

## اثر برهمکنش بین گیاه باقلا و باکتری *Paenibacillus polymyxa* N179 بر شته سیاه باقلا

سولماز عظیمی<sup>۱</sup> سعیده شاهین اینجار<sup>۲</sup> علیرضا علیزاده<sup>۳</sup>

۱. نویسنده مسئول، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران.

۲. گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران.

۳. گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۳۰ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱۴)

### چکیده

ایجاد مقاومت در گیاه در برابر آفات از روش‌های جایگزین سموم شیمیایی است که می‌تواند جمعیت آفت را زیر سطح زیان اقتصادی نگه دارد. باکتری‌های همزیست خاک‌زی می‌توانند عوامل مفیدی در راستای افزایش مقاومت گیاهان در برابر حشرات گیاه‌خوار باشند. بر این اساس در این پژوهش تاثیر تیمار گیاه باقلا با باکتری *Paenibacillus polymyxa* N179 روی فراسنجه‌های جدول زندگی شته سیاه باقلا، *Aphis fabae Scopoli* (Hemiptera: Aphididae) مورد بررسی قرار گرفت. دو تیمار مورد بررسی در این پژوهش، شامل گیاه باقلا تیمار شده با باکتری و گیاه باقلا بدون تیمار باکتری به عنوان شاهد بود. گیاهان باقلای کاشته شده و جمعیت شته سیاه باقلا در شرایط دمایی  $25 \pm 4$  درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی  $50 \pm 5\%$  و دوره‌ی نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی پرورش داده شدند. سپس سوسپانسیون باکتری ذکر شده در خاک گلدان‌ها اضافه شد. نتایج آزمایش تاثیر تیمار باکتری روی گیاه باقلا نشان داد که تیمار با باکتری نسبت به تیمار شاهد اثر معنی‌داری روی ویژگی‌های زیستی شته سیاه باقلا داشت. طولانی‌ترین مدت زمان رشد و نمو ( $19.78 \pm 0.20$  روز) و کم‌ترین میزان پوره‌زایی در تیمار *P. polymyxa* به دست آمد. بین تیمار باکتری و شاهد از نظر نرخ ذاتی افزایش جمعیت تفاوت معنی‌دار مشاهده شد ( $P \leq 0.05$ ). به طوری که بیش‌ترین میزان این آماره روی تیمار شاهد ( $0.42 \pm 0.01$  در روز) و کم‌ترین آن روی تیمار باکتری *P. polymyxa* ( $0.23 \pm 0.001$  در روز) مشاهده شد. با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان اظهار داشت که تیمار گیاهان باقلا با باکتری می‌تواند جهت کاهش جمعیت شته سیاه باقلا موثر باشد.

واژه‌های کلیدی: باکتری، جدول زندگی، مقاومت گیاه، شته.

## Effect of interaction between faba bean and *Paenibacillus polymyxa* N179 on black bean aphid

Solmaz Azimi<sup>1</sup>, Saedah Shahin Injar<sup>2</sup>, Alireza Alizadeh<sup>3</sup>

1. Corresponding Author, Department of Plant protection, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran.

2. Department of Plant protection, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran.

3. Department of Plant protection, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran  
(Received: Dec, 21, 2022 - Accepted: Feb, 03, 2023)

Plants resistance against pests is one of the methods of replacing chemical pesticide that can keep the pest population below the economic injury level. Soil symbiotic bacteria can be useful factors in increasing the resistance of plants against herbivorous insects. These bacteria produce secondary metabolites which can trigger plant growth and suppress the growth of pathogenic fungi and bacteria. Many microorganisms from the rhizosphere can positively influence plant growth and plant health, and are referred to as plant growth promoting rhizobacteria (PGPR). There is considerable research supporting the use of these bacteria in plant pathogens management, but the number of research papers that have focused on their effect on insect pests control is quite few. In this research. According to this, in this study, the effect of treating the bean plant with bacteria (*Paenibacillus polymyxa* N179) on the parameters of the life table of *Aphis fabae Scopoli* (Hemiptera: Aphididae) was investigated. The two treatments investigated in this research included the bean plant treated with bacteria and the bean plant without bacteria treatment as a control. The strain N179 was isolated from agricultural fields and selected through screening, based on its antagonistic potential, PGPR activity and robust biofilm formation. This strain was identified as *Paenibacillus polymyxa* based on morphological, biochemical and molecular characteristics. The *Vicia faba* L. and black bean aphid were grown in a growth chamber at  $25 \pm 4$  °C,  $50 \pm 5$  RH and a photoperiod of 14L: 10D hours. Then, bacterial suspension was added into the soil of sown mugs. Then, 5 ml of bacterial suspension was added into the soil of sown mugs with a sterile syringe. These experiments on the effect of two treatments on faba bean showed that different treatments have a significant differences effect on the biological properties of black bean aphid. The highest developmental time ( $19.78 \pm 0.20$  days) and the lowest fertility rate were occurred on *P. polymyxa*. There were significant differences between different treatments in terms of inherent rate of population increase ( $P \leq 0.05$ ). The highest rate was occurred in control treatment ( $0.42 \pm 0.01 \text{ day}^{-1}$ ) and the lowest in combination *P. polymyxa* ( $0.23 \pm 0.001 \text{ day}^{-1}$ ). The life expectancy of black bean aphids, which was grown on *P. polymyxa* treated, was significantly lower than control. According to the results, it can be stated that faba bean plant treated can be effective in reducing the population of the aphids of the bean. We demonstrated that this bacterium has the potential to be used as a control agent against bean aphid. Overall, these results strongly suggest that this strain has the great potential for commercial production. However, extensive studies are needed to optimize large scale fermentation and formulation of this bacterium. However, extensive studies are needed to optimize large scale fermentation and formulation of this bacterium..

**Keywords:** Aphid, Bacteria, Plant resistance, Life table.

\* Corresponding author E-mail: : alizadeh.al2008@gmail.com

## مقدمه

تأمین غذای مورد نیاز کشور و همچنین تحقق امنیت غذایی، از مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار در امور اقتصادی و سیاسی آن کشور است. آفات گیاهان از عوامل بازدارنده توسعه کشاورزی، هستند که همه ساله خسارات زیادی را به محصولات کشاورزی وارد می‌سازند، کشور ما به لحاظ جغرافیایی در شرایط ویژه اقلیمی قرار گرفته است که به دلیل فراوانی گونه‌های گیاهی منجر به وجود آمدن دامنه وسیعی از حشرات آفات گیاهی شده است. تغذیه حشرات از گیاهان باعث کاهش کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی می‌شود، بنابراین کنترل آفات از اهمیت بالایی برخوردار است و همواره بشر برای کنترل جمعیت حشرات آفات از روش‌های مختلف زراعی، فیزیکی، بیولوژیکی و شیمیایی استفاده کرده است (Agrios 2005). امروزه برای مبارزه با آفات و بیمارگرهای گیاهی از ترکیبات شیمیایی استفاده می‌شود، در حالی که آفت‌کش‌های شیمیایی سلامت انسان و محیط زیست را تهدید می‌کنند. بنابراین روش‌های جایگزین سموم شیمیایی از جمله مقاومت القایی که مکانیسم دفاعی طبیعی گیاه را فعال می‌کند، می‌تواند به عنوان یک جایگزین دوست‌دار محیط زیست در این عرصه مورد استفاده قرار گیرد (Fallahzadeh et al. 2021). بسیاری از میکروارگانیسم‌های اطراف ریشه گیاهان تاثیر مثبتی روی رشد گیاهان دارند، باکتری‌های خاک‌زی مستقیماً با تولید اسید ایندول-۳ استیک باعث بهبود رشد گیاه می‌شوند (Vecheron et al. 2013). بهبود رشد گیاه منجر به القای مقاومت در مقابل بیمارگرهای گیاهی و آفات می‌شود. تحقیقات در مورد القای مقاومت ایجاد شده توسط ریزوباکتری‌ها نشان داد، که برخی جدایه‌ها می‌توانند از گیاهان در مقابل حمله آفات دفاع کنند. این کار به وسیله فعال کردن ژن‌های کد کننده کیتیناز، بازدارنده‌های پروتییناز و لیپواکسیژناز و بیان پروتیین وابسته به شوک انجام می‌شود (Gelick 2014). در سال‌های اخیر باکتری‌های ریزوباکتر بیشماری در جهت القای مقاومت گیاهان در برابر بیمارگرها معرفی شده است اما تعداد اندکی از آن‌ها

می‌توانند تجاری شوند و در مزرعه مورد استفاده قرار گیرند. در این میان گونه‌های زیادی از باکتری جنس *Paenibacillus* در سال‌های اخیر معرفی و مورد توجه محققین قرار گرفته است (Anand et al. 2013). باکتری (*Paenibacillus polymyxa*) غیر بیمارگر، گرم مثبت، متحرک و به شکل میله‌ای است. این باکتری در محیط‌هایی مانند خاک، رسوبات دریایی و ریشه‌ی گیاهان یافت می‌شود (Zengguo et al. 2007; Ravi et al. 2007; Yegorenkova et al. 2013). تثبیت نیتروژن، تولید آنتی‌بیوتیک علیه میکروارگانیسم‌های مضر و تولید هورمون‌هایی که باعث بهبود رشد گیاه می‌شوند، بخشی از قابلیت‌های این باکتری است. هم‌چنین این باکتری می‌تواند به گیاهان در جذب فسفر و افزایش تخلخل خاک کمک کند (Timmusk et al. 1999). در اکوسیستم کشاورزی باکتری (*P. polymyxa*) از طریق دو مکانیسم، می‌تواند باعث رشد گیاهان شود. اولین مکانیسم تولید هورمون‌هایی مانند سیتوکینین‌ها، اکسین‌ها، اتیلن و جیبرلین است (Timmusk et al. 1999). این ترکیبات باعث افزایش سطح ریشه و رشد گیاه می‌شود. مکانیسم دوم تولید آنتی‌بیوتیک‌هایی از جمله فوزاریسیدین و ارتقای ایمنی ریزوسفر است (Heulin et al. 1994). باکتری که در پژوهش حاضر بررسی شد، باکتری (*P. polymyxa*) استرین باکتری N179 بود. این باکتری جز جدیدترین عوامل بسیار موفق بیوکنترل بیمارگرهای گیاهی است که به عنوان بهبود دهنده رشد گیاهان در سال‌های اخیر معرفی شده است (Fallahzadeh et al. 2021).

## پیشینه پژوهش

بیشترین توجهات در رابطه با باکتری‌های مفید خاک‌زی معطوف به افزایش مقاومت گیاهان در برابر بیمارگرهای گیاهی بوده است و به طور کلی امروزه پژوهش‌های اندکی در رابطه با تاثیر میکروارگانیسم‌های خاک‌زی بر مقاومت گیاهان در برابر حشرات گیاه‌خوار انجام شده است. اما معدود پژوهش‌ها نتایج مثبت در رابطه با القای مقاومت گیاهان توسط

مقاوم می‌شوند و کنترل آن‌ها در گیاهان زراعی با مشکلاتی همراه است. بنابراین جایگزینی یک روش امن می‌تواند هم جمعیت این آفات را کنترل کند و هم از آسیب‌های زیست محیطی سموم شیمیایی بکاهد. در این رابطه، پژوهشگران نشان دادند گیاهان خیار که با باکتری (*Pseudomonas fluorescens*) تیمار شده بودند به طور معنی‌داری سبب افزایش طول دوره پوره‌گی و کاهش پوره‌زایی شته‌پنبه *A. gossypii* شدند (Fahimi et al. 2014). محققین در سال ۲۰۱۷ اثر باکتری (*P. gladioli*) را بر شته فیلوکسرای مو *Daktulosphaira vitifoliae* بررسی کردند، نتایج نشان داد درخت مو تیمار شده با این باکتری باعث کاهش انبوهی جمعیت شته فیلوکسرای مو شد (Adam et al. 2017). در پژوهشی مشابه، تاثیر تیمار خاک گیاه باقلا با باکتری (*Bacillus amyloliquefaciens*) را بر شاخص‌های مختلف زیستی شته نخود فرنگی (*Acyrtosiphon pisum*) بررسی کردند، نتایج نشان داد گیاه باقلا تیمار شده با باکتری منجر به کاهش تولید مثل شته نخود فرنگی شد در حالی که تیمار باقلا با باکتری تاثیر چندانی چشم‌گیری در افزایش رشد گیاه باقلا نداشت (Serteyn et al. 2020). باکتری‌های مفید خاک از تنوع زیادی برخوردار هستند و بیشتر مطالعات با هدف شناسایی این باکتری‌ها است، بنابراین غربالگری باکتری‌های مفید ریشه با هدف افزایش مقاومت گیاه گوجه فرنگی در برابر کرم برگخوار (*Spodoptera litura*) انجام شد. نتایج حاصل از پژوهش مذکور نشان داد که از بین باکتری‌های شناسایی شده، باکتری (*Stenotrophomonas rhizophila*) مقاومت سیستمیک وابسته به جاسمونیک اسید، گیاه گوجه فرنگی را در برابر برگخوار القا می‌کند (Ling et al. 2022). تا امروز، پژوهشی در رابطه با تاثیر باکتری *Paenibacillus* بر مقاومت گیاهان در برابر آفات در دنیا انجام نشده است، این پژوهش با هدف بررسی تاثیر تیمار گیاه باقلا با باکتری به عنوان گیاه میزبان شته سیاه باقلا بر جدول زندگی شته سیاه باقلا انجام شد، تا مقدمه‌ای بر انجام تحقیقات تکمیلی در راستای

میکروارگانسیم‌ها در برابر آفت نشان داده است. به عنوان نمونه، گیاهان ذرت تیمار شده با باکتری (*Pseudomonas maltophilia*) روی مرحله‌ی لاروی کرم ذرت (*Helicoverpa zea*) اثر گذاشت و موجب کاهش بیش از ۶۰٪ میزان ظهور افراد بالغ شد (Bong & Sikorowski 1991). همچنین در گیاه خیار تیمار شده با باکتری (*Pseudomonas putida*)، تاخیر در رشد و اندازه جمعیت پوره‌های شته پنبه (*Aphis gossypii*) ثبت شد (Wheeler 1994). در بررسی دیگر، میزان رشد نسبی، نرخ تغذیه و هضم غذا در لاروهای (*Helicoverpa armigera*) تغذیه کرده از گیاه پنبه تیمار شده با باکتری (*Pseudomonas gladioli*) کاهش یافت (Qingwen et al. 1998). در گیاه گوجه‌فرنگی که از باکتری گونه *Bacillus* که به عنوان تیمار بذرمال استفاده شد، کاهش تراکم پوره‌های سفیدبالک به میزان ۴۰ تا ۴۳٪ مشاهده شد (Murphy et al. 2000). علاوه بر این محققان در سال ۲۰۰۲ گزارش کردند که تاخیر در رشد و اندازه جمعیت شته پنبه (*A. gossypii*) روی گیاه خیار به سبب تیمار گیاه خیار با باکتری *Bacillus* اتفاق افتاده است (Stout 2002).

در سال ۲۰۰۲ تحقیقاتی در خصوص ایجاد مقاومت القایی گیاه شبدر سفید در برابر تغذیه شته سبز (*Acyrtosiphon kondoi*)، توسط باکتری جنس *Pseudomonas* انجام گرفت، نتایج نشان داد گیاه شبدر سفید تیمار شده با باکتری در مقایسه با تیمار شاهد، به طور معنی‌داری منجر به کاهش جمعیت شته سبز در طول سه نسل شد (Kempster et al. 2002). همچنین تلقیح گیاه با چهار جدایه از باکتری‌های افزایش دهنده رشد گیاه، میزان تغذیه سوسک یازده نقطه‌ای خیار (*Diabrotica undecimpunctata*) و سوسک نواری خیار (*Acalyma vittatum*) را به میزان شش تا ۱۰ برابر کاهش دادند (Edreva 2004). به طور عمومی، تیمار گیاهان مختلف با باکتری‌ها رشد و نمو حشرات را در تمامی مراحل زندگی تحت تاثیر قرار می‌دهند. شته‌ها از جمله آفاتی هستند که به علت رشد سریع جمعیت همواره در برابر سموم آفت‌کش

کاربرد و تولید این باکتری در جهت افزایش مقاومت گیاهان در برابر آفات نیز باشد.

### روش‌شناسی پژوهش

استان آذربایجان شرقی از جمله منطقه قراملک شهر تبریز از مناطق مهم کشت باقلا است. بنابراین جهت انجام این پژوهش، بذره‌های باقلا، رقم تبریز (قراملک) از دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز تهیه شد. بذور به مدت ۲۷ ساعت در آب مقطر خیسانده شد. دو عدد بذر در داخل گلدان‌های پلاستیکی شفاف به قطر پنج سانتی‌متر و ارتفاع هشت سانتی‌متر که حاوی بستر کشت سترون (پیت و ماس) بود به فاصله‌ی سه سانتی‌متر از سطح خاک کشت شد. کشت‌ها تحت شرایط دمایی  $25 \pm 4$  درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی  $50 \pm 5\%$  و دوره‌ی نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی، در داخل اتاقک رشد نگهداری شدند.

بیماری‌شناسی گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان تهیه شد. جهت تهیه کلنی، باکتری روی محیط کشت آگار غذایی Nutrien Agar به وسیله‌ی لوپ استریل به صورت خطی کشت شد. کشت‌ها به مدت سه روز در داخل انکوباتور با دمای ۲۸ درجه‌ی سلسیوس کشت نگهداری شدند. پس از تهیه سوسپانسیون باکتری غلظت آن، با روش جذب نوری در طول موج ۶۰۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (1900i) انجام شد. سوسپانسیون باکتری با غلظت  $10^8$  در هر یک میلی-لیتر، تهیه و پنج میلی‌لیتر از آن به پای بوته‌های باقلا (اطراف ریزوسفر) در مرحله دوبرگی اضافه شد (Pavlou & Vakalounakis 2005)، لازم به ذکر است که در هر گلدان یک بوته باقلای دو برگه وجود داشت.

### مطالعه اثر باکتری بر شاخص‌های زیستی شته

#### سیاه باقلا

به منظور ارزیابی تاثیر گیاه باقلا تیمار شده با باکتری *P. polymyxa* N179 روی فراسنجه‌های زیستی شته سیاه باقلا دو تیمار در نظر گرفته شد. تیمار باکتری و تیمار شاهد (بدون استفاده از باکتری در خاک) برای بررسی فراسنجه‌های زیستی در حدود ۲۰۰ قفس برگی (۱۰۰ عدد به ازای هر تیمار) تهیه شد. قفس‌های برگی از نوارهای پلاستیکی به قطر چهار سانتی‌متر تهیه شدند و دو طرف قفس سوراخی ایجاد و توسط توری ارگانزا پوشانده شد. برای هر تیمار حدود صد عدد ماده انتخاب شدند و به شته‌ها اجازه داده شد که ۲۴ ساعت پوره‌زایی نمایند و بعد از ۲۴ ساعت حشره ماده و همه پوره‌ها به جز یک عدد پوره، حذف شدند و بازدیدها از قفس‌های برگی هر ۲۴ ساعت یکبار ثبت شد. در نهایت افراد ماده که در طول ۲۴ ساعت ظاهر شدند به یک قفس برگی جدید، جهت شمارش تعداد پوره‌های گذاشته شده، منتقل و هر روز تعداد پوره‌های گذاشته شده ثبت و سپس به وسیله قلم حذف می‌شدند تا با پوره‌های گذاشته شده روز بعدی اشتباه گرفته نشود. این کار تا پایان عمر

### جمع آوری و نگهداری شته سیاه باقلا

به منظور تشکیل کلنی شته سیاه باقلا، شته‌ها از روی درختان افاقیا در محوطه‌ی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان در اواخر اردیبهشت‌ماه جمع آوری شد. برای این منظور شاخه‌های 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 رده‌بندی در موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی)، شته‌ها روی بوته‌های باقلا در مرحله‌ی رویشی چهار تا شش برگه پرورش داده شد. کلنی شته‌ها در داخل قفسه‌های چوبی با دیواره‌ی توری (ارگانزا) روی گیاهان باقلا تحت شرایطی که در مورد نگهداری گیاه باقلا ذکر شد، نگهداری شدند. پس از حداقل سه نسل پرورش جمعیت شته روی گیاه باقلا آزمایشات مربوط به جدول زندگی شته انجام شد.

### تهیه و نگهداری باکتری سویه‌ی *Paenibacillus polymyxa* N179

سویه‌ی *Paenibacillus polymyxa* N179 از بخش

باکتری *P. polymyxa*،  $0.07 \pm 0.08$  روز محاسبه شده است که در مقایسه با شاهد  $0.07 \pm 0.09$  روز، طولانی‌تر بود. هم‌چنین APOP در تیمار باکتری  $0.02 \pm 0.08$  روز محاسبه شده است که در مقایسه با شاهد  $0.04 \pm 0.02$  روز، در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار مشاهده شد. بزرگ بودن عدد دوره‌ی پیش از بلوغ در تیمار باکتری نشان دهنده‌ی تاخیر در شروع تخم‌ریزی است. فراسنجه‌های ذکر شده در سطح احتمال ۵٪ در تیمارهای مختلف با هم اختلاف معنی‌دار داشته‌اند. میانگین پوره‌های تولید شده روزانه به ازای هر ماده در تیمار باکتری *P. polymyxa*،  $0.13 \pm 0.04$  عدد محاسبه شده است که در مقایسه با شاهد  $0.08 \pm 0.01$  عدد، کم‌تر بوده است. وضعیت مساعد گیاه باقلای تیمار شده با باکتری *P. polymyxa* از لحاظ رشد بهتر در مقایسه با گیاه باقلای شاهد تداعی می‌کند که گیاه تیمار شده با باکتری مذکور از لحاظ کیفیت ماده غذایی برای نشو و نمای شته باقلا مساعد باشد ولی این‌گونه نبود. نتایج این پژوهش می‌تواند مشابه نتایج مطالعه گیاه باقلا تیمار شده با باکتری باشد، که محققین نشان دادند افزایش برخی هورمون‌های رشد چون جاسموویک اسید منجر به کاهش تولید مثل شته نخود فرنگی شد (Serteyn et al. 2020).

فراسنجه‌های مختلفی از جدول زندگی برآورد می‌شود که از جمله آن‌ها می‌توان نرخ ذاتی افزایش جمعیت، نرخ متناهی افزایش جمعیت، محاسبه و در جدول ۳ آورده شده است. نرخ ذاتی افزایش جمعیت ( $r$ ) شته سیاه باقلا با تغذیه از گیاهان باقلای تیمار شده با باکتری *P. polymyxa  $0.01 \pm 0.02$  در روز برآورد شد و نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین داده‌های مربوط به تیمارهای مختلف در مقایسه با شاهد نشان داد که نرخ ذاتی افزایش جمعیت شته سیاه باقلا تحت تاثیر گیاه میزبان تغذیه کرده قرار داشته است و بین تیمارهای مختلف در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد. نرخ متناهی افزایش جمعیت ( $\lambda$ ) شته سیاه باقلای پرورش یافته روی گیاه تیمار شده با باکتری *P.**

ماده انجام شد. از نتایج به دست آمده در تحلیل فراسنجه‌های زیستی استفاده شد.

### تجزیه داده‌ها

برای تجزیه و تحلیل داده‌های جمع آوری شده، زندگی همه ۱۰۰ جدول زندگی کل ۱۰۰ پوره اولیه با جدول زندگی ویژه سن-مرحله، دو جنسی تجزیه شد (Chi & Liu 1985). میانگین‌ها و خطاهای استاندارد فراسنجه‌های جمعیت با استفاده از آزمون بوت استرپ محاسبه و برای تجزیه داده‌ها از برنامه کامپیوتری TWOSEX-MSChart نسخه ۲۰۱۸ 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 شد. از برنامه‌ی SigmaPlot 12 برای رسم نمودارها استفاده شد.

### یافته‌های پژوهش

میانگین مراحل مختلف زندگی شته با تفکیک مراحل پیش از بلوغ و دوره‌ی بلوغ، در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج حاکی از آن است که طول دوره نشو و نمای افراد نابالغ برای حشرات ماده روی گیاهان باقلای تیمار شده با باکتری *P. polymyxa*،  $0.13 \pm 0.07$  روز بود که در مقایسه با تیمار شاهد  $0.07 \pm 0.05$  (روز) در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار داشت. (جدول ۱). طول عمر حشرات بالغ (ماده) در تیمار باکتری *P. polymyxa*  $0.12 \pm 0.04$  روز ثبت شد که در مقایسه با شاهد  $0.18 \pm 0.04$  (روز) کوتاه‌تر بود. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که طول عمر حشرات کامل در سطح احتمال ۵ درصد با هم اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۱).

طول کل دوره قبل از پوره‌زایی<sup>۱</sup> (TPOP)، دوره پیش از پوره‌زایی حشره بالغ (APOP) و تعداد کل پوره‌های تولید شده به ازای هر ماده، در جدول ۲ آمده است. با توجه به نتایج حاصل از این بررسی، میانگین TPOP حشرات ماده پرورش یافته روی

1 Adult preoviposition period

زادآوری پایین، طولانی بودن دوره پیش از بلوغ و عمر کوتاه ماده‌ها روی تیمار ترکیب باکتری می‌تواند در پایین بودن نرخ ذاتی افزایش جمعیت و نرخ متناهی افزایش جمعیت موثر باشد (جدول ۳).

*polymyxa*،  $1/26 \pm 0/01$ ، در روز برآورد شد که در مقایسه با شاهد ( $1/53 \pm 0/02$  در روز) در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار نشان می‌دهد. فراسنجه‌های جدول زندگی این حشره از جمله

جدول ۱- فراسنجه‌های زیستی (SE±میانگین) شته سیاه باقلا پرورش یافته روی گیاه باقلای تیمار شده با باکتری *Paenibacillus polymyxa* N179 و شاهد

تیمار	دوره نشو و نمای افراد نابالغ (روز)	دوره نشو و نمای افراد بالغ (روز)	کل دوره نشو و نما (روز)
شاهد	$5/36 \pm 0/07^b$	$13/49 \pm 0/18^a$	$18/09 \pm 0/16^b$
باکتری <i>P. polymyxa</i>	$7/63 \pm 0/13^a$	$11/47 \pm 0/12^b$	$19/78 \pm 0/20^a$

حروف نامشابه در ستون‌ها نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون بوت استرپ جفت شده است.

جدول ۲- فراسنجه‌های تولیدمثلی (SE±میانگین) حشرات کامل شته سیاه باقلا با تغذیه از گیاه باقلای تیمار شده با باکتری *Paenibacillus polymyxa* N179 و شاهد

تیمار	دوره قبل از پوره‌زایی (روز)	دوره پیش از پوره‌زایی (روز)	پوره‌زایی روزانه
شاهد	$6/91 \pm 0/07^b$	$0/28 \pm 0/04^b$	$14/01 \pm 0/08^a$
باکتری <i>P. polymyxa</i>	$8/50 \pm 0/15^a$	$0/87 \pm 0/02^a$	$8/43 \pm 0/13^b$

حروف نامشابه در ستون‌ها نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون بوت استرپ جفت شده است.

( $R_0$ ) برابر شدن جمعیت بین دو تیمار باکتری و شاهد در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۳). نتایج حاصل از شاخص‌های زیستی شته سیاه باقلا نشان داد که گیاه باقلای تیمار شده با باکتری میزبان مناسبی برای شته سیاه باقلا نیست و تیمار باکتری بهترین عملکرد را در القای مقاومت گیاه باقلا نسبت به شته سیاه باقلا داشته‌است. هر چند بدون انجام بررسی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه و شته سیاه باقلا هر گونه اظهار نظر در مورد عملکرد باکتری به تنهایی صحیح نمی‌باشد.

مقایسه میانگین‌ها بر اساس نرخ خالص تولیدمثلی ( $R_0$ ) نشان داد که نرخ خالص تولیدمثلی شته سیاه باقلا روی گیاه باقلای تیمار شده با باکتری،  $20/98 \pm 0/02$  پوره به ازای فرد می‌باشد که در سطح احتمال ۵ درصد با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری داشت. در این آزمایش رقم گیاه و همه شرایط یکسان است و فقط گیاهان با باکتری تیمار شده‌اند. پس می‌توان گفت که تنها عامل تفاوت در فراسنجه‌های محاسبه شده، تیمار گیاهان با باکتری است. براساس نتایج به دست آمده از این تحقیق میانگین مدت زمان یک نسل (T) یا به بیان دیگر مدت زمان لازم برای

جدول ۳- فراسنجه‌های جدول زندگی (SE±میانگین) شته سیاه باقلا پرورش یافته روی با تغذیه از گیاه باقلای تیمار شده با باکتری *Paenibacillus polymyxa* N179 و شاهد

آماره	تیمار شاهد	باکتری <i>P. polymyxa</i>
نرخ ذاتی افزایش جمعیت	$0/42 \pm 0/01^a$	$0/23 \pm 0/01^b$
نرخ خالص تولیدمثلی	$69/68 \pm 0/06^a$	$20/98 \pm 0/06^b$
مدت زمان طول یک نسل	$19/91 \pm 0/14^b$	$21/84 \pm 0/08^a$
نرخ متناهی افزایش جمعیت	$1/53 \pm 0/02^a$	$1/26 \pm 0/01^b$

حروف نامشابه در ردیف‌ها نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون بوت استرپ جفت شده است.

یک تخم گذاشته شده تا سن x و در مرحله z زنده بماند. این فراسنجه برای شته سیاه باقلا در تغذیه از

### نرخ زنده‌مانی ویژه سنی - مرحله‌ای

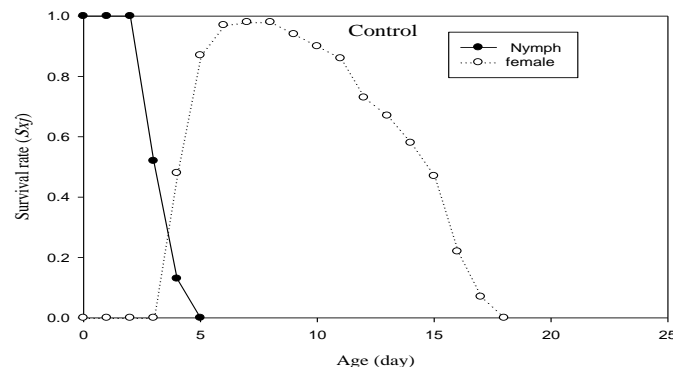
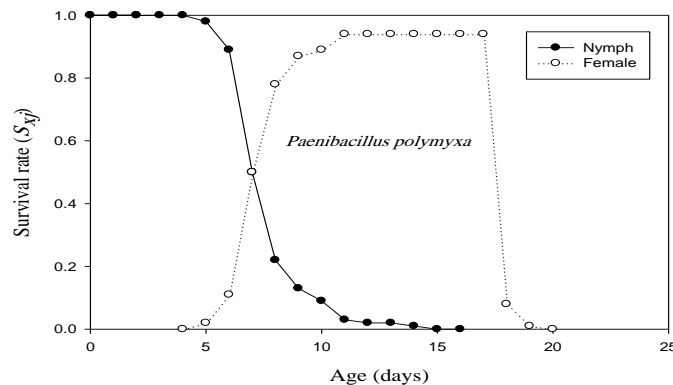
زنده‌مانی ویژه سنی - مرحله‌ای  $S_x z$  یعنی احتمال اینکه

است که انتظار می‌رود توسط یک فرد در سن  $x$  و در مرحله  $z$  تولید شود به عبارت دیگر سهم یک فرد در سن و مرحله در جمعیت بعدی را به صورت کمی در شکل ۳ نشان می‌دهد. مقادیر به دست آمده از این بررسی برای ارزش تولیدمثلی نشان می‌دهد که افراد ماده پرورش یافته روی باقلا شاهد در روز ۱۰ با تولید ۲۰/۱ پوره بیش‌ترین مشارکت را در نسل آینده داشتند. هم‌چنین در تیمار باکتری *P. polymyxa* در روز ۱۲، ۱۰/۸۷ عدد پوره ثبت شد. با بهره‌گیری از این فراسنجه می‌توان در هر مرحله آینده جمعیت شته سیاه باقلا را پیش‌بینی کرد. شروع زود هنگام پوره‌زایی حاکی از کوتاه بودن طول دوره پوره‌گی است که این دوره در تیمار شاهد کوتاه‌تر است. کوتاه بودن طول دوره پوره‌گی باعث افزایش انبوهی جمعیت در کوتاه مدت می‌شود.

گیاه باقلا با تیمارهای مختلف در شکل ۱ نشان داده شده است. منحنی‌های نرخ زنده‌مانی نشان داد که شته‌های پرورش یافته روی گیاه باقلا تیمار شده با تیمار باکتری زنده‌مانی کم‌تری دارد. این اختلاف ناشی از دوره زندگی کوتاه حشرات کامل و درصد مرگ و میر بیش‌تر مراحل پیش از بلوغ است. نرخ زنده‌مانی ویژه سنی  $l_x$  و باروری ویژه سنی - مرحله‌ای  $f_x$  زادآوری ویژه سنی  $m_x$  و باروری ویژه سنی  $l_x m_x$  شته‌های تغذیه کرده از تیمارهای مختلف در شکل ۲ نشان داده شده است. هم‌چنین با توجه به منحنی زادآوری شته سیاه باقلا مشخص می‌شود که بیش‌ترین میزان پوره‌زایی در تیمار شاهد اتفاق می‌افتد.

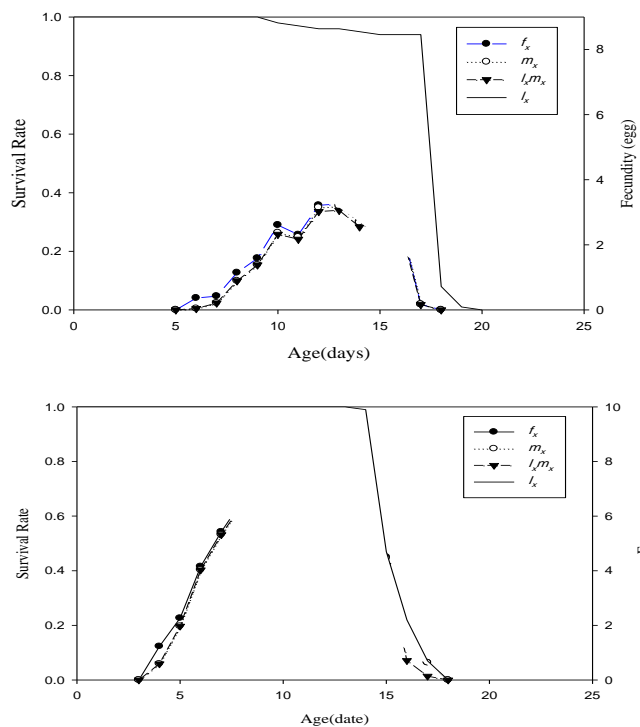
### ارزش تولید مثلی سنی-مرحله‌ای

ارزش تولیدمثلی سنی-مرحله‌ای  $V_{xz}$  تعداد نتاجی

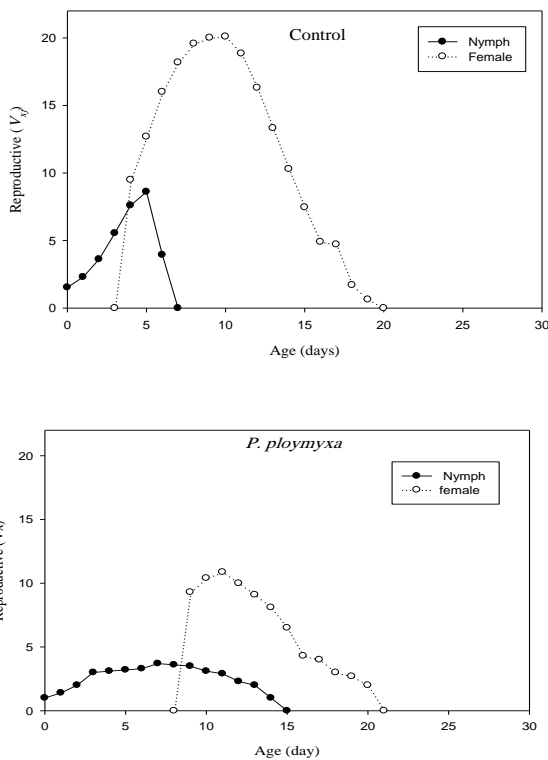


شکل ۱. نرخ زنده‌مانی ویژه سنی-مرحله‌ای شته سیاه باقلا پرورش یافته روی گیاه باقلا شاهد و گیاه باقلا تیمار شده با باکتری

*Paenibacillus polymyxa* N179



شکل ۲. نرخ زنده‌مانی ویژه سنی  $l_x$  و باروری ویژه سنی - مرحله‌ای  $fx$ ; زادآوری ویژه سنی  $mx$  و باروری ویژه سنی  $l_{mx}$  شته‌های تغذیه کرده روی گیاه باقلا شاهد و گیاه باقلا تیمار شده با باکتری *Paenibacillus polymyxa* N179



شکل ۳. ارزش تولیدمثلی سنی مرحله‌ای شته سیاه باقلا پرورش یافته روی گیاه باقلا شاهد و گیاه باقلا تیمار شده با باکتری *Paenibacillus polymyxa* N179



## بحث

به عنوان ملاکی برای انتخاب بهترین تیمار و پیشگویی موفقیت مقاومت القایی گیاهان استفاده کرد. کوتاه بودن طول عمر افراد ماده و کاهش میزان پوره‌زایی از عوامل مهمی است که منجر به کاهش انبوهی جمعیت آفت می‌شود. نامناسب بودن کیفیت گیاه میزبان آفات اگرچه بالا فاصله منجر به از بین رفتن حشره نمی‌شود اما حداقل در افزایش دوره پورگی حشرات و کاهش مدت زمان پوره‌زایی اثر دارد ( Legrand & Barbosa 2000). بر اساس اطلاعات موجود تا به امروز هیچ پژوهشی در ارتباط با ارزیابی اثر باکتری‌های ریزوباکتر بر فراسنجه‌های شته سیاه باقلا صورت نگرفته است. تنها اثر برخی کودهای ازته، ورمی‌کمپوست و برخی سوبه‌های باکتریایی روی فراسنجه‌های جدول زندگی شته سیاه باقلا صورت گرفته است ( Mohammadi 2006; Arancon et al. 2009). در بررسی‌های پیشین نشان داده شده است که باکتری *P. polymyxa* در تثبیت نیتروژن و جذب ریزمغذی‌های خاک به گیاه کمک می‌کنند ( Shores et al. 2010; Harman et al. 2004). علاوه بر این ثابت شده است تغییر در متابولیت‌های ثانویه و تقویت گیاه از نظر فیزیولوژیکی، منجر به مقاومت گیاه در برابر گیاه‌خواران و عوامل بیماری‌زا می‌شود (Pineda et al. 2010). بنابراین تقویت تغذیه‌ای گیاه میزبان، رشد و تولیدمثل شته‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Zhong et al. 2007).

تغذیه مناسب گیاه می‌تواند به عنوان یک وسیله دفاعی در مقابل حشرات گیاه‌خوار عمل کند و باعث کاهش باروری شته‌ها یا افزایش طول مدت نشو و نمای آن‌ها شود (Legrand & Barbosa 2000). گیاهان همواره در معرض حمله گیاه‌خواران و عوامل بیماری‌زا قرار می‌گیرند. بر اساس نظریه تکامل پایا یا هم‌زمان، گیاهان انواع مکانیسم‌های دفاعی را گسترش داده‌اند که شامل دفاع ساختاری و القایی است (Kollner et al. 2008). در رابطه با دفاع القایی دامنه تعریف گسترده‌ای وجود دارد. در اکثر مطالعات، مقاومت القایی به عنوان یک ابزار افزایش دهنده‌ی مکانیزم‌های دفاعی طبیعی گیاه در مقابل انواع بیماری‌گرها مطرح شده است که توسط طیفی از

تا به امروز بیشتر مطالعاتی که در رابطه با اثر کیفیت گیاه میزبان انجام شده است، نشان می‌داد که رشد مطلوب گیاه بر اثر عواملی چون کودها منجر به افزایش جمعیت برخی آفات می‌شود، چنانچه محققین در بررسی تاثیر تغذیه گیاه بر آفت نشان دادند که تغذیه‌ی شته سبز گندم از گیاهان کوددهی شده، باعث افزایش توانایی تولیدمثل شته در مقایسه با تیمار شاهد می‌گردد ( Alasvand Zarasvand et al. 2010). در حالی که در تحقیق حاضر تیمار گیاه باقلا با باکتری باعث کاهش نرخ ذاتی و کاهش توانایی تولید مثل شته سیاه باقلا شد. اما برخی از تحقیقات نیز نتایج مشابه داشتند. در بررسی که در سال‌های اخیر انجام گرفت کم‌ترین طول چرخه زیستی شته جالیز (۱۵/۰۸ روز در رقم یلدا) در تیمار ۳۰٪ ورمی-کمپوست گزارش شد ( کسایی فرادنبه، ۱۳۹۳). همچنین محققین گزارش کردند که استفاده از نسبت ۳۰٪ ورمی‌کمپوست در گیاه خیار موجب طولانی‌تر شدن طول دوره‌ی نشو و نمای شته جالیز (۸/۷ روز در رقم استورم و ۰/۷ روز در رقم رویال) و کوتاه‌تر شدن طول عمر حشرات کامل شته (۱۰/۵ روز در رقم استورم و ۱۳/۵ روز در رقم رویال) می‌شود ( Razmjou et al. 2011). در تحقیق مشابهی که انجام شد، پژوهشگران با بررسی‌های بیوشیمیایی نشان دادند گیاهان خیاری که با استرین PF169 باکتری *Pseudomonas fluorescens* تیمار شده بودند به طور معنی‌داری سبب افزایش طول دوره پوره‌گی و کاهش پوره‌زایی شته پنبه *Aphis gossypii* شدند. یکی از نشانه‌های القای مقاومت در گیاهان توسط باکتری‌ها، کاهش نرخ افزایش رشد آفت به عنوان مهمترین شاخص کاهش جمعیت حشرات است ( Fahimi et al. 2014). نرخ ذاتی افزایش جمعیت، 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 تولیدمثل حشره استفاده می‌شود (Southwood et al. 2000). از این فراسنجه می‌توان

میکروارگانیسیم‌هایی که مقاومت القایی را ایجاد می‌کنند حائز اهمیت است.

### نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد، تیمار گیاه باقلا با باکتری منجر به افزایش طول دوره نشو و نما داشت، همچنین افزایش طول دوره رشدی مراحل مختلف زیستی و کاهش میزان پوره‌زایی بر آماره‌های زیستی شته سیاه باقلا اثر گذاشت و به ویژه نرخ داتی افزایش رشد شته را به طور معنی‌داری در مقایسه با گیاه باقلای شاهد (بدون تیمار باکتری) کاهش داد که نشان از نامطلوب بودن گیاه تیمار یافته با باکتری برای شته سیاه باقلا است. اما به طور یقین نمی‌توان ادعا کرد که مقاومت القایی اتفاق افتاده است و نیازمند بررسی‌های بیشتری است. رواج مقاومت القایی و برهم‌کنش‌های غیرمستقیم در گیاه نشان از اهمیت تحقیق در این زمینه دارد. تحقیقات بیش‌تر در زمینه تحقیقات مولکولی و بیوشیمیایی می‌تواند جنبه‌های جدیدی از مقاومت القایی را روشن سازد. امید می‌رود نتایج این بررسی در گسترش روش‌های پایدار و بدون زیان برای محیط زیست و انسان برای مدیریت آفات نقش داشته باشد.

فاکتورها برانگیخته می‌شود، برخی میکروارگانیسیم‌های خاکری نیز باعث القای مقاومت در گیاهان می‌شوند و بر علیه طیف وسیعی از مهاجمان به گیاهان هم‌چون قارچ‌ها، باکتری‌ها، نماتدها، ویروس‌ها و حشرات برگ-خوار موثر هستند (Vander Ent *et al.* 2009; De Vleesschauwer & Hofte 2009). مطالعات اندک در ارتباط با القای مقاومت در گیاهان در برابر حشرات آفت نشان می‌دهد، هنوز ابهامات در این زمینه وجود دارد و نیاز است مطالعات بیشتری انجام شود. به طور کلی مقاومت القایی با هر نوع منشا، کیفیت گیاهان را تغییر می‌دهد و به طور غیرمستقیم برهمکنش گیاه را با موجودات زنده‌ای که با گیاهان در ارتباط هستند، مانند آفات و دشمنان طبیعی را تغییر می‌دهد (De Vos *et al.* 2005). این مکانیسم می‌تواند باعث تغییر ترجیح، عملکرد و موفقیت تولیدمثلی حشرات گیاه‌خوار باشد. شواهدی وجود دارد که بیان می‌کند اغلب مسیرهای بیوشیمیایی درگیر در دفاع گیاه در اثر وجود میکروارگانیسیم‌های خاکری فعال می‌شود و این امر می‌تواند اثر منفی روی گیاه‌خوار داشته باشد (Kessler, 2002). شناخت مقاومت القایی در گیاهان که به نوعی استفاده از خود قابلیت‌های طبیعی محیط زیست است، نقش مهمی را در مدیریت انبوهی آفات خواهد داشت. در این میان شناخت

### منابع

- کسائی فرادنبه، صدیقه؛ حسن پور، مهدی. رزمجو، جبرائیل. گلی زاده، علی و اسماعیل پور، بهروز. (۱۳۹۳). شاخص‌های زیستی و رشد جمعیت شته جالیز *Aphis gossypii* Glover، روی گیاه خیار پرورش یافته در نسبت‌های مختلف ورمی-کمپوست به خاک. *تحقیقات آفات گیاهی*، ۴(۴)، ۳۵-۴۸.
- محمدی گورجی، م. (۱۳۸۸). تاثیر رقم خیار و ورمی کمپوست روی رشد جمعیت شته‌ی جالیز *Aphis gossypii* Glover در شرایط آزمایشگاهی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. به راهنمایی مهدی حسن پور. اردبیل: دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده کشاورزی.

### REFERENCES

- Adam, A. Makee, H. Idris, I. (2017). The influence of a non-pathogenic *Pseudomonas putida* strain BTP1 on reproduction and development of grape phylloxera. *Advanced Hortical science*, 26(2), 75–80.
- Anand, R. Grayston, S. Chanway, C. (2013). N2-fixation and seedling growth promotion of lodgepole pine by endophytic *Paenibacillus polymyxa*. *Microbiology Ecology*, 66, 369–374.
- Arancon, N.Q. & Edwards, C.A. (2006). Suppression of insect pest population and damage to plants by vermicomposts. *Bioresource Technology*, 96, 1137–1142.
- Carey, J.R. (1993). Applied demography for biologists with special emphasis on insects. *Oxford university press, New York, USA*.

5. Chi, H. Liu, H. (1985). Two new methods for the study of insect population ecology. *Bulletin of Institute of Zoology* 24: 225–240.
6. De Vleeschauwer, & D. Höfte, M. (2009). Rhizobacteria-induced systemic resistance. *Advances in Botanical Research, Academic Press*, 51, 223–281.
7. De Vos, M. Van Oosten, V.R. Van Poecke, R.M.P. Van Pelt, J.A. Pozo, M.J. Mueller, M.J. Buchala, A.J. Métraux, J.P. Van Loon, L.C. Dicke, M. (2005). Signal signature and transcriptome changes of Arabidopsis during pathogen and insect attack. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 18, 923–937.
8. Edreva, A. (2004). A novel strategy for plant protection: Induced resistance. *Journal of Cell and Molecular Biology*, 3, 61–69.
9. Fahimi, A. Ashouri, A. Ahmadzadeh, M. Naveha, V.H. Asgharzadehb, A. Malekia, F. Feltonc, G.W. (2014). Effect of PGPR on population growth parameters of cotton aphid. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 47(11), 1274–1285.
10. Fallahzadeh-Mamaghani, V. Golchin, S. Shirzad, A. Mohammadi, H. Mohamadivand, F. (2021). Characterization of *Paenibacillus polymixa* N179 as a robust and multifunctional biocontrol agent. *Biological control*. 154, 1–9.
11. Glick, B.R. (2014). Bacteria with ACC deaminase can promote plant growth and help to feed the world. *Microbiological Research*, 169, 30–39.
12. Kasaei Faradonbeh, S. Hassanpou, M. Razmjou, J. Golizadeh, A. Esmaeilpour, B. (2015). Biological and population growth parameters of the melon aphid, *Aphis gossypii* Glover on cucumber plants grown at different vermicompost: soil ratios. *Plant Pests Research*, 4(4), 35–48. (In Persian).
13. 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 (5), 615–623.
14. Kessler, A. Baldwin, I.T. (2002). Plant responses to insect herbivory: the emerging molecular analysis. *Annual Review of Plant Biology*, 53, 299–328.
15. Köllner, T.G. Held, M. Lenk, C. Hiltbold, I. Turlings, T.C. Gershenzon, J. (2008). A maize (E)-beta-caryophyllene synthase implicated in indirect defense responses against herbivores is not expressed in most American maize varieties. *Plant Cell*, 20, 482–494.
16. Leeman, M. Ouden, F.M. Pelt, J.A. Cornelissen, C. Matamala-Garros, A. Bakker, P.A.H.M. Schippers, B. (1996). Suppression of fusarium wilt of radish by co-inoculation of fluorescent *Pseudomonas* spp. and root-colonizing fungi. *European Journal of Plant Pathology*, 102(1), 21–31.
17. 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.
18. Ling, L. Zhao, Y. Sun, Sh. Zheng, D. Sun, X. Zeng, R. Chen, D. Song, Y. (2022). Enhanced anti-herbivore defense of tomato plants against *Spodoptera litura* by their rhizosphere bacteria. *Plant Biology*, 22, 254.
19. Mohammadi Goraji, M. (2009). Effect of cucumber cultivar and vermicompost on melon aphid *Aphis gossypii* (Hem. Aphididae) in laboratory. MSc. thesis, *University of Mohaghegh Ardabili* (In Persian).
20. Murphy, J.F. Zehnder G.W. Schuster, D.J. Sikora, E.J. Polston, E. Kloepper, J.W. (2000). Plant growth-promoting rhizobacterial mediated protection in tomato against Tomato mottle virus. *Plant Diseases*, 84 (7), 779–784.
21. Pavlou, G. & Vakalounakis, D. (2005). Biological control of root and stem rot of greenhouse cucumber, caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. radialis-cucumerinum, by lettuce soil amendment. *Crop protection*, 24, 135–140.
22. Pineda, A. Zheng, S.J. Van Loon, J.J.A. Pieterse, C.M.J. Dicke, M. (2010). Helping plants to deal with insects: the role of beneficial soil-borne microbes. *Trends in Plant Science*, 15, 507–514.
23. Qingwen, h. Ping, L. Gang, W. Qingnian, C. (1998). On the biochemical mechanism of induced resistance of cotton to cotton bollworm by cutting off young seedling at *plumular axis*. *Acta Phytophylacica Sinica*, 25, 209–212.
24. Ravi, A.V. Musthafa, K.S. Jegathambal, G. Kathiresan, K. Pandian, S.K. (2007). Screening and evaluation of probiotics as a biocontrol agent against pathogenic Vibrios in marine aquaculture. *Letters in Applied Microbiology*, 45(2), 219–223.
25. 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(8), 561–640.
26. Schmeltz, E.A. Alborn, H.T. Banchio, E. Tumlinson, J.H. (2013). Quantitative relationships between induced jasmonic acid levels and volatile emission in *Zea mays* during *Spodoptera exigua*. *Herbivory Planta*, 216, 665–673.

27. Serteyn, L. Quaghebeur, C. Ongena, M. Cabrera, N. Barrera, A. Montengro, M. Francic, M. Ramiraz, C. (2020). Induced Systemic Resistance by a Plant Growth-Promoting Rhizobacterium Impacts Development and Feeding Behavior of Aphids. *Insects*, 11(4), 234.
28. Stout, M.J. Thaler, J.S. Thomma, B.P. (2006). Plant mediated interactions between pathogenic microorganisms and herbivorous arthropods. *Annual Review of Entomology*, 51, 663– 689.
29. Van der Ent, S. Van Hulten, M. Pozo, M.J. Czechowski, T. Udvardi, M.K. Pieterse, C.M.J. Ton, J. (2009). Priming of plant innate immunity by rhizobacteria and beta-aminobutyric acid: differences and similarities in regulation. *The New phytologist*, 183(2), 419–431.
30. Wheeler, G.S. Slansky, F. (1994). Effect of constitutive and herbivore-induced extractables from susceptible and resistance soybean foliage on non pest and pest noctuid caterpillar. *Journal of Economic Entomology*, 84, 1068–1079.
31. Yegorenkova, I.V. Tregubova, K.V. Ignatov, V.V. (2013). "Paenibacillus polymyxa Rhizobacteria and their synthesized exoglycans in interaction with wheat roots: colonization and root hair deformation". *Current Microbiology*, 66 (5), 481–486.
32. Zengguo, H. Kislá, D. Zhang, L. Yuan, C. Green-Church, K.B. Yousef, A.E. (2007). Isolation and Identification of a *Paenibacillus polymyxa* Strain That Coproduces a Novel Lantibiotic and Polymyxin. *Applied and Environmental Microbiology*, 73(1), 168–178.
33. Zhong-xian, L. Xiao-ping, H. Heong, K.L. (2007). Effect of nitrogen fertilizer on herbivores and its stimulation to major insect pests in rice. *Rice Science*, 14(1), 56-66.