاهی روی فراسنجه‌های جدول زندگی شته مومی کلم بررسی شده‌اند. در یک مطالعه، اثرات کشنده و زیرکشنده حشره‌کش گیاهی ماترین روی شته مومی‌کلم بررسی شد؛ نتایج تحقیق نشان داد که طول عمر و باروری شته‌های بالغ در غلظت زیرکشنده حشره‌کش نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری کمتر بود. میانگین طول دوره پوره‌زایی شته‌های بالغ تحت تأثیر غلظت‌های زیرکشنده حشره‌کش ماترین از ۸/۹۲ روز در شاهد به ۳/۹۷ روز در LC_{25} کاهش یافت (Amirfanak et al., 2023). هم‌چنین، به طور مشابه، غلظت زیرکشنده این آفتکش، نرخ خالص تولیدمثل (R_0) از ۲۳/۹۶ پوره به ازای هر ماده در هر نسل در تیمار شاهد را به ۳/۲۶ پوره کاهش داد. نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) در غلظت زیرکشنده حدود ۳/۵ برابر کاهش یافته و از ۰/۳۶ برروز در شاهد به ۰/۱ بر روز در تیمار حشره‌کش رسید. به طور مشابه، در تحقیق حاضر نیز غلظت زیرکشنده شته‌کش بوتانافید موجب کاهش ۳/۵ تا ۴ برابری نرخ ذاتی افزایش جمعیت در مقایسه با شاهد در رقم‌های قرمز و سفید کلم شد. سایر فراسنجه‌ها مانند نرخ

* NeemAzal® and NeemAzal®-T

متناهی افزایش جمعیت (λ) و نرخ ناخالص تولیدمثل (GRR) نیز به طور معنی‌داری نسبت به شاهد کمتر شدند. میانگین طول یک نسل (T) تحت تأثیر حشره‌کش ماترین نسبت به شاهد افزایش یافت. در تحقیق حاضر نیز طول دوره یک نسل آفت تحت تاثیر غلظت LC_{25} بوتانافید به میزان ۱۶ و ۲۱/۴۵ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. در پژوهش دیگری، اثرات زیرکشنده حشره‌کش‌های زیستی نیم‌آزال، تنداکسیر و پالیزین و حشره‌کش شیمیایی تیامتوکسام روی فراسنجه‌های رشد جمعیت پایدار شته مومی کلم بررسی شد. شته‌های تیمار شده با غلظت زیرکشنده (LC_{30}) حشره‌کش‌های موردمطالعه از طول عمر، باروری و دوره تولیدمثلی کمتری نسبت به شاهد برخوردار بودند. چنین روندی در بررسی اثر غلظت زیرکشنده بوتانافید روی شته مومی کلم در تحقیق حاضر نیز مشهود بود. مقدار فراسنجه‌های رشد جمعیت پایدار در تیمار حشره‌کش‌های زیستی به طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد کمتر بود، با این حال، نیم‌آزال تاثیر بهتری از تنداکسیر و پالیزین داشت (Shahmohammadi et al., 2023).

به طور مشابه، در بررسی اثرات زیرکشنده حشره‌کش‌های گیاهی پالیزین® و تنداکسیر® روی شته مومی‌کلم در گیاه کلزا نتایج نشان داد که همه فراسنجه‌های جدول زندگی شته‌های تیمار شده با LC_{30} این حشره‌کش‌ها در مقایسه با شاهد، به‌طور منفی تحت تأثیر قرار گرفت. نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) برای شاهد ۰/۰۰۳±۰/۲۷، پالیزین ۰/۰۰۸±۰/۲۱ و تنداکسیر ۰/۰۰۷±۰/۲ بر روز به دست آمد. نرخ خالص تولیدمثل و نرخ ذاتی تولیدمثل در هر دو تیمار حشره‌کش در مقایسه با تیمار شاهد کاهش یافت. افزایش نسبی در میزان مرگ و میر ذاتی جمعیت شته‌های تیمارشده با حشره‌کش‌ها مشاهده شد. میانگین زمان تولید و زمان دو برابر شدن نیز در جمعیت تیمارشده با حشره‌کش‌ها کمتر از گروه شاهد بود. کاهش معنی‌داری در میانگین تعداد پوره‌های تولید شده در هر شته ماده نسبت به شاهد مشاهده شد. میانگین طول عمر ماده‌های بالغ در شاهد با تیمارهای حشره‌کش‌ها تفاوت معنی‌داری داشت (Romasi et al., 2021). در یک تحقیق، فعالیت حشره‌کشی عصاره خام گیاه *T. minuta*، روی شته مومی کلم ارزیابی شد که با افزایش غلظت، کاهش قابل توجهی در باروری مشاهده گردید (Phoofolo et al., 2013). علاوه بر این، اثر غلظت‌های پایین آفتکش گیاهی آزادیراختین در تیمار سیستمیک از بافت‌های ریشه گیاه کلزا *Brassica napus* بر تلفات، دوره نمو، طول عمر و باروری شته مومی کلم بررسی شد. نتایج نشان داد که مرگ و میر پوره‌های این شته، با افزایش غلظت به‌طور قابل توجهی افزایش یافت و آزادیراختین هیچ تاثیری بر طول دوره رشد مراحل نابالغ مربوطه شته کلم نداشت. هم‌چنین، این آفت‌کش گیاهی، میانگین طول عمر، مدت زمان تغذیه و میزان باروریشته‌های کلم راکاهش داد. (Pavela et al., 2004). فرمولاسیون نانوکپسوله غلظت زیرکشنده (LC_{25}) آویشن دنایی باعث کاهش معنی‌دار فراسنجه‌های جدول زندگی شته مومی کلم شد. نرخ افزایش ذاتی جمعیت تیمار شده برابر با ۰/۱۶ بر روز بود که در مقایسه با نرخ افزایش ذاتی جمعیت شاهد (۰/۲۹ بر روز) افت معنی‌داری داشت. سایر فراسنجه‌های جمعیت هم کاهش قابل توجهی نسبت به شاهد نشان دادند (Heidary et al., 2020). در استفاده از غلظت‌های زیرکشنده (LC_{20}) اسانس باریجه *F. gummosa* روی حشرات کامل شته مومی کلم، فراسنجه‌های جدول زندگی باروری آفت کاهش آماری معنی‌داری نسبت به شاهد داشتند (Kiani et al., 2024).

بر اساس نتایج حاصل از تحقیق حاضر، حشره‌کش بوتانافید با حصول مقدار LC_{50} حدود یک سوم مقدار توصیه شده در برچسب شته‌کش، اثر کشندگی مطلوبی روی شته مومی‌کلم در هر دو رقم کلم سفید و قرمز نشان داد. هم‌چنین، غلظت زیرکشنده (LC_{25}) بوتانافید با تاثیر

بر فراسنجه‌های جدول زندگی باروری این آفت در هر دو رقم نشان داد که تمامی فراسنجه‌ها و به‌خصوص نرخ ذاتی افزایش (r) به عنوان مهم‌ترین فراسنجه، معادل ۴۰ و ۳۵/۵ درصد در مقایسه با شاهد مربوط کاهش یافت. این نتایج نشان می‌دهد که بوتانافید حشره‌کش مناسبی برای کاربرد در برنامه مدیریت تلفیقی شته مومی کلم است. همچنین، این حشره‌کش به‌دلیل منشا گیاهی، اثرات منفی زیست‌محیطی ناشی از حشره‌کش‌های شیمیایی را نداشته و می‌توان با اطمینان بیشتری از آن روی محصولات تازه‌خوری مانند کلم استفاده کرد. البته قبل از توصیه به استفاده وسیع از بوتانافید، انجام تحقیقات بیشتر روی کارایی این حشره‌کش در شرایط گلخانه‌ای و مزرعه‌ای و هم‌چنین بررسی اثر آن روی سایر آفات، دشمنان طبیعی، محصولات گیاهی و اثرات جانبی زیست‌محیطی احتمالی ضروری است.

سپاس‌گزاری

از دانشگاه ارومیه به دلیل حمایت مالی از انجام این پژوهش در قالب پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد نویسنده اوّل تشکر و قدردانی می‌شود.

References

Abdu-Allah, G. A.-L. M. (2017). Selective toxicity of certain recent insecticides and botanical extracts to *Diaeretiella rapae* parasitoid and its host, *Brevicoryne brassicae*. *Egyptian Scientific Journal of Pesticides, 3(2)*, 1-10.

Ahmad, M., & Akhtar, S. (2013). Development of insecticide resistance in field populations of *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae) in Pakistan. *Journal of Economic Entomology*, *106*, 954-959. DOI: DOI: https://doi.org/10.1603/ec12233

Amirfanak, V., Safavi, S. A., & Forouzan, M. (2023). Study on the life table parameters of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) influenced by sublethal concentrations of the matrine. *Plant Protection, 45(4)*, 19-35. DOI: https://doi.org/10.22055/ppr.2022.17991. (In Farsi)

Björkman, M., Klingen, I., Birch, A. N., Bones, A. M., Bruce, T. J., Johansen, T. J., Meadow, R., Mølmann, J., Seljåsen, R., & Smart, L. E. (2011). Phytochemicals of Brassicaceae in plant protection and human health–Influences of climate, environment and agronomic practice. *Phytochemistry, 72(7)*, 538-556. DOI: https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2011.01.014.

Blackman, R. L., & Eastop, V. F. (2000). Aphids of the World's Crops: An Indentification and Information Guide. (2nd ed.). John Wiley and Sons, London.

Brito, W. A. d., Siquieroli, A. C. S., Andaló, V., Duarte, J. G., Sousa, R. M. F. d., Felisbino, J. K. R. P., & Silva, G. C. d. (2021). Botanical insecticide formulation with neem oil and D-limonene for coffee borer control. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, 56*, 1-9. DOI: https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2021.v56.02000.

Chen, N. (1990). Pesticide bioassay technology, Beijing: Beijing Agricultural University Press**:** 95-109.

Chi, H., & Liu, H. (1985). Two new methods for the study of insect population ecology. *Bulletin of the Institute of Zoology, Academia Sinica, 24(2)*, 225-240.

Chi, H. (1988). Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. *Environmental Entomology*, *17(1)*, 26-34. DOI: https://doi.org/10.1093/ee/17.1.26

Chi, H. (2020). TWOSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis. http://140.120.197.174/Ecology/download/ TWOSEX-MSChart.rar

Cutler, G. C. (2013). Insects, insecticides and hormesis: evidence and considerations for study. *Dose-response, 11(2)*, 154-178. DOI: https://doi.org/10.2203/dose-response.12-008.Cutler.

Desneux, N., Decourtye, A., & Delpuech, J.-M. (2007). The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology, 52*, 81-106. DOI: https://doi.org/10.1146/annurev.ento.52.110405.091440.

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 accessions for resistance to *Brevicoryne brassicae*. *Euphitica*, *103*, 149-160. DOI: https://doi.org/10.1023/A:1018342101069

Gerszberg, A. (2018). Tissue culture and genetic transformation of cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*): an overview. *Planta, 248*, 1037-1048. DOI: https://doi.org/10.1007/s00425-018-2961-3.

Gorur, G., Abdullah, M. I., & Isik, M. (2008). Insecticidal activity of the *Thymus*, *Veronica* and *Agrimonia*'s essential oils against the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae*. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, *43(1)*, 201-208. DOI: 10.1556/APhyt.43.2008.1.19

Grdiša, M., & Gršić, K. (2013). Botanical insecticides in plant protection. *Agriculturae conspectus scientificus, 78(2)*, 85-93.

Heidary, M., Jafary, Sh., Karimzadeh, J., Negahban, M., & Shakarami, J. (2020). The effects of pure and nanocapsulated formulations of *Thymus daenensis* Celak. (Lamiaceae) essential oil on life-table parameters of cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae* L.) (Hem.: Aphididae). *Plant Pest Research*, *10(2)*, 15-32. DOI: 10.22124/iprj.2020.4289

Hernandez-Moreno, D., De La Casa-Resino, I., Lopez-Beceiro, A., Fidalgo, L., Soler, F., & Perez-Lopez, M. (2013). Secondary poisoning of non-target animals in an Ornithological Zoo in Galicia (NW Spain) with anticoagulant rodenticides: a case report. *Veterinarni Medicina, 58(10)*, 553-559. DOI: https://doi.org/10.17221/7087-VETMED.

Iftikhar, A., Hafeez, F., Aziz, M. A., Hashim, M., Naeem, A., Yousaf, H. K., Saleem, M. J., Hussain, S., Hafeez, M., & Ali, Q. (2022). Assessment of sublethal and transgenerational effects of spirotetramat, on population growth of cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* L.(Hemiptera: Aphididae). *Frontiers in Physiology, 13*, 2461-2473. DOI: https://doi.org/10.3389/fphys.2022.1014190.

Ikbal, C., & Pavela, R. (2019). Essential oils as active ingredients of botanical insecticides against aphids. *Journal of Pest Science, 92*, 971-986. DOI: https://doi.org/10.1007/s10340-019-01089-6

Isman, M. B. (1997). Neem and other botanical insecticides: barriers to commercialization. *Phytoparasitica, 25*, 339-344. DOI: https://doi.org/10.1007/BF02981099.

Isman, M. B., Wilson, J. A., & Bradbury, R. (2008). Insecticidal activities of commercial rosemary oils (*Rosmarinus officinalis*.) against larvae of *Pseudaletia unipuncta*. and *Trichoplusia ni*. in relation to their chemical compositions. *Pharmaceutical Biology, 46(1-2)*, 82-87. DOI: https://doi.org/10.1080/13880200701734661.

Jahan, F., Abbasipour, H., & Hasanshahi, G. (2016). Fumigant toxicity and nymph production deterrence effect of five essential oils on adults of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* L. (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, *19(5)*, 1111-1118. DOI: http://dx.doi.org/10.1080/0972060X.2014.935032

Jarrahi, A., and Safavi, S. A. (2015). Contact toxicity of *Thymus kotchyanus* and *Satureja hortensis* oils on *Brevicoryne brassicae* Linnaeus (Hem., Aphididae) in closed experimental system. 1st Iranian International Congress of Entomology, 29-31 August. Tehran, pp. 287-291.

Joseph, B., & Sujatha, S. (2012). Insight of botanical based biopesticides against economically important pest. *International Journal of Pharmacy & Life Sciences, 3(11)*, 2138-2148.

Kahan, A., Padín, S., Ricci, M., Ringuelet, J., Cerimele, E., Ré, S., Henning, C., & Basso, I. (2008) Toxic activity of laurel essential oil and cineoleon *Brevicoryne brassicae* L. over cabbage. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo*, *40*, 41-48.

Karakaş, M. (2017). Use of Aromatic Plant Extracts as Bio-insecticides for the Control of Stored-Product Insect, *Sitophilus granarius*. *International Journal of Entomology Research, 2(1)*, 27-29.

Karanja, J., Pallmann, P., & Poehling, H.-M. (2023). Systemic slow-release neem formulations: the future of cabbage aphids, *Brevicoryne brassicae* control. *Open Access Library Journal*, 10, e10158. DOI: https://doi.org/10.4236/oalib.1110158

Kiani, M., Karimi, J., Abbasipour, H. & Askarianzadeh, A. (2024). Fumigant toxicity of essential oil of the Galbanum, *Ferula gummosa* on biological parameters of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* L. (Hemipera: Aphididae). *Journal of Phytoallexins*, *1(1)*, 35-50.

Küçükaydın, S., Tel-Çayan, G., Duru, M. E., Kesdek, M., & Öztürk, M. (2021). Chemical composition and insecticidal activities of the essential oils and various extracts of two *Thymus* species: *Thymus cariensis* and *Thymus cilicicus*. *Toxin Reviews, 40(4)*, 1461-1471. DOI: https://doi.org/10.1080/15569543.2020.1731552.

Lashkari, M. R., Sahragard, A., & Ghadamyari, M. (2007). Sublethal effects of imidacloprid and pymetrozine on population growth parameters of cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* on rapeseed, *Brassica napus* L. *Insect Science, 14(3)*, 207-212. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2007.00145.x.

Lengai, G. M., Muthomi, J. W., & Mbega, E. R. (2020). Phytochemical activity and role of botanical pesticides in pest management for sustainable agricultural crop production. *Scientific African, 7*, 1-30. DOI: https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00239.

Lu, C., Chang, C.-H., Palmer, C., Zhao, M., & Zhang, Q. (2018). Neonicotinoid residues in fruits and vegetables: an integrated dietary exposure assessment approach. *Environmental Science & Technology, 52(5)*, 3175-3184. DOI: https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.7b05596.

Mahmood, I., Imadi, S. R., Shazadi, K., Gul, A., & Hakeem, K. R. (2016). Effects of pesticides on environment. *Plant, Soil and Microbes, 1*, 253-269. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-27455-3_13.

Mahmoodi, L., Mehrkhou, F., Guz, N., Forouzan, M., & Atlihan, R. (2020). Sublethal effects of three insecticides on fitness parameters and population projection of *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Economic Entomology, 113(6)*, 2713-2722. DOI :https://doi.org/10.1093/jee/toaa193.

Miresmailli, S., & Isman, M. B. (2006). Efficacy and persistence of rosemary oil as an acaricide against twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) on greenhouse tomato. *Journal of Economic Entomology, 99(6)*, 2015-2023. DOI: https://doi.org/10.1093/jee/99.6.2015.

Nawaz, M., Mabubu, J. I., & Hua, H. (2016). Current status and advancement of biopesticides: microbial and botanical pesticides. *Journal of Entomology and Zoology Studies, 4(2)*, 241-246.

Pahlavan Yali, M. & Mohammadi Anaii, M. (2017). Studying, the insecticidal effects of *Melia azedarach* and *Citrus limonum* extracts on two aphid species. Journal of Plant Protection, *31 (3)*, 496-504. DOI: https://doi.org/10.22067/JPP.V31I3.58927

Pavela, R. (2006). Insecticidal activity of essential oils against cabbage aphid *Brevicoryne brassicae*. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, *9(2)*, 99-106. DOI: http://dx.doi.org/10.1080/0972060X.2006.10643479

Pavela, R. (2007). Possibilities of botanical insecticide exploitation in plant protection. *Pest Technology, 1(1)*, 47-52.

Pavela, R., Barnet, M., & Kocourek, F. (2004). Effect of azadirachtin applied systemically through roots of plants on the mortality, development and fecundity of the cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae*). *Phytoparasitica, 32*, 286-294. DOI: https://doi.org/10.1007/BF02979823.

Pavela, R., Bartolucci, F., Desneux, N., Lavoir, A.-V., Canale, A., Maggi, F., & Benelli, G. (2019). Chemical profiles and insecticidal efficacy of the essential oils from four *Thymus taxa* growing in central-southern Italy. *Industrial Crops and Products, 138*, 111460-111475. DOI: https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.06.023.

Pavela, R., Benelli, G., Canale, A., Maggi, F., & Mártonfi, P. (2020). Exploring essential oils of Slovak medicinal plants for insecticidal activity: The case of *Thymus alternans* and

Teucrium montanum subsp. *jailae*. *Food and Chemical Toxicology, 138*, 111203. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111203.

Phoofolo, Mabaleha, & Mekbib (2013). Laboratory assessment of insecticidal properties of *Tagetes minuta* crude extracts against *Brevicoryne brassicae* on cabbage. *Journal of Entomology and Nematology, 5(6)*, 70-76. DOI: https://doi.org/10.5897/JEN2013.0080.

Rajabi, h., Safavi, S. A., & Forouzan, M. (2022a). Biological parameters of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae*, encountering the sublethal concentration (LC_{25}) of chlorfluazuron. *Plant Pest Research, 12(2)*, 21-34. DOI: https://doi.org/10.22124/iprj.2022.5792. (In Farsi)

Rajabi, H., Safavi, S. A., & Forouzan, M. (2022b). Effect of very low concentration (LC_{10}) of chlorfluazuron insecticide on life table parameters of the cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Entomological Society of Iran, 41(4)*, 351-363. DOI: https://doi.org/10.22117/jesi.2022.358653.1459. (In Farsi)

Romasi, F., Vahedi, H., Moeeni Naghadeh, N., & Mahmoudvand, M. (2021). The effect of botanical insecticides Palizin® and Tondexir® on cabbage waxy aphid, *Brevicoryne brassicae* L. under laboratory conditions. *Plant Protection* (*Scientific Journal of Agriculture*), *43(4)*, 71-89. DOI: https://doi.org/10.22055/ppr.2021.16763. (In Farsi)

Šamec, D., Urlić, B., & Salopek-Sondi, B. (2019). Kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) as a superfood: Review of the scientific evidence behind the statement. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 59(15)*, 2411-2422. DOI: https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1454400.

Saroukolai, A. T., Moharramipour, S.& Meshkatalsadat, M. H. (2010). Insecticidal properties of *Thymus persicus* essential oil against *Tribolium castaneum* and *Sitophilus oryzae*. *Journal of pest science, 83*, 3-8. DOI: https://doi.org/10.1007/s10340-009-0261-1.

Shahmohammadi, S., Lashkari, M., Zohdi, H., Memarizadeh, N.& Mehrparvar, M. (2023). Sublethal effects of some biorational pesticides on population growth parameters of cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae*. *Journal of Crop Protection, 12(4)*, 403-413.

Shonga E., & Getu, E. (2021). Efficacy of plant derived and synthetic insecticides against cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.) (Homoptera: Aphididae) and their effect on coccinellid predators. *Ethiopian Journal of Science*, *44(1)*, 27-37. DOI: https://dx.doi.org/10.4314/sinet.v44i1.3

Soković, M., Glamočlija, J., Marin, P. D., Brkić, D.& Van Griensven, L. J. (2010). Antibacterial effects of the essential oils of commonly consumed medicinal herbs using an in vitro model. *Molecules, 15(11)*, 7532-7546. DOI: https://doi.org/10.3390/molecules15117532.

Stark, J. D., & Bank, J. E. (2003). Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. *Annual Review of Entomology*, *48*, 505-519. DOI: 10.1146/annurev.ento.48.091801.112621

Stark J. D., & Wennergren U. (1995). Can population effects of pesticides be predicted from demographic toxicological studies? *Journal of Economic Entomology*, *88*, 1089–1096. DOI: https://doi.org/10.1093/jee/88.5.1089

Taheri-Sarhozaki, M., & Safavi, S. A. (2014a). Sub-lethal effects of tiametoxam on life table parameters of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.)(Hemiptera: Aphididae) under laboratory conditions. *Archives of Phytopathology and Plant Protection, 47(4)*, 508-515. DOI: https://doi.org/10.1080/03235408.2013.81314.

Taheri-Sarhozaki, M., & Safavi, S. A. (2014b). Population growth parameters of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.)(Hemiptera: Aphididae), exposed to sublethal doses of thiacloprid. *Archives of Phytopathology and Plant Protection, 47(4)*, 464-471. DOI: https://doi.org/10.1080/03235408.2013.812314.

Thapa, P. & Shrestha, S. (2022). Efficacy of bio-rational pesticides and chemical pesticides against cabbage aphid (Brevicoryne brassicae. L) under laboratory conditions. Nepalese Journal of Agricultural Sciences, *22*, 130-142.

Zanardi, O. Z., Belegnatte, F., Moresco, C., Zimmermann, H. G., Falchetti, A., & Zanardi A. M. (2024). Toxicity and efficacy of azadirachtin, and oxymatrine-based biopesticides against cabbage aphid and their impacts on predator insects. *Crop Protection*, *186*, 106931. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cropro.2024.106931

© 2025 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/.