دانش کشاورزی و تولید پایدار

Journal of Agricultural Science and Sustainable Production
Volume 36, Issue 2, 2026, Pages 205-219

Journal URL: https://sustainagriculture.tabrizu.ac.ir
Online ISSN: 2476-4329

Effect of Algae Extract and Dipotassium Phosphate Foliar Application on the Life Parameters of Black Bean Aphid (*Aphis fabae*)

Kosar Karimi[1], Solmaz Azimi[*2], Nahid Vaez [2]

Received: June 9, 2025	Accepted: September 7, 2025

1-MSc. in Agriculture Entomology, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani, Iran.
2-Dept. of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Azarbaijan Shahid Madani, Iran.
Corresponding Author E-mail: s_azimi2007@yahoo.com, azimi@azaruniv.ac.ir

Abstract

Background and Objectives: The application of organic fertilizers and fertilizers containing phosphorus and potassium can increase the resistance of crops against pests. This study aimed to investigate the effect of algae extract (Stemplex) and potassium phosphate fertilizer (Dekap) on the biostatistics of the black bean aphid (*Aphis fabae*).

Material and Methods: This study was conducted to investigate the effect of fertilizer treatment (Dekap, Stimplex and control) on the biological statistics of black beet aphids under controlled conditions of temperature (25±2 C^0) and humidity (60%±5). In addition, the light period was 14 hours of light and 10 hours of darkness. Beans were sprayed three times with the recommended concentration of Dekap fertilizer (1 ml per liter) and Stemplex (2 ml per liter). The first time was at the planting stage and the subsequent times were repeated at intervals of two weeks after planting faba bean. The aphids were reared on each treatment for three generations. The data were analyzed using the age-stage, two-sex life table approach.

Results: The results of experiments on the effect of two fertilizers on bean plant showed that different treatments compared to control treatment had a significant effect on biological characteristics and outlines of the black beet aphid life table. The maximum duration of the immature stages was 7.83±0.26 days on the Stemplex treatment. The highest intrinsic population growth rate (r) was obtained on control treatment (0.51±0.009 per day) and the lowest r value was related to Stemplex fertilizer treatment (0.13±0.016). In addition, the lowest value of net reproduction rate (R_0) was calculated to be 3.36±0.46 (offspring/ individual) on the Stemplex treatment.

Conclusion: Creating optimal conditions for the plant and using appropriate fertilizers affects the host plant's resistance to pests. Also, changing the quality of the host through the use of fertilizer may affect the biological characteristics of the pest. According to the results obtained, organic fertilizers, compared to the control treatment, reduced the intrinsic rate of population growth and reproduction rate of black aphid, which was effective in the resistance of broad bean to the aforementioned pest and reduced the use of chemical pesticides.

Keywords: Beans, Biological Control, Intrinsic Rate of Increase, Life Table, Natural Enemy, Pest

This is an open-access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/)
Copyright@ 2026 Solmaz Azimi s_azimi2007@yahoo.com, azimi@azaruniv.ac.ir

https://doi.org/10.22034/saps.2025.67785.3374

نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۶، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۵، صفحات ۲۱۹-۲۰۵

دانش کشاورزی و تولید پایدار

اثر محلول پاشی با عصاره جلبک و کود فسفات پتاسیم بر آماره های زیستی شته سیاه باقلا (*Aphis fabae*)

کوثر کریمی[۱]، سولماز عظیمی[۲*]، ، ناهید واعظ[۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۲۰	تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۱۷

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته حشره شناسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان تبریز
۲-گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

چکیده

مقدمه و اهداف: استفاده از کودهای آلی و کودهای حاوی فسفر و پتاسیم می تواند مقاومت گیاهان زراعی را در برابر آفات افزایش دهد. تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر عصاره جلبک (استمپلکس) و کود فسفات پتاسیم(دکاپ) بر آماره‌های زیستی شته سیاه باقلا (*Aphis fabae*) انجام شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش تحت شرایط کنترل شده دما (۲± ۲۵ درجه سلسیوس) و رطوبت (۵±۶۰ درصد) و دوره نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی انجام شد. گیاه باقلا بدون تیمار کودی، شاهد در نظر گرفته شد و گیاه باقلا با غلظت توصیه شده کود فسفات پتاسیم با نام تجاری دکاپ (یک میلی‌لیتر در یک لیتر) و عصاره جلبک با نام تجاری استمپلکس (دو میلی‌لیتر در یک لیتر) در سه نوبت محلول‌پاشی شد. نوبت اول در مرحله کاشت و دفعات بعد با فاصله دو هفته پس از کاشت باقلا تکرار شد. شته‌ها روی هر تیمار به تعداد سه نسل پرورش داده شدند. داده‌های به‌دست آمده بر اساس نظریه جدول زندگی دوجنسی تجزیه و تحلیل شد.

یافته‌ها: نتایج آزمایش تاثیر دو کود روی گیاه باقلا نشان داد که تیمارهای مختلف نسبت به تیمار شاهد اثر معنی‌داری روی ویژگی‌های زیستی و فراسنجه‌های جدول زندگی شته سیاه باقلا داشتند. بیشینه‌ی طول دوره مراحل نابالغ ۷/۸۳±۰/۲۶ روز روی تیمار عصاره جلبک به دست آمد. بیش‌ترین نرخ ذاتی افزایش رشد جمعیت (r) روی تیمار شاهد (۰/۵۱±۰/۰۰۹ بر روز) و کم‌ترین مقدار r مربوط به تیمار کود استمپلکس (۰/۱۳±۰/۰۱۶ بر روز) به‌دست آمد. هم‌چنین کم‌ترین مقدار نرخ خالص تولید مثل (R_0) ۳/۳۶±۰/۴۶ (نتاج/ فرد) روی تیمار جلبک محاسبه شد.

نتیجه‌گیری: ایجاد شرایط بهینه برای گیاه و مصرف مناسب کودها، روی مقاومت گیاه میزبان نسبت به آفات تأثیرگذار است. هم‌چنین تغییر کیفیت میزبان با استفاده از کود ممکن است ویژگی‌های زیستی آفت را تحت تاثیر قرار دهد. با توجه به نتایج به‌دست آمده کود های آلی در مقایسه با تیمار شاهد، باعث کاهش نرخ ذاتی افزایش رشد جمعیت ومیزان زادآوری شته سیاه شدند که در مقاومت باقلا به آفت مذکور تاثیر گذار بوده و باعث کاهش مصرف سموم شیمیایی خواهد شد.

واژه های کلیدی: آفت، باقلا، جدول زندگی، دشمن طبیعی، کنترل بیولوژیک، نرخ رشد جمعیت

مقدمه

امروزه اغلب روش‌های مورد استفاده در عرصه‌ی علم گیاه‌پزشکی علیه بیماری‌ها و آفات با کاربرد سموم شیمیایی بوده در حالی که سموم شیمیایی سلامت انسان و محیط زیست را تهدید می‌کند (سرفراز و همکاران ۲۰۰۹). به عنوان مثال کنترل شته‌ها بیش‌تر مبتنی بر استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی است. سموم شیمیایی که در کنترل شته‌ها استفاده می‌شود باعث آلودگی‌های زیست محیطی و اثرات مخرب بر سایر موجودات زنده می‌شوند. از این رو متخصصین و پژوهشگران بیشتر در تلاش برای یافتن راه‌های دیگری برای کنترل آفات می‌باشند. مثلا می‌توان از طریق اعمال کودهای مختلف گیاهی در گیاه نوعی مقاومت ایجاد کرد که بدون آسیب زدن به محیط زیست باعث کاهش خسارت محصول شود (جانسون ۲۰۰۳). تاثیر کاربرد کودهای آلی و غیرآلی در افزایش و یا کاهش جمعیت آفات بستگی به گونه آفت و نوع محصول دارد. هر نوع ماده معدنی، آلی یا زیستی که دارای عناصر غذایی باشد و باعث بالا بردن حاصل‌خیزی خاک و هم‌چنین با تیمار گیاهی باعث افزایش عملکرد کیفی و کمی محصول شود کود اطلاق می‌شود کودها به چند دسته تقسیم می‌شوند که شامل کود شیمیایی، آلی یا ارگانیک و بیولوژیک یا زیستی هستند. هر نوع کودی که به شکل طبیعی (کود با منشا گیاهی یا جانوری و کمپوست‌ها) تهیه شود یا از معادن استخراج گردد (مثل گچ یا نمک‌های سولفاته) به عنوان کود ارگانیک یا آلی محسوب می‌شود (استریک ۲۰۰۴).

پدیده تغذیه گیاهی، که مکانیسم دفاعی طبیعی گیاه را فعال می‌کند، می‌تواند به‌عنوان یک جایگزین غیرسنتی و دوست‌دار محیط زیست در این عرصه مورد بهره‌برداری قرار بگیرد. استفاده از تغذیه گیاهی به وسیله عوامل مختلفی از جمله کودهای آلی می‌باشد، که با ایجاد تغییرات فیزیولوژیک در گیاهان می‌تواند سطح دوم (حشره‌خوار) و سطح سوم غذایی (دشمنان طبیعی) را نیز تحت تاثیر قرار داده و روی ویژگی‌های دموگرافیک آن‌ها تاثیرگذار باشد (ادوارد و همکاران ۲۰۰۹). بیش‌تر پژوهش‌های مشابه که در این زمینه صورت گرفته است ثابت کرده است که کودها تاثیر منفی روی جمعیت آفات و اثر مثبت روی جمعیت دشمنان طبیعی دارند، این امر سازگاری کاربرد کودها را با دشمنان طبیعی نشان می‌دهد.

پژوهش‌های پیشین نشان داده که برهم‌کنش گیاه و کودهای آلی سبب فعال شدن مکانیسم‌های مختلفی در گیاه می‌شود که منجر به دفاع مستقیم (تولید مواد سمی و بازدارنده) و غیرمستقیم (انتشار رایحه‌های گیاهی) در گیاهان می‌گردد (هرمس ۲۰۰۲). این دو مکانیسم دفاعی به وسیله شبکه‌ای از مسیرهای انتقال پیام کنترل می‌شوند که در آن‌ها مولکول‌های پیام‌رسان جاسمونیک اسید، سالسیلیک اسید و اتیلن نقش کلیدی بازی می‌کنند (کمپسر ۲۰۰۲). این آنزیم‌ها و مولکول‌ها اثرات بازدارنده متفاوتی روی رشد و نمو حشرات آفت دارند. ایده فعال نمودن مقاومت گیاهان در کشاورزی بسیار جذاب اما دشوار است. فهم چگونگی ارتباط حشرات مختلف با کودهای آلی در اکوسیستم‌های کشاورزی بسیار مهم است و با انجام یک پژوهش نمی‌توان نسخه واحدی برای همه مدیریت‌های کنترل تلفیقی آفات در نظر گرفت. کودها از جمله نهاده‌های کشاورزی هستند که ضمن افزایش حاصلخیزی خاک و رشد گیاه، کیفیت گیاهان را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهند. تغییر عناصر غذایی گیاه می‌تواند حساسیت گیاه به آفت را تغییر دهد.

کودهایی که باعث عدم تعادل عناصر غذایی گیاه می‌شوند، می‌توانند مقاومت گیاه به آفت را کاهش دهند. به عنوان مثال استفاده از مقادیر زیاد کود نیتروژن باعث افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه و مساعد شدن شرایط فیزیولوژیک گیاه برای شیوع آفات به ویژه شته‌ها می‌شود. در تحقیقی که در همین راستا انجام شده است، ثابت شد، استفاده از کودهای آلی به دلیل کاهش جذب نیتروژن منجر به کاهش جمعیت شته‌ها می‌شود (حسینی و همکاران ۲۰۱۰). میزان تولیدمثل، نشو و نما و زنده‌مانی حشرات گیاه‌خوار روی فراوانی سطح دوم غذایی موثر باشد (ادوارد ۲۰۰۹). در بررسی برهم‌کنش‌های دو سطحی یعنی گیاه، میزبان گزارش کردند که استفاده از ۳۰ درصد ورمی کمپوست در گیاه خیار موجب طولانی شدن دوره نشو و نمای شته و کوتاه‌تر شده عمر حشرات

کامل آن گردید (رزمجو ۲۰۱۱). هم‌چنین در مطالعه‌ای مشابه گزارش شد که تعداد کل پوره تولید شده به ازای هر ماده شته جالیز در تیمار فاقد ورمی کمپوست از تیمارهای حاوی وری کمپوست بیش‌تر بود (هرمس ۲۰۰۲). پایین بودن میزان نیتروژن آزاد در بافت‌های گیاهان دریافت کننده کودهای آلی توجیه ارایه شده در زمینه کاهش جمعیت آفت در چنین گیاهانی است. محققین گزارش کردند که ورمی‌کمپوست باعث ایجاد تغییر در واکنش تغذیه‌ای *Myzus persicae* Sulz، *Planococcus citri* Risso و *Tetranychus urticae* Koch روی گوجه فرنگی و خیار می‌شود که به علت جذب فنولین موجود در ورمی‌کمپوست توسط گیاه اتفاق می‌افتد (ادوارد ۲۰۰۹). بنابراین مطلوبیت گیاه برای آفت و تولید مثل آن روی گیاه کاهش می‌یابد. در این بررسی نیز تولیدمثل شته‌ی جالیز در تیمارهای حاوی ورمی-کمپوست نسبت به تیمار شاهد کمتر بود هم‌چنین (رزمجو ۲۰۱۲) با بررسی مطالعات پیشین متوجه شد که کاهش کود پتاسیم نیز افزایش جمعیت شته‌ها را باعث می‌شود. طیف گسترده‌ای از محرک‌های رشد تجاری برای رشد گیاه وجود دارد که از جمله این محصولات تجاری استیمپلکس (عصاره جلبک) و دکاپ(سدیم فسفات) می-باشد، بر همین اساس این دو کود آلی جهت بررسی سودمندی آن‌ها در کاهش جمعیت شته سیاه باقلا در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفتند.

مواد و روش ها

بذرهای باقلا، رقم تبریز (قراملک) از دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز تهیه شد. بذور به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر خیسانده شد. دو عدد بذر در داخل گلدان‌های پلاستیکی به قطر بیست و پنج سانتی‌متر و ارتفاع هجده سانتی‌متر که حاوی خاک زراعی بود به فاصله‌ی سه سانتی متر از سطح خاک کشت شد. مشخصات خاک استفاده شده در گلدان در جدول ۱ ارائه شده است. کشت‌ها تحت شرایط گلخانه‌ای و دوره‌ی نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی، با دوره‌ی آبیاری دو روز در میان و دمای معمولی گلخانه‌ای نگهداری شدند به منظور تشکیل کلنی شته سیاه باقلا، شته‌ها از روی گیاهان یونجه در محوطه دانشگاه شهید مدنی آذربایجان در اواخر اردیبهشت ماه سال ۹۸ جمع آوری شد. برای این منظور بوته‌های مورد نظر با قیچی بریده و با ظرف‌های مخصوص که درهای آن‌ها با تور پوشیده شده بود به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از اطمینان از صحت شناسایی گونه (تایید تشخیص رده-بندی در موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی)، شته‌ها روی بوته‌های باقلا در مرحله‌ی رویشی چهار تا شش برگی پرورش داده شد. کلنی شته‌ها در داخل قفسه‌های چوبی با دیواره‌ی توری (ارگانزا) روی گیاهان باقلا تحت شرایط دمایی ۲±۲۵ درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی ٪۵±۶۰ و دوره‌ی نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی نگهداری شدند. پس از دست کم سه نسل پرورش جمعیت شته روی گیاه باقلا آزمایشات مربوط به جدول زندگی شته انجام شد برای تهیه شته‌های هم‌سن[1]، تعداد ۵۰ شته از کلنی جدا شد. شته‌های جدا شده به مدت ۲۴ ساعت روی یک بوته گیاه باقلا قرار گرفتند. پس از این مدت شته‌های بالغ حذف شدند و پوره‌های سن اول تا رسیدن به مرحله افراد کامل روی گیاه باقلا پرورش داده شدند.

جدول۱- مشخصات خاک استفاده شده در گلدان

بافت خاک	هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته (pH)	ماده آلی خاک (٪)	آهک (٪)	ازت کل (٪)	فسفر ($mg.kg^{-1}$)	پتاس ($mg.kg^{-1}$)
لؤم شنی	۱/۳	۷/۴	۱/۴	۱۲	۰/۱۲	۷/۲	۱۸۳

[1] Synchronous cohort

در این آزمایش تاثیر دو کود عصاره جلبک و سدیم فسفات روی صفات زیستی شته سیاه باقلا مورد بررسی قرار گرفت. کود آلی استیمپلکس حاوی عصاره جلبک *Ascophyllum nodosum*و کود دکاپ حاوی فسفر و پتاسیم به فرم دی پتاسیم ارتو فسفات (K_2HPO_4) بوده که دارای راندمان جذب بسیار بالایی بوده و درون بافت گیاه سریع، بدون رسوب و با سرعت بالا انتقال پیدا میکند. هر دو کود از شرکت (Crop, Jordan International fertile Technology) تهیه شدند. مشخصات کودهای مورد استفاده در جدول ۲ ارائه شده است. به منظور تهیه جدول زندگی شته سیاه باقلا، تعداد ۱۰۰ عدد ماده بالغ روی برگ گیاه باقلا مربوط به تیمارهای مختلف انتخاب شدند. شته‌ها روی هر تیمار به تعداد سه نسل پرورش داده شدند. جهت داشتن پوره‌های همسن به افراد ماده اجازه ۲۴ ساعت پوره‌زایی داده شد. تنها یک پوره سن اول جهت قرارگیری درون قفس برگی انتخاب و بقیه پوره‌ها حذف شدند به این ترتیب برای هر تیمار در حدود ۱۰۰ پوره به طور انفرادی درون قفس برگی طراحی شده قرار گرفتند. گیاه باقلا با غلظت توصیه شده کود سدیم پتاسیم (۱ میلی‌لیتر در یک لیتر) و عصاره جلبک (۲ میلی‌لیتر در لیتر) در سه نوبت محلول‌پاشی شد. نوبت اول در مرحله دو برگی و دفعات بعد با فاصله دو هفته تکرار شد.

جدول۲-مشخصات کودهای مورد استفاده در آزمایش

عصاره جلبک (استیمپلکس)		سدیم فسفات (دکاپ)	
منیزیم (٪)	۰/۰۱	P_2O_5 (%)	۳۳
بر(٪)	۱۶	K_2O(%)	۴۲
کلسیم(٪)	۰/۰۶		
آهن(٪)	۲۵		
سیتوکنین(٪)	۰/۰۱		
اسید فسفریک(٪)	۰/۰۵		
پتاسیم(٪)	۴/۲		
نیتروژن(٪)	۰/۱		

برای تجزیه و تحلیل آماری اطلاعات جمع‌آوری شده، جدول زندگی همه ۱۰۰ پوره اولیه با جدول زندگی ویژه سن-مرحله، دو جنسی تجزیه شد (چی و لیو ۱۹۸۵). مهم‌ترین پارامتر جدول زندگی نرخ ذاتی افزایش جمعیت یا r_m از روش لوتکا-اولر برآورد می‌شود (گودمن۱۹۸۲). استفاده از، r_m در حشره‌شناسی نخستین بار با تکیه بر اصول جمعیت‌های انسانی انجام شد (بیریچ ۱۹۴۸).

روش متداول برای تعیین مقدار دقیق r_m توسط این معادله، بر اساس آزمون و خطا صورت می‌گیرد و r_m تا جایی با مقادیر مختلف جایگزین می‌شود تا حاصل جمع به یک نزدیک شود و در آن نقطه مورد نظر r_m یا به دست آید. اما با توجه به خطای موجود در این فرمول، پیشنهاد شد که از شکل تغییر یافته این فرمول به شکل زیر استفاده شود (چی و سو ۲۰۰۶):

$$1 = \sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x e^{-r_m pivotalx}$$

در این معادله، lx زنده‌مانی یک ماده تازه به دنیا آمده در میانه یک دوره سنی، و x سن هر ماده در هر دوره سنی است. افزون بر r ، دیگر پارامترهای باروری جدول زندگی به شرح زیر محاسبه می‌شوند:

GRR نرخ تولیدمثل ناخالص (متوسط تعداد نتاج هر ماده در طول دوران زندگی آن) و برابر است با:

$$GRR = \sum_{x=0}^{n} m_x$$

R_0 نرخ تولیدمثل خالص (تعداد ماده‌هایی که به ازای هر ماده در هر نسل تولید می‌شود) و برابر است با:

$$R_0 = \sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x$$

T متوسط طول زمان یک نسل (مدت زمانی است که از تولد والدین تا تولد نتاج طول می‌کشد):

$$T = \frac{\ln R_0}{r_m}$$

D_T طول زمان دو برابر شدن جمعیت (بر حسب روز):

$$DT = \frac{\ln 2}{r_m}$$

λ نرخ متناهی افزایش جمعیت) تعداد دفعاتی که جمعیت در واحد زمان افزایش می‌یابد:

$$\lambda = e^{r_m}$$

میانگین‌ها و خطاهای استاندارد پارامترهای جمعیت با استفاده از مدل بوت‌استرپ محاسبه (هانگ و چی ۲۰۱۱) و برای تجزیه داده‌ها از برنامه کامپیوتری TWOSEX استفاده شد و پارامترهای اصلی جدول زندگی نرخ ذاتی افزایش جمعیت، نرخ خالص تولید مثل، میانگین مدت زمان نسل، نرخ متناهی افزایش جمعیت و نرخ ناخالص تولید مثل محاسبه گردید (چی ۲۰۲۰). از برنامه‌ی SigmaPlot 12 برای رسم نمودارها استفاده شد.

نتایج و بحث

فراسنجه‌های مربوط به طول مراحل زیستی شته سیاه باقلا

مطابق بررسی‌های انجام شده، طول دوره نمو مراحل مختلف زندگی شته سیاه باقلا با تفکیک در (جدول ۳) نشان داده شده است. تجزیه داده‌ها نشان داد که طول دوره پورگی (پیش از بلوغ)، برای حشرات ماده روی گیاهان باقلای تیمار شده با کود عصاره جلبک و سدیم پتاسیم به ترتیب ۰/۲۶±۷/۸۳ و ۰/۱۷±۶/۸۱ روز محاسبه شد که در مقایسه با تیمار شاهد طولانی تر بوده است. میانگین طول عمر حشرات کامل (ماده) در دو تیمار عصاره جلبک و سدیم پتاسیم به ترتیب ۰/۱۰±۳/۸۷ و ۲/۰±۳۱/۱۳ روز ثبت شد که در مقایسه با شاهد (۶/۰±۴۴/۱۲ روز) کوتاه‌تر بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که طول عمر حشرات کامل تیمارهای مختلف در سطح ۵٪ باهم اختلاف معنی‌داری داشتند.

میانگین طول کل زندگی نیز در دو تیمار عصاره جلبک و سدیم پتاسیم به ترتیب ۰/۲۰±۱۰/۶ و ۰/۰±۰۴/۴۸ روز می‌باشد که در مقایسه با تیمار شاهد (۱۱/۰±۴۴/۲۰روز) کم‌تر می‌باشد (جدول ۳). افزایش طول دوره پوره‌گی و کوتاه بودن طول عمر ماده‌ها نشان داد که غذای نامناسبی در اختیار شته‌ها قرار گرفته است. تغذیه نامناسب اگرچه ممکن است بلافاصله آفات را از بین نبرد اما دست کم در طول دوره پورگی حشرات اثر دارد، افزایش طول دوره پورگی باعث می‌شود حشره در محیط طبیعی بیش‌تر در دسترس دشمنان طبیعی واقع شود (لگراند و بابوسا ۲۰۰۹). علاوه بر آن کوتاه بودن طول عمر افراد ماده و کاهش میزان پوره‌زایی از عوامل مهمی است که منجر به کاهش انبوهی جمعیت آفت می‌شود و نیز می‌تواند نشان‌دهنده افزایش مقاومت در گیاه باشد.

فراسنجه‌های مربوط به تولیدمثل شته سیاه باقلا

نتایج مربوط به فراسنجه‌های تولید مثلی افراد ماده به صورت جداگانه در (جدول ۴) آورده شده است. در بررسی رشد جمعیت‌ها، تعیین زمان و سن شروع تخم‌ریزی و پوره‌زایی اهمیت زیادی داشته و این امر بر رشد جمعیت تاثیر بسزایی دارد (کری ۱۹۹۳). آزمایش‌های گوناگونی برای این منظور صورت گرفته است، برخی دوره پیش از تخم‌ریزی حشره بالغ (APOP) را به عنوان مدت زمان بین خروج حشره ماده و اولین تخم‌ریزی می‌دانند (چی و یانگ ۲۰۰۳). برخی دیگر این مدت زمان را از مرحله تخم تا اولین تخمریزی حشره ماده در نظر گرفته‌اند (چی و لیو ۱۹۸۵). طول کل دوره قبل از پوره‌زایی (TPOP)، دوره پیش از پوره‌زایی حشره بالغ (APOP) طول دوره پوره‌زایی و تعداد کل پوره‌های زاییده شده به ازای هر ماده، در (جدول۴) آورده شده است. نتایج حاصل از این بررسی‌ها نشان می‌دهد که

میانگین TPOP حشرات ماده پرورش یافته روی تیمار عصاره جلبک و سدیم پتاسیم به ترتیب ۰/۱۷±۶/۸۱ و ۰/۷±۸۳/۲۶ روز محاسبه شده است که در مقایسه با شاهد ۰/۱۳±۵ روز طولانی‌تر بوده است. هم‌چنین APOP در تیمارهای شاهد، عصاره جلبک و سدیم پتاسیم صفر محاسبه شد. بررسی داده‌های مربوط به زادآوری نشان داد میزان پوره‌زایی کل مربوط به کود عصاره جلبک و سدیم پتاسیم و شاهد به ترتیب ۱۸/۰±۷۷/۵۶ و ۵/۷۹±۰/۳۹ و ۵۴/۸۴±۱/۲۲ که بین تیمارهای شاهد، عصاره جلبک و سدیم پتاسیم در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری داشتند. هم‌چنین بررسی میانگین TPOP نیز همین نتیجه را نشان داد. نتایج APOP نشان داد که شته‌ها بعد از رسیدن به بلوغ بلافاصله پوره‌زایی می‌کنند. طول عمر حشرات بالغ و تعداد پوره‌های گذاشته شده توسط افراد ماده در تیمارهای کود سدیم پتاسیم و عصاره جلبک در مقایسه با تیمار شاهد کم‌تر بود. با توجه به اعمال دو کود سدیم پتاسیم و عصاره جلبک انتظار می‌رود که مقاومت القایی در گیاه باقلا افزایش یافته و این مقاومت باعث ایجاد اختلالاتی در رفتار شته سیاه باقلا شده باشد. تا به امروز درمورد تاثیر دو کود سدیم پتاسیم و عصاره جلبک روی اثربخشی شته سیاه باقلا گزارش نشده است. اما تاثیرکودهای مختلف روی سایر شته‌ها اطلاعات زیادی در اختیار ما قرار می‌دهد. کودها می‌توانند اثرات مختلفی روی کیفیت گیاه داشته باشند که بر عملکرد شته‌ها تأثیر مثبت یا منفی می‌گذارد (آتیری و نیکولس ۲۰۰۳). به‌عنوان مثال، در برخی مطالعات، افزایش کود نیتروژن باعث افزایش باروری *A. gossypii* می‌شود که می‌تواند به دلیل نوع و میزان کود مورد استفاده باشد (مورال و همکاران ۲۰۰۱).

جدول ۳- میانگین طول دوره نشو و نمای مراحل مختلف زیستی شته سیاه باقلا با تغذیه از گیاه باقلای تیمار شده توسط دو کود سدیم پتاسیم و عصاره جلبک و شاهد

تیمار	میانگین طول کل دوره نشو و نما (روز)	میانگین طول عمر حشرات کامل (روز)	میانگین طول دوره پیش از بلوغ (روز)
شاهد	۱۱/۴۴±۰/۲۰^{a}	۶/۴۴±۰/۱۲^{a}	۵/۰±۰/۱۳^{c}
عصاره جلبک	۱۰/۶±۰/۲۰^{b}	۳/۸۷±۰/۱۰^{b}	۷/۸۳±۰/۲۶^{a}
سدیم پتاسیم	۸/۰۴ ±۰/۴۸^{c}	۲/۳۱±۰/۱۳^{c}	۶/۸۱±۰/۱۷^{b}

(حروف نامشابه در ستون‌ها نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال۵٪ با آزمون بوت استرپ جفت شده است.)

جدول ۴- فراسنجه‌های تولیدمثلی حشرات کامل شته سیاه باقلا با تغذیه از گیاه باقلای تیمار شده با کود سدیم پتاسیم و عصاره جلبک و شاهد

تیمار	پوره‌زایی کل	TPOP	APOP
شاهد	۵۴/۸۴±۱/۲۲^{a}	۵/۰±۰/۱۳^{c}	
عصاره جلبک	۵/۷۹±۰/۳۹^{c}	۷/۸۳±۰/۲۶^{a}	
سدیم پتاسیم	۱۸/۷۷±۰/۵۶^{b}	۶/۸۱±۰/۱۷^{b}	

(حروف نامشابه در ستون‌ها نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال۵٪ با آزمون بوت استرپ جفت شده است.)

فراسنجه‌های رشد جمعیت شته سیاه باقلا، *A. fabae*

در برنامه‌های مدیریت آفات یکی از عوامل مهم که باید به آن توجه شود تعیین شاخص‌های رشد جمعیت می‌باشد. در واقع تخمین رشد جمعیت و تعیین افزایش جمعیت از روی توانایی تولیدمثلی آن‌ها یکی از جنبه‌های مهم در مطالعات جمعیت‌های حشرات است. افزایش جمعیت را می‌توان توسط یک جدول زندگی با دنبال کردن رویدادهای زندگی گروهی از افراد متولد شده در یک

زمان تا مرگ آخرین فرد از گروه با ثبت نتایج آن‌ها به دست آورد. چنین جدول‌هایی را می‌توان برای توصیف زمان رشد و نمو و نرخ بقای هر مرحله رشدی، پیش‌بینی اندازه جمعیت یک حشره و ساختار سنی آن در یک زمان مشخص به کار برد (لیو و همکاران ۲۰۱۵).

نتایج گوناگونی از طریق تجزیه و تحلیل داده‌های جدول زندگی به‌دست می‌آید که از جمله آن‌ها می‌توان نرخ ذاتی افزایش جمعیت، نرخ متناهی افزایش جمعیت، نرخ خالص تولیدمثل و میانگین طول یک نسل را مثال زد که در این بررسی فراسنجه‌ها با روش چی محاسبه و در (جدول ۵) آورده شده است.

نرخ ذاتی افزایش جمعیت r شته سیاه باقلا با تغذیه از گیاهان باقلای تیمارشده با کود سدیم پتاسیم و عصاره جلبک به ترتیب ۰/۰۰۹±۰/۳۲ و ۰/۰۱۶±۰/۱۳ بر روز برآورد شده است که در مقایسه با تیمار شاهد (۰/۰۰۹±۵۱/۰) بر روز کم‌تر بود. مقایسه میانگین‌ها با آزمون بوت استرپ نشان داد، بین تیمارهای مختلف در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۵). نرخ ذاتی افزایش جمعیت، همان نرخ رشد سرانه جمعیت بوده و به عنوان یک فراسنجه مقایسه‌ای برای مشخص کردن اثر تیمارهای مختلف از نظر کیفیت و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی گیاه میزبان روی ظرفیت تولیدمثلی حشره استفاده می‌شود (ساووت و هندرسون ۲۰۰۰). از این شاخص می‌توان به عنوان ملاکی برای انتخاب بهترین تیمار و پیش‌گویی موفقیت مقاومت القایی گیاهان استفاده کرد (رزمجو و همکاران ۲۰۱۲). نرخ ذاتی افزایش جمعیت بر بسیاری از عوامل مانند باروری، بقا و به ویژه میانگین مدت زمان تولید اثر می‌گذارد از این رو، این پارامتر به طور خلاصه ویژگی‌های فیزیولوژیکی یک حشره را در ارتباط با ظرفیت آن برای رشد خلاصه می‌کند. بنابراین، شاخص مناسب برای ارزیابی عملکرد یک حشره روی گیاهان مختلف است (سافباف و همکاران ۲۰۱۰).

نرخ متناهی افزایش جمعیت λ شته سیاه باقلای پرورش یافته روی گیاه تیمار شده با کود سدیم پتاسیم و عصاره جلبک به ترتیب ۰/۰۱۸± ۱/۳۸ و ۰/۰۱۳±۱/۱۳ محاسبه شد که در مقایسه با تیمار شاهد (۰/۰۱۶±۱/۶۸) کم‌تر بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف وجود داشت. فراسنجه‌های جدول زندگی این آفت از جمله زادآوری پایین، طولانی بودن دوره پیش از بلوغ و عمر کوتاه ماده‌ها روی دو تیمار حاوی کود عصاره جلبک و سدیم پتاسیم می‌تواند در پایین بودن نرخ ذاتی افزایش جمعیت و نرخ متناهی افزایش جمعیت موثر باشد (جدول ۵).

مقایسه میانگین‌ها بر اساس نرخ خالص تولیدمثل R_0 نشان داد که نرخ خالص تولید مثل شته سیاه باقلا روی گیاه باقلای تیمار شده با دو کود سدیم پتاسیم و عصاره جلبک و تیمار شاهد به ترتیب ۰/۸۲±۱۷/۶۴ و ۳/۰±۳۶/۴۶ و ۱/۲۱±۵۴/۸۳ تخم به ازای فرد می‌باشد که در سطح ۵٪ تیمارها با یک‌دیگر اختلاف معنی‌داری دارند (جدول ۵). ارزش خالص تولید مثل یک عامل کلیدی است که توانایی فیزیولوژیک یک بندپا را نسبت به ظرفیت تولیدمثل آن خلاصه می‌کند (لو و همکاران ۲۰۰۷).

براساس نتایج به دست آمده از این تحقیق میانگین طول مدت زمان یک نسل T برای سه تیمار عصاره جلبک ، سدیم پتاسیم و شاهد به ترتیب ۰/۲۰±۸/۷۵ و ۹/۰±۲۲/۳۳ و ۰/۱۴±۷/۷۱ روز برآورد شد که بین دو تیمار حاوی کود سدیم پتاسیم و استیمپلکس در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری وجود نداشت اما بین تیمار شاهد با دو کود دیگر در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۵).

نرخ ناخالص تولیدمثلی GRR شته سیاه باقلا که روی گیاهان تیمار شده با کود سدیم پتاسیم و عصاره جلبک به ترتیب ۱/۰۹±۲۶/۶۳ و ۸/۰±۶/۷۶ پوره به ازای هر فرد ماده برآورد شد که در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری باهم داشتند و در مقایسه با تیمار شاهد ۲/۴۴±۷۶/۶۰ نیز اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۵). با توجه به کل نتایج به دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که گیاه باقلای تیمار شده با دو کود سدیم پتاسیم و عصاره جلبک میزبان مناسبی برای شته باقلای سیاه نیست. علاوه بر آن با

جدول ۵- فراسنجه‌های رشد جمعیت (میانگین±SE) شته سیاه باقلا پرورش یافته روی گیاه باقلای تیمار شده با کود سدیم پتاسیم و عصاره جلبک و تیمار شاهد.

	سدیم پتاسیم	عصاره جلبک	شاهد
GRR	۲۶/۶۳±۱/۰۹ ^{b}	۸/۶±۰/۷۶^{c}	۷۶/۶۰±۲/۴۴^{a}
T	۹/۲۲±۰/۳۳^{a}	۸/۷۵ ±۰/۲۰^{a}	۷/۷۱±۰/۱۴^{b}
R_0	۱۷/۶۴ ±۰/۸۲^{b}	۳/۳۶±۰/۴۶^{c}	۵۴/۸۳ ± ۱/۲۱^{a}
r	۰/۳۲ ±۰/۰۰۹^{b}	۰/۱۳±۰/۰۱۶^{c}	۰/۵۱±۰/۰۰۹^{a}
λ	۱/۳۸±۰/۰۱۸^{b}	۱/۱۳±۰/۰۱۳^{c}	۱/۶۸ ± ۰/۰۱۶^{a}

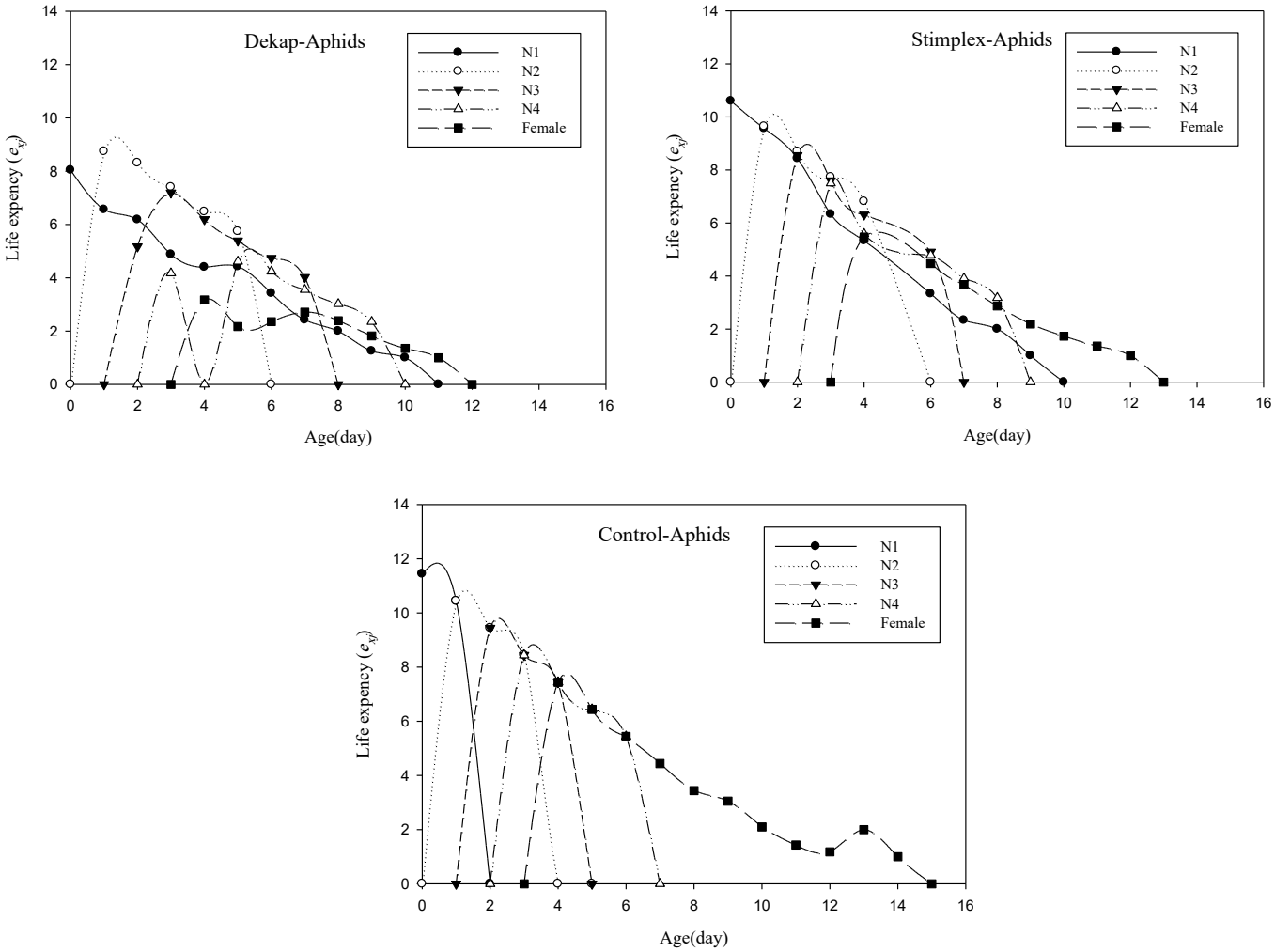
توجه به پارامترهای به دست آمده از جدول زندگی شته سیاه باقلا می‌توان گفت که دو کود سدیم پتاسیم و عصاره جلبک بهترین عملکرد را در ایجاد مقاومت گیاه باقلا نسبت به شته سیاه باقلا حروف نامشابه در ردیف-ها نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال۵٪ با آزمون بوت استرپ جفت شده است.)

امید به زندگی ویژه سنی – مرحله‌ای exj کل مدت زمانی را که انتظار می‌رود هر فرد با سن x و مرحله رشدی j زنده بماند و با افزایش سن کاهش پیدا می‌کند را نشان می‌دهد ()). در سال ۱۳۹۳ تحقیقاتی که در مورد امید به زندگی شته جالیز صورت گرفت به این صورت بود که در زمان تولد در سطوح صفر تا ۳۰٪ ورمی‌کمپوست به ترتیب ۱۸/۲۲، ۱۴/۶۱، ۱۱/۸۷ و ۱۱/۳۷ روز محاسبه شد. کم‌ترین امید به زندگی مربوط به تیمار ۳۰٪ ورمی-کمپوست می‌باشد که نشان دهنده‌ی تاثیر منفی این تیمار روی شته جالیز در مقایسه با تیمارهای دیگر است (رزمجو و همکاران ۲۰۱۲).

در حال حاضر در این تحقیق امید به زندگی شته سیاه روی گیاه باقلای تیمار شده با کود سدیم پتاسیم در مراحل پوره سن یک، پوره سن دو، پوره سن سه و پوره سن چهارم به ترتیب ۱۰/۶، ۹/۶۴، ۸/۵۵ و ۷/۵۰ و حشره کامل ۶/۴۷ روز و امید به زندگی شته سیاه روی گیاه باقلای تیمار شده با کود عصاره جلبک در مراحل پوره سن اول، پوره سن دوم، پوره سن سوم، پوره سن چهارم و حشره کامل به ترتیب ۸/۰۴، ۸/۷۴، ۵/۱۷، ۴/۱۷ و ۲/۱۷ روز محاسبه شد (شکل ۱-۳). علاوه بر آن نیز امید به زندگی شته سیاه باقلا روی تیمار شاهد نیز در مراحل گفته شده به ترتیب ۱۱/۴۴، ۱۰/۴۴، ۹/۴۴، ۸/۴۴ و ۷/۴۴ روز به دست آمد (شکل ۱). مقایسه داده‌های مربوط به تیمارهای مختلف نشان می‌دهد که امید به زندگی پوره-های سنین مختلف و حشره کامل روی گیاه باقلای تیمار شده با کود عصاره جلبک از همه کم‌تر می‌باشد. امید به زندگی پایین در گیاه تیمار شده با کود عصاره جلبک نشان‌دهنده تاثیر منفی روی شته سیاه باقلا می‌باشد.

زنده‌مانی ویژه سنی- مرحله‌ای Sxj یعنی احتمال این‌که یک تخم گذاشته شده تا سن x و در مرحله j زنده بماند. با توجه به روند نمودار در شکل (۲) نیز می‌توان نتیجه یافت که زنده‌مانی شته‌ها روی گیاه شاهد بیش‌تر و روی باقلای تیمار شده با کود استیمپلکس کم‌تر می‌باشد. کم بودن میزان زنده‌مانی شته سیاه باقلا روی گیاه استیمپلکس احتمالا مربوط به کوتاه بودن طول عمر حشرات می‌باشد (شکل ۲).

کود عصاره جلبک که جز کودهای آلی محسوب می-شود، در فیزیولوژی گیاه تاثیر گذاشته و این تغییرات داخل گیاه نیز موجب پایین رفتن کیفیت غذایی در شته می‌شود و شته دچار تنش شده و پایین بودن کیفیت غذایی برای شته موجب طولانی شدن مراحل نشو و نمای پیش از بلوغ و کوتاه‌تر شدن طول عمر حشرات کامل می‌شود (وردنلی و همکاران ۲۰۱۲). یکی از ویژگی‌های کود آلی توانایی آن در نگه‌داری مقادیر کافی آب مورد نیاز برای رشد گیاهان است (بایدو و موچیاح ۲۰۱۱). به علاوه افزایش محتوای آب گیاه در نتیجه افزایش مصرف کود باعث می‌شود که پروتئین محلول در شیره آوند آبکش به خوبی جریان پیدا کند (راوی و همکاران ۲۰۰۶) که منجر به بهبود جریان پروتئین می‌شود. تمام پروتئین-های موجود به طور کامل در اختیار حشرات مکنده قرار

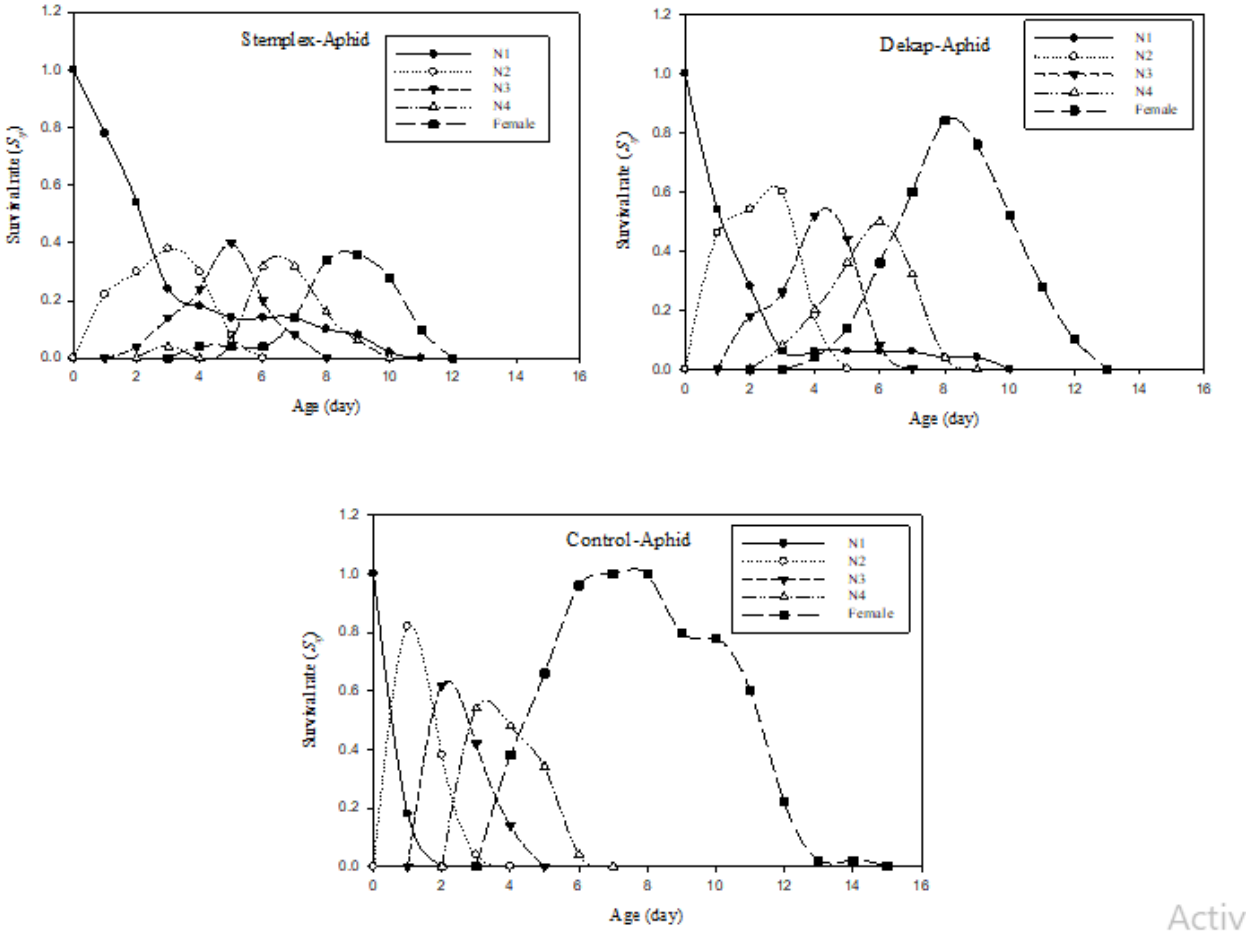


شکل ۱- امید به زندگی سنی- مرحله‌ای شته سیاه باقلا پرورش یافته روی گیاه باقلا تیمار شده با کود سدیم پتاسیم (دکاپ)، عصاره جلبک (استیمپلکس) و تیمار شاهد

می‌گیرد که این مواد پروتئینی برای دشمنان طبیعی آفت به عنوان یک عامل مثبت در نظر گرفته می‌شود و آماره- های زیستی دشمن طبیعی آفت تحت تاثیر قرار می‌گیرد (رشید و همکاران ۲۰۱۶). کودهای غیرآلی چون نیتراته به علت دارا بودن مقادیر بسیار نیترات جهت تامین پروتئین شته‌ها باعث افزایش جمعیت آن‌ها می‌شود (متسون ۱۹۸۰) اما کودهای آلی به علت فعال کردن سیستم دفاعی گیاه (متابولیت‌های ثانویه) منجر به کاهش جمعیت شته‌ها خواهد بود (رزمجو و همکاران ۲۰۱۲). محققین در تحقیقی مشابه گزارش کردند، روی گیاهانی

به دلیل بیش‌تر بودن میانگین زمان مراحل قبل از بلوغ نسبت به ظهور اولین حشره کامل، منحنی mx در جدول زندگی تک‌جنسی دیرتر از قسمت واقعی شروع می‌شود که به موجب این امر نرخ ذاتی افزایش جمعیت کاهش می‌یابد. علاوه بر آن باروری افراد نیز به صورت غیر- طبیعی به سوی میانگن مراحل قبل از بلوغ میل می‌کند که باعث می‌شود پیک بزرگ‌تری در mx و نرخ ذاتی افزایش طبیعی جمعیت ایجاد شود. این پدیده حالت جبرانی با یکدیگر دارند که موجب می‌شود اختلاف بین پارامترهای جمعیتی محاسبه شده با جدول‌های ویژه سن و جدول زندگی ویژه سنی ـ مرحله‌ای دوجنسی کاهش پیدا کند.

اما در بعضی مواقع این اختلاف آنقدر زیاد است که باعث می‌شود این تفاوت‌های بین پارامترهای محاسبه شده توسط هر دو روش نیز بسیار زیاد شود. برای آنالیز و تجزیه و تحلیل دقیق‌تر فراسنجه‌های جمعیتی در جمعیت-هایی که تولیدمثل بکرزایی دارند از قبیل شته‌ها، که فقط شامل یک جنس هستند، بهتر است که از جدول زندگی سنی ـ مرحله‌ای دو جنسی و با حذف کردن ستون‌های نر استفاده شود. در چنین جمعیت‌هایی با وجود آن‌که فرد نر وجود ندارد و مشکل جمعیت‌های دو جنسی را در آنالیز کردن ندارد، اما مشکل نرخ رشد و نمو متغیر بین افراد جمعیت هم‌چنان باقی می‌ماند.



شکل ۲- نرخ زنده‌مانی ویژه سنی- مرحله‌ای شته سیاه باقلا پرورش یافته روی گیاه باقلا تیمار شده با کود سدیم پتاسیم (دکاپ)، استیمپلکس (عصاره جلبک) و تیمار شاهدویژه سنی- مرحله‌ای شته سیاه باقلا

کوددهی گیاهان که از شیوه‌های کشاورزی ارگانیک محسوب می‌شود، در ظاهر باعث افزایش ماده آلی خاک، فعالیت میکروبی و انتشار تدریجی مواد مغذی گیاهی می‌شود که منجر به افزایش سطح نیتروژن در بافت‌های گیاهی نمی‌شود، بنابراین در عمل به گیاهان این امکان را می‌دهد که از یک تغذیه متعادل‌تر استفاده کنند. این تغذیه متعادل‌تر خود به نوبه خود باعث ایجاد القای مقاومت در گیاهان علیه آفات می‌شود (رشید و همکاران ۲۰۱۶). زوایای شیمیایی این رویکرد هنوز برای پژوهشگران مبهم است. کودهای آلی، نیتروژن معدنی موجود در خاک را با سرعت کم‌تری نسبت به کود مصنوعی آزاد می‌کند و این امر منجر به کاهش غلظت نیتروژن موجود در شاخ و برگ می‌شود و در نهایت عامل کاهش جمعیت آفات و

خسارت به محصولات کشاورزی می‌شود (استریت و همکاران ۱۹۹۴).

شیوه‌هایی که برای کوددهی گیاهان استفاده می‌شود، می‌تواند عناصر ثانویه و کم‌یاب را در اختیار گیاه قرار دهد (باس و همکاران ۲۰۱۴). مطالعات بیش‌تر نشان داده‌اند که توانایی گیاهان زراعی در برابر مقاومت آفات و بیماری‌ها، به خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و عمدتا بیولوژیکی خاک وابسته است. خاک‌هایی که دارای ماده آلی بالا و فعالیت بیولوژیک بالایی هستند عموما اثر خوبی روی گیاه کشت شده در همان خاک را نشان می‌دهد (رشید و همکاران ۲۰۱۶). همان‌طور که پیش‌تر گفته شد دلایل متعددی برای کاهش جمعیت آفات وجود دارد. یک دلیل دیگر بروز مقاومت آنتی‌بیوزی گیاهان تیمار شده با کود می‌باشد (چن و همکاران ۲۰۱۰). این نوع مقاومت می‌تواند به علت وجود عوامل مورفولوژیکی و شیمیایی در گیاهان میزبان باشد. استفاده درست و بهینه از کودها می‌تواند شرایط نامناسبی برای آفت در گیاه ایجاد کرده و سبب مقاومت آنتی‌بیوز یا بازدارنده تغذیه آفت از گیاهان میزبان شود (مردانی و همکاران ۲۰۱۶).

در بررسی مشابه محققین نشان دادند که استفاده از منابع غذایی آلی (کود باغچه، کود مرغی و کودهای زیستی) در گیاه بادمجان به طور معنی‌داری تولید مواد شیمیایی دفاعی مانند سیلیکا و فنول‌ها را افزایش می‌دهد (زادا و همکاران ۲۰۰۷). علاوه بر آن، نشان دادند که مقاومت القا شده از نوع آنتی‌بیوز منجر به کاهش میزان تغذیه، تخم‌ریزی، طول عمر و بازسازی جمعیت آفت شده و هم‌چنین دوره پورگی آفات بادمجان را افزایش می‌دهد که این امر کاملا با یافته‌های به دست آمده در این تحقیق مطابقت دارد. هم‌چنین سیلیکای موجود در گیاه که در اثر اعمال کودهای آلی در گیاه ایجاد می‌شود، مانع ورود استایلت شته سبز در گیاه گندم نشده است اما زمان فرو بردن استایلت به دلیل تغییرات شیمیایی ناشی از جلب سیلیکون، کاهش پیدا کرده است که این خود برای شته مضر بوده و تغذیه شته از گیاه را دچار اختلال می‌کند (گومز و همکاران ۲۰۰۹). همچنین تحقیقات نشان داده است که پراکسیداز در فرآیند سنتز سوبرین و لیگنینی شدن، نقش داشته که این دو عامل موجب افزایش سختی بافت‌ها شده و تولید کینوزها و اکسیژن فعال، ترکیبات آنتی‌بیوتیکی را القا می‌کند (ژانگ و همکاران ۲۰۱۷). به طور کلی، مکانیسم سیلیکون به این صورت است که با کاهش هضم‌پذیری و افزایش سختی بافت‌های گیاهی در افزایش مقاومت به حمله حشرات کمک می‌کند (ژو و همکاران ۲۰۲۲). توان بالقوه دفاع شیمیایی القا شده در گیاهان کوددهی شده، به‌منظور جذب عوامل کنترل بیولوژیک در مدیریت آفات یک موضوع جالب است.

مطالعات بسیاری در زمینه اثر تیمارهای کودی روی گیاه میزبان و پارامترهای رشد جمعیت آفت گیاه‌خوار صورت گرفته است. مطالعات اخیر نشان داده است که افزایش پتاسیم اثر منفی بر تولیدمثل حشرات مکنده و شته‌ها دارد (استاحل و همکاران ۲۰۱۸). نتایج به‌دست آمده از بررسی مقاومت القایی در گیاهان مقابل حشرات پلی‌فاژ نشان داد که اعمال کودهای آلی موجب ایجاد تغییرهایی در ویژگی‌های مورفولوژیک، فیزیولوژیک، کیفیت غذایی و مواد شیمیایی ثانویه گیاهان می‌شود که این تغییرات روی طول دوره نشو و نما، بقا و باروری گیاه‌خواران تاثیر منفی می‌گذارد. کود دکاپ دارای مقادیر قابل توجهی پتاسیم است که منجر به انطباق نتایج این تحقیق با بررسی‌های مشابه شده است. پایین بودن نرخ ذاتی افزایش جمعیت در تیمارهای کوددهی شده با دکاپ و استیمپلکس معرف القا شدن مقاومت در این گیاهان در مقایسه با تیمار شاهد است که از پایین بودن میزان باروری و بقا و طولانی بودن دوره نشو و نمای پورگی روی این گیاهان ناشی شده است. این تغییرات در آماره‌های زیستی آفت به علت ایجاد یک مکانیسم دفاعی در گیاه است به طوری‌که این مکانیسم نوعی مقاومت القایی محسوب می‌شود (ژانگ و همکاران ۲۰۱۷). در نتیجه این نوع مقاومت، ژن‌های پاسخ‌دهنده دفاع در داخل گیاه فعال شده و موادی از ترکیب‌های شیمیایی دفاعی مانند پروتئین‌های بازدارنده تغذیه، فنولیک‌ها و آنزیم‌های موجود در مکانیسم دفاع گیاه تولید می‌شود (سوتلو و همکاران ۲۰۱۴). مطابق یافته‌های محققین دیگر عملیات زراعی مانند کوددهی، پویایی جمعیت آفت را از طریق ایجاد نوعی از مقاومت به نام مقاومت القایی تحت تاثیر

قرار می‌دهد که پیش‌تر نیز به این موضوع اشاره شد (ژو و همکاران ۲۰۲۲).

نتیجه گیری کلی

در کل، بررسی‌های صورت گرفته و تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که طول دوره پورگی شته سیاه باقلا برای حشرات ماده روی گیاهان باقلای تیمار شده با کود سدیم پتاسیم و عصاره جلبک در مقایسه با تیمار شاهد (۵/۱۳±۰ روز) به طور معنی‌داری بیش‌تر بوده است. میانگین طول عمر حشرات کامل (ماده) در دو تیمار سدیم پتاسیم و عصاره جلبک در مقایسه با شاهد (۶/۴۴±۰/۱۲ روز) کوتاه‌تر بود. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که طول عمر حشرات کامل تیمارهای مختلف در سطح ۵٪ باهم اختلاف معنی‌داری داشتند. میانگین پوره‌های گذاشته شده روزانه به ازای هر ماده در تیمارهای کود عصاره جلبک و سدیم پتاسیم نسبت به تیمار شاهد (۱/۲۲ ±۵۴/۸۴ عدد) به طور معنی‌داری کم‌تر بود. نرخ ذاتی افزایش جمعیت r_m شته سیاه باقلا با تغذیه از گیاهان باقلای تیمارشده با کود سدیم پتاسیم و عصاره جلبک در مقایسه با تیمار شاهد ۰/۰۰۹±۰/۵۱ بر روز کم‌تر بود و بین تیمارهای مختلف در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری وجود داشت. نرخ خالص تولیدمثل R_0 نشان داد که نرخ خالص تولیدمثل شته سیاه باقلا روی گیاه باقلای تیمار شده با دو کود سدیم پتاسیم و عصاره جلبک و تیمار شاهد به ترتیب ۱۷/۶۴±۰/۸۲ و ۳/۳۶ ±۰/۴۶ و ۵۴/۱±۸۳/۲۱ تخم به ازای فرد می‌باشد که در سطح ۵٪ تیمارها با یک‌دیگر اختلاف معنی‌داری دارند. مقایسه داده‌های مربوط به تیمارهای مختلف نشان می‌دهد که امید به زندگی پوره‌های سنین مختلف و حشره کامل روی گیاه باقلای تیمار شده با کود عصاره جلبک از همه کم‌تر می‌باشد. با توجه به نتایج داده‌ها می‌توان نتیجه گرفت که بیش‌ترین پوره‌زایی مربوط به شته سیاه باقلای پرورش یافته روی تیمار شاهد می‌باشد. زنده‌مانی شته‌ها روی گیاه شاهد بیش‌تر و روی باقلای تیمار شده با کود عصاره جلبک کم‌تر می‌باشد. کم بودن میزان زنده‌مانی شته سیاه باقلا روی گیاه عصاره جلبک احتمالا مربوط به کوتاه بودن طول عمر حشرات می‌باشد.

سپاسگزاری

تمامی نویسندگان این مقاله، مراتب تشکر و سپاسگزاری خود را از دانشگاه شهید مدنی آذربایجان برای حمایت‌ها و مساعدت‌های لازم جهت فراهم آوردن شرایط و امکانات مورد نیاز جهت انجام این پژوهشرا ابراز می‌دارند.

منابع مورد استفاده

Altieri MA, and Nicholls CI. 2003. Soil fertility management and insect pests: harmonizing soil and plant health in agroecosystems. Soil Tillage Research, 72: 203-211. https://doi.org/10.1016/S0167-1987(03)00089-8

Baidoo PK, Mochiah MB. 2011. The influence of nutrient application on the pests and natural enemies of pests of okra *Abelmoschus esculentus* (L.) (Moench). Journal of Applied Biosciences, 41: 2765- 2771. https://doi.org/10.4314/jab. v110i1.10

Bass C, Puinean AM, Zimmer CT, Denholm I, Field LM, Foster SP, Gutbrod O, Nauen R, Slater R, Williamson MS. 2014. The evolution of insecticide resistance in the peach potato aphid, *Myzus persicae*. Insect Biochemistry and Molecular Biology, 51: 41-51. http://dx.doi.org/10.1016/j.ibmb.2014.05.003

Birch LC. 1948. The intrinsic rate of natural increase in an insect population. Journal of Animal Ecology, 17: 15-26. https://doi.org/10.2307/1605

Carey J.R. 1993. Applied demography for biologists. Oxford University Press, Inc., New York, 206 p.

Chen Y, Dawn M, Olson J, Ruberson R. 2010. Effects of nitrogen fertilization on tritrophic interactions. Arthropod-Plant Interactions, 4: 81- 94. https://doi.org/10.1007/s11829-010-9092-5

Chi H, Liu H. 1985. Two new methods for the study of insect population ecology. Academia Sinica, 24: 225-240.

Chi H, Su HY. 2006. Age-stage, two-sex life tables of *Aphidius gifuensis* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) and its host *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) with mathematical proof of the relationship between female fecundity and the net reproductive rate. Environmental Entomology, 35, 10–21. https://doi.org/10.1603/0046-225X-35.1.10

Chi H, Yang, TC. 2003. Two-sex life table and predation rate of *Propylaea japonica* Thunberg (Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae). Enviromental Entomology, 32, 327-333. http://dx.doi.org/10.1603/0046-225X-32.2.327

Chi H. 2020. TWOSEX-MSChart: a computer program for the agestage, two-sex life table analysis. http://140.120.197.173/ecology/Download/TWOSEX-MSChart-B100000.rar

Edwards CA, Arancon NQ, Vasko-Bennett M, Askar A. 2009. Suppression of green peach aphid (*Myzus persicae*) (Sulz.), citrus mealybug (*Planococcus citri*) (Risso), and two spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) (Koch) attacks on tomatoes and cucumbers by aqueous extracts from vermicomposts. Crop Protection, 28: 1-14. http://dx.doi.org/10.1016/j.pedobi.2009.08.002

Estiarte M, Filella I, Serra J, Pefiuelas J. 1994. Effects of nutrient and water stress on leaf phenolic content of peppers and susceptibility to generalist herbivore *Helicoverpa armigera* (Hubner). Oecologia, 99: 387-391. https://doi.org/10.1007/bf00627753

Gomes FB, Moraes JC. and Neri DKP. 2009. Fertilization with silicon as resistance factor to pest insects and promoter of productivity in the potato crop in an organic system. Ciência e Agrotecnologia, 33: 18-23. http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542010000600016

Goodman D. 1982. Optimal life histories, optimal notation, and the value of reproductive value. The American Naturalist, 119: 803-823.

Huang YB, Chi H. 2011. The age-stage, two-sex life table with an offspring sex ratio dependent on female age. Journal of Agriculture and Forestry, 60: 337-345. https://doi.org/10.1017/S0007485321000328

Jansson J. 2003. The influence of plant fertilization regime on plant-aphid-parasitoid interactions. PhD dissertation, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.

Kempster VN, Scott ES, Davies KA. 2002. Evidence for systemic, cross-resistance in white clover (*Trifolium repens*) and annual medic (*Medicago truncatula*) induced by biological and chemical agents. Biocontrol Science of Technology, 12: 615-623. https://doi.org/10.1080/0958315021000016270

Legrand A, Barbosa P. 2000. *Pea aphid* (Hom: Aphididae) fecundity, rate of increase and within plant distribution unaffected by plant morphology. Environmental Entomology, 29: 978-993. http://dx.doi.org/10.1603/0046-225X-29.5.987

Li WX. et al. 2015. Effects of temperature on the age-stage, two-sex life table of *Bradysia odoriphage* (Diptera: Sciaridae). Applied Entomology and Zoology, 108: 126-134. http://dx.doi.org/10.1007/s13355-014-0295-6

Lu Z-X, Yu X-P, Heong K-L, Hu C. 2007. Effect of nitrogen fertilizer on herbivores and its stimulation to major insect pests in rice. Rice Science, 14: 56-66. http://dx.doi.org/10.1016/S1672-6308(07)60009-2

Mardani-Talaee M, Nouri-Ganblani G, Razmjou J, Hassanpour M, Naseri B, Asgharzadeh A. 2016. Effects of chemical, organic and bio-fertilizers on some secondary metabolites in the leaves of bell pepper (*Capsicum annuum*) and their impact on life table parameters of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). Journal of Economic Entomology, 109: 1231-1240. https://doi.org/10.1093/jee/tov389.

Mattson WJ. 1980. Herbivory in relation to plant nitrogen content. Annual Review of Ecology and Systematics, 11: 119-161.

Rashid MM, Jahan M, Islam KS. 2016. Impact of nitrogen, phosphorus and potassium on brown planthopper and tolerance of its host rice plants. Rice Science, 23: 119-131. http://dx.doi.org/10.1016/j.rsci.2016.04.001

Ravi N, Dhandatani N, Sathiah N, Murugan M. 2006. Influence of organic manures and fertilizers on the incidence of sucking pest of sunflower, Annals of Plant Protection Sciences, 14: 41-44. http://dx.doi.org/10.9734/AJEA/2015/15086

Razmjou J, Mohammadi M, Hassanpour M. 2011. Effect of vermicompost and cucumber cultivar on population growth attributes of the melon aphid (Hemiptera: Aphididae). Journal of Economic Entomology, 104: 1379-1383. https://doi.org/10.1603/ec10120

Razmjou J, Vorburger C, Mohammadi M, Hassanpour M. 2012. Influence of vermicompost and cucumber cultivar on population growth of *Aphis gossypii* Glover. Journal of Applied Entomology, 136: 568-575. http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0418.2012.01710.x

Sarfraz M, Dosdall LM, Keddie BA. 2009. Host plant nutritional quality affects the performance of the parasitoid Diadegma insulare. Biological Control, 51: 34- 41. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.07.004

Sotelo P, Pérez E, Najar-Rodriguez A, Walter A, Dorn S. 2014. Brassica plant responses to mild herbivore stress elicited by two specialist insects from different feeding guilds. Journal of Chemistry Ecolology, 40: 136-149. https://doi.org/10.1007/s10886-014-0386-4

Southwood TRE, Henderson PA. 2000. Ecological Methods, Third edition, blackwell science. Oxford 561.

Stahl E, Hilfiker O, Reymond P. 2018. Plant–arthropod interactions: who is the winner? Plant Journal, 93: 703-728. https://doi.org/10.1111/tpj.13773

Stirk WA, Arthu, GD, Arthur GD, Lourens AF, Novar O, Strand M, Vanstaden J. 2004. Changes in Cytok in and Auxin concentration in seaweed concentrates when stored at elevated temperature. Journal of Applied Physiology, 16: 31-39. http://dx.doi.org/10.1023/B:JAPH.0000019057.45363.f5

Verdenelli R A, Lamarque AL and Meriles JM. 2012. Short-term effects of combined iprodione and vermicompost applications on soil microbial community structure. Science of the Total Environment, 414: 210-219. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.10.066

Zadda K, Ragjendran R. and Vijayaraghavan C. 2007. Induced systemic resistance to major insect pests of brinjal through organic farming. Crop Resaerch, 34: 125-129. http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7348.2009.00348.x

Zhang L, Zhang F, Melotto M, Yao J, He SY. 2017. Jasmonate signaling and manipulation by pathogens and insects. Journal of Experimental Botany, 68: 1371-1385. https://doi.org/10.1093/jxb/erw478

Zhou, S., Jander, G. (2022). Molecular ecology of plant volatiles in interactions with insect herbivores. Journal of Experimental Botany, 73: 449-462. https://doi.org/10.1093/jxb/erab413