تحقیقات آفات گیاهی

علمی پژوهشی
۱۴۰۳ -۱۴(۴): ۴۵-۵۷

https://doi.org/10.22124/iprj.2025.29302.1618

pISSN:2322-2409
eISSN: 2538-6123

OPEN ACCESS

# تاثیر ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه بر فراسنجه‌های زیستی و باروری کنه تارتن دولکه‌ای روی خیار

**الهه درینی** [۱]
https://orcid.org/0009-0001-7553-1047

**حمیدرضا علیزاده** [۲]
https://orcid.org/0000-0002-4529-0158

**مصطفی خنامانی*** [۳]
https://orcid.org/0000-0003-2164-9565

۱، ۲ و ۳ - گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران

**امین صدارتیان جهرمی** [۴]
https://orcid.org/0000-0002-2588-2359

۴- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران

**چکیده:** ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) می‌توانند بر دفاع گیاه در برابر گیاه‌خواران و بیمارگرهای اندام‌های هوایی و زیرزمینی تاثیر بگذارند. مطالعه حاضر با هدف ارزیابی تاثیر کاربرد برخی ریزوباکتری‌های محرک رشد (*Bacillus subtilis*، *Pseudomonas fluorescens* و *Azospirillum brasilense*) بر گیاه خیار روی فراسنجه‌های زیستی و باروری کنه تارتن دولکه‌ای انجام شد. گیاهان خیار در مرحله دو تا چهار برگی با سوسپانسیون (با غلظت $10^7$ CFU/g$^{-1}$) باکتری‌های فوق تیمار شدند. کنه‌های تارتن قبل از انجام آزمایش‌ها به‌طور جداگانه روی گیاهان خیار تیمار شده با باکتری‌ها به مدت دو نسل پرورش داده شدند. نتایج به‌دست‌آمده نشان‌دهنده اثرات بازدارنده ریزوباکتری‌های مورد استفاده بر فراسنجه‌های زیستی کنه تارتن بود. طول دوره نابالغ به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر ریزوباکتری‌ها قرار گرفت؛ به‌طوری‌که طولانی‌ترین دوره نابالغ (۱۰/۰۶ روز) مربوط به ریزوباکتری *B. subtilis* بود. طول دوره قبل از تخم‌ریزی و طول عمر نرهای بالغ تحت تاثیر ریزوباکتری‌ها قرار نگرفت، در حالی‌که طول دوره تخم‌ریزی (۲/۶۴ الی ۴/۵۸ روز)، طول عمر ماده‌های بالغ (۱/۸۱ الی ۳/۳۵ روز) و میزان باروری (۹/۲۲ الی ۱۲/۰۷ تخم/ماده) در گروه‌های تیمار شده با باکتری نسبت به شاهد (بدون باکتری) به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. کمترین مقدار این فراسنجه‌ها و بیشترین کاهش در افراد تغذیه‌کرده از گیاهان تیمار شده با باکتری *B. subtilis* مشاهده شد. نتایج نشان داد که ریزوباکتری‌های مورد استفاده در این آزمایش به‌ویژه باکتری *B. subtilis*، سازوکارهای دفاعی ضد گیاه‌خواری را در گیاه خیار علیه کنه تارتن تقویت و القا می‌کنند.

**واژه‌های کلیدی:** ریزوباکتری، مهار زیستی، کنه تارتن دولکه‌ای، مقاومت سیستمیک القایی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۳/۹/۳

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۳/۱۱/۲۰

***Citation***: Darini, E., Alizadeh, H., Khanamani, M. & Sedaratian-Jahromi, A. (2025). The effect of plant growth-promoting rhizobacteria on biological and reproductive parameters of two-spotted spider mite in cucumber. *Plant Pest Research*, *14*(4), 45-57. **Doi: https://doi.org/10.22124/iprj.2025.29302.1618**

*Corresponding author: m.khanamani@ujiroft.ac.ir

Journal of Plant Pest Research is published by University of Guilan
This journal is an open access journal licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International license (CC BY 4.0)

## مقدمه

کنه تارتن دولکه‌ای، *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)، یکی از مهم‌ترین آفاتی است که از محتویات سلولی بیش از ۱۱۰۰ گونه گیاهی از جمله ۱۵۰ محصول در سطح جهان تغذیه می‌کند (Bensoussan *et al*., 2016). کنه تارتن یک آفت بسیار جدی گیاه خیار (*Cucumis sativus* L.) به‌ویژه در گلخانه‌ها است (Hessey & Parr, 1963). این کنه به‌دلیل تولیدمثل زیاد و توانایی در ایجاد سریع مقاومت به آفت‌کش‌ها، از اهمیت بسیار بالایی برخودار است (Tehri, 2014). سمپاشی‌های مکرر گیاه خیار برای کنترل این آفت و سایر آفات، با توجه به کوتاه بودن دوره برداشت محصول، مخاطرات جدی را برای مصرف‌کنندگان به وجود می‌آورد. امروزه به‌منظور کاهش اثرات سوء ناشی از مصرف بی رویه سموم شیمیایی در محصولات کشاورزی، از روش‌های جایگزین در برنامه‌های مدیریتی آفات و بیماری‌ها استفاده می‌شود که در این میان استفاده از برنامه‌های مهار زیستی بسیار حائز اهمیت است. یکی از عوامل بیولوژیک مؤثر در مهار زیستی، باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه (PGPR[1]) می‌باشند. این باکتری‌ها رشد گیاه را از طریق مکانیسم‌های مستقیم و غیرمستقیم نظیر بهبود ویژگی‌های رشدی و القای مقاومت علیه آفات و بیمارگرهای مختلف افزایش می‌دهند (Zakry *et al*., 2012; Hosseini *et al*., 2022).

گونه‌های باکتریایی خاک که در ریزوسفر گیاهی و در داخل، روی یا اطراف بافت‌های گیاهی رشد می‌کنند و رشد گیاه را با مکانیسم‌های فراوانی تحریک می‌کنند، در مجموع به‌عنوان باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه (PGPR) شناخته می‌شوند (Vessey, 2003). نحوه عملکرد انواع مختلف PGPR با توجه به نوع گیاه میزبان متفاوت است (Fasciglione *et al*., 2015). همچنین برخی عوامل زنده (ژنوتیپ‌های گیاهی، مراحل رشدی و مکانیسم‌های دفاعی گیاه، سایر اعضای جامعه میکروبی) و غیر زنده (ترکیب خاک، مدیریت خاک و شرایط آب و هوایی) نیز ممکن است عملکرد آن‌ها را تحت تأثیر قرار دهند (Vacheron *et al*., 2013). باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه موجوداتی هستند که می‌توانند رشد گیاه را با مکانیسم‌های مختلفی مانند حل شدن فسفات، تولید سیدروفور، تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، مهندسی ریزوسفر، تولید ترکیباتی مانند ۱- آمینو سیکلوپروپان-۱-کربوکسیلات دآمیناز، بهینه‌سازی سیگنال سنجش حد نصاب احساس و مهار تشکیل بیوفیلم، تولید هورمون‌های گیاهی، فعالیت ضد قارچی، تولید ترکیبات آلی فرار، القای مقاومت سیستمیک، ایجاد همزیستی‌های مفید گیاه-میکروب، تداخل با تولید سم توسط عامل بیماری‌زا یا از طریق رقابت بر سر مواد مغذی یا مکانیسم‌های دیگر افزایش دهند (Bhattacharyya & Jha, 2012). باکتری های شناسایی‌شده به‌عنوان PGPR می‌توانند اعضای چندین جنس مانند *Azotobacter*، *Acetobacter*، *Azospirillum*، *Burkholderia*، *Pseudomonas* و *Bacillus* باشند (Arshad & Frankenberger, 1997; Jeyanthi & Kanimozhi, 2018).

اصطلاح مقاومت القایی یک اصطلاح عمومی برای القای مقاومت توسط القاءکننده‌های زیستی یا شیمیایی در گیاهان به‌کار می‌رود، که از قسمت‌هایی از گیاه که در معرض حمله بیمارگر و یا آفات گیاه‌خوار قرار دارند محافظت می‌کند (Kuc, 1982). گیاهان می‌توانند در نتیجه عفونت توسط یک بیمارگر و یا در پاسخ به حمله گیاه‌خواران، پس از کلونیزه شدن ریشه‌ها توسط میکروب‌های مفید خاص یا پس از تیمار با مواد شیمیایی خاص، مقاومت القایی ایجاد کنند. مقاومت القایی نه‌تنها به‌صورت موضعی در محل القاء، بلکه به‌صورت سیستمیک در قسمت‌هایی از گیاه که از نظر مکانی از القاءکننده جدا شده‌اند نیز بیان می‌شود (Walters *et al*., 2013). مقاومت القایی را می‌توان به دو شکل اساسی طبقه‌بندی کرد: (الف) مقاومت سیستمیک اکتسابی (SAR[2]) و (ب) مقاومت سیستمیک القایی (ISR[3]) (Meena *et al*., 2020). مقاومت سیستمیک اکتسابی مکانیسم دفاع القایی است که حفاظت طولانی‌مدت در برابر طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌ها را به ارمغان می‌آورد. SAR به مولکول سیگنال سالیسیلیک اسید نیاز دارد و

[1]. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria
[2]. Systemic Acquired Resistance
[3]. Induced Systemic Resistance

با تجمع پروتئین‌های مرتبط با بیماری‌زایی مرتبط است که تصور می‌شود به مقاومت کمک می‌کنند (Durrant & Dong, 2004). اصطلاح مقاومت سیستمیک القایی برای توصیف مقاومت ناشی از میکروارگانیسم‌های غیربیماری‌زا و محرک‌های طبیعی یا مصنوعی استفاده می‌شود (Kuc´, 2001; Vallard & Goodman, 2004).

اهمیت باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد در برنامه‌های مهار زیستی به‌گونه‌ای است که پژوهشگران مختلف به ارزیابی کارایی این عوامل زیستی بر آفات مختلف از جمله سوسک کلرادوی سیب‌زمینی (*Leptinotarsa decemlineata* Say) روی سیب‌زمینی (Trdan *et al*., 2018)، شته کلم (*Brevicoryne brassicae* L.) روی گیاه کلزا (Sattari Nasab *et al*., 2019)، شته سبز هلو (*Myzus persicae* Sulzer) و کنه تارتن دولکه‌ای روی گیاه فلفل (Pappas *et al*., 2021) پرداخته‌اند. با وجود آن‌که باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد از اهمیت غیر قابل انکاری در القای مقاومت در گیاهان علیه برخی از آفات و بیماری‌ها برخوردار می‌باشند، بررسی‌های صورت‌گرفته در خصوص ارزیابی تاثیر این باکتری‌ها روی فراسنجه‌های زیستی و باروری کنه تارتن دولکه‌ای بر گیاه خیار در دسترس نمی‌باشد. بر همین اساس، در پژوهش حاضر کارایی برخی از این باکتری‌ها در القای مقاومت علیه کنه‌ی تارتن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش می‌تواند در برنامه‌های مدیریت تلفیقی این آفت در گلخانه-های خیار بر پایه القای مقاومت توسط باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه مورد استفاده قرار گیرد.

## مواد و روش‌ها

### تهیه جدایه‌های باکتری

باکتری‌های مورد استفاده در این پژوهش جدایه‌های *Bacillus subtilis*، *Pseudomonas fluorescens* و *Azospirillum brasilense* بودند که از کلکسیون باکتری‌های توالی‌یابی و شناسایی‌شده (Firozbakht, 2024) موجود در دانشگاه جیرفت تهیه شدند.

### تهیه سوسپانسیون باکتری و تلقیح خاک

به‌منظور تهیه سوسپانسیون باکتری، باکتری‌های مورد نظر در پلیت‌های حاوی محیط کشت Nutrient Agar کشت شده و پس از ۲۴ ساعت نگهداری در دمای ۲۸ درجه سلسیوس، در سولفات منیزیم ۰/۰۱ مولار حل و به فالکن سترون منتقل شدند. سپس باکتری‌ها دو مرتبه در ۴۰۰۰ دور هر بار به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شده و بعد از هر بار سانتریفیوژ، فاز رویی حذف شد. پس از سانتریفیوژ رسوب هر باکتری به‌صورت جداگانه در مقدار مشخصی از آب مقطر سترون حل و به‌منظور پخش شدن یکنواخت در سوسپانسیون به‌خوبی ورتکس و چگالی نوری (OD[1]) آن با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۰۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. سپس هر باکتری در میزان مشخصی از آب مقطر سترون حل شد تا غلظت $10^8$CFU/ml$^{-1}$ ($OD_{600}$= 0.8) به دست آید (Park *et al*., 2013). در ادامه سوسپانسیون هر باکتری به‌صورت جداگانه به خاک گلدان‌های حاوی نشای خیار در مرحله دو برگ حقیقی به اندازه‌ای اضافه شد تا جمعیت باکتری در خاک به میزان مناسب ($10^7$ CFU/g$^{-1}$) برسد. از آب مقطر سترون برای تیمار کردن گیاهان شاهد استفاده شد.

### پرورش گیاه میزبان

برای انجام آزمایش‌ها از بذرهای گیاه خیار رقم سورنا[2] استفاده شد. قبل از کاشت، بذرها به مدت ۳۰ ثانیه در هیپوکلریت سدیم یک درصد قرار داده شدند و سه بار با آب مقطر سترون شسته شدند تا آثار مواد شیمیایی تیمار شده از بین برود. بذرها در دمای ۲۸ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت بین کاغذ صافی مرطوب سترون انکوبه شدند. پس از ۲۴ ساعت، بذرهای جوانه‌زده در سینی‌های نشاء حاوی پیت‌ماس که دو بار با فاصله ۲۴ ساعت به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس و فشار ۱۵ پوند سترون شده بودند،

[1]. Optical Density
[2]. Sourena

در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه جیرفت با دمای ۵±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۲۰±۷۵ درصد و شرایط روشنایی طبیعی در آبان ماه کشت شدند. نشاءها در مرحله دو برگ حقیقی به گلدان‌های سترون با قطر دهانه هشت سانتی‌متر و ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر که با مخلوطی از خاک مزرعه، خاک‌برگ و پرلیت (به نسبت ۱:۱:۲) سترون پر شده بودند، منتقل و عملیات کوددهی و آبیاری طبق نیاز گیاه انجام پذیرفت. لازم به ذکر است که به‌منظور جلوگیری از آلودگی گیاهان مذکور به آفات ناخواسته‌ای که در شرایط گلخانه فعال بودند، گیاهان درون قفس‌های توری مخصوص نگهداری شدند.

## تشکیل کلنی کنه تارتن دولکه‌ای در شرایط گلخانه

به‌منظور تشکیل کلنی کنه تارتن، نمونه‌برداری از گلخانه‌های آلوده به این آفت در شهرستان جیرفت صورت گرفت و شناسایی آفت با استفاده از کلیدهای شناسایی مربوطه انجام شد. کلنی کنه تارتن روی گیاهان خیار (بدون باکتری) درون قفس‌های توری نگهداری شد. قبل از شروع آزمایش‌های اصلی، آفت به مدت دو نسل به‌صورت جداگانه روی گیاهان خیار تیمار شده با باکتری‌های مورد مطالعه پرورش داده شد. گلدان‌های خیار درون هر قفس به‌منظور حفظ کلنی، در فواصل زمانی معین (با توجه به جمعیت کنه‌های درون هر قفس) با گلدان‌های خیار جدید جایگزین شدند.

## تهیه دیسک برگی

برای انجام آزمایش‌ها از دیسک‌های برگی تهیه‌شده از برگ‌های گیاهان خیار تیمار شده با باکتری‌های مختلف، در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. هر دیسک برگی از دو ظرف پتری تشکیل شده بود. ظرف پتری کوچک‌تر با قطر شش سانتی‌متر و ارتفاع ۱/۵ سانتی‌متر بود که در مرکز آن سوراخی با استفاده از هویه برقی ایجاد شد. در مرحله بعد لایه‌ای از پنبه به ضخامت یک میلی‌متر در کف ظرف پتری شش سانتی‌متری قرار داده شد و سپس برگ‌های هر تیمار جداگانه و به‌صورت قطعاتی دایره‌ای به قطر سه سانتی‌متر بریده شدند و روی پنبه گذاشته شدند، به‌طوری‌که پشت برگ‌ها به سمت بالا قرارگرفته بود. در مرحله بعد اطراف قطعه برگی که روی پنبه قرار داشت با نوار باریکی از پنبه احاطه شد. این مجموعه درون یک ظرف پتری بزرگ‌تر با قطر هشت سانتی‌متر قرارداده شد و درون ظرف پتری بزرگ‌تر لایه‌ای از آب به ارتفاع حدود یک سانتی‌متر اضافه شد. آب از طریق سوراخ ایجاد شده در مرکز ظرف پتری کوچک‌تر وارد آن شده و با مرطوب نمودن لایه پنبه زیر برگ و نوار پنبه‌ای که برگ را احاطه نموده بود، موجب حفظ طراوت و شادابی برگ شد. مقدار آب به‌طور روزانه تنظیم شد.

## انجام آزمایش‌ها

به‌منظور ارزیابی مقاومت ایجاد شده توسط باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد در گیاه خیار علیه کنه تارتن دولکه‌ای، ویژگی‌های زیستی و باروری این آفت روی گیاهان خیار تیمار شده با باکتری‌های *B. subtilis*، *P. fluorescens* و *A. brasilense* و همچنین گیاهان خیار شاهد (تیمار شده با آب مقطر سترون) مورد بررسی قرار گرفت. در هر آزمایش از ۵۰ عدد تخم هم‌سن کنه تارتن (با طول عمر کمتر از ۱۲ ساعت) پرورش‌یافته روی گیاهان خیار تیمار شده با باکتری‌های مورد مطالعه استفاده شد. پس از انتقال تخم‌ها به دیسک‌های برگی، دیسک‌های مورد نظر دو بار در روز با استفاده از استریومیکروسکوپ مورد بازدید قرارگرفته و علاوه بر طول مراحل مختلف رشدی، میزان مرگ‌ومیر روزانه نیز تا زمان ظهور کنه‌های بالغ ثبت شد. از این اطلاعات برای تعیین طول مراحل مختلف زیستی قبل از بلوغ و درصد مرگ‌ومیر مراحل مختلف قبل از بلوغ استفاده شد. با ظهور کنه‌های بالغ، افراد ماده با نرهای ظاهر شده روی هر تیمار، جفت شده و به دیسک‌های پرورش جداگانه‌ای منتقل شدند. این دیسک‌ها به‌صورت روزانه مورد بازدید قرار گرفته و علاوه بر ثبت میزان تخم‌ریزی روزانه افراد ماده، میزان زنده‌مانی افراد (ماده و نر) نیز تا زمان مرگ آخرین فرد ثبت شد. از اطلاعات به‌دست‌آمده، برای تعیین طول دوره قبل از تخم‌ریزی، طول دوره تخم‌ریزی، باروری روزانه (تعداد تخم گذاشته‌شده در هر روز) و باروری کل (میانگین تخم‌های گذاشته‌شده در کل دوره تخم‌ریزی) و طول عمر حشرات ماده و نر استفاده شد. این آزمایش‌ها در دستگاه ژرمیناتور با دمای ۱±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۰ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی انجام شد. لازم به ذکر است که به‌منظور از بین بردن اثرات ناشی از کاهش طراوت برگ‌های خیار درون

دیسک‌های برگی روی رشد و نمو و باروری کنه تارتن، هر سه روز دیسک‌های برگی تعویض شده و کنه‌ها به دیسک‌های جدید انتقال یافتند (Khanamani *et al*., 2013).

### تجزیه آماری داده‌ها

داده‌های زیست‌شناسی و باروری ثبت‌شده حاصل از بازدیدهای روزانه کنه تارتن دولکه‌ای روی تیمارهای مختلف با استفاده از جدول زندگی دو جنسی (Chi and Liu, 1985) و مانند روش توضیح داده‌شده توسط چی (Chi, 1988) تجزیه شدند. برای تجزیه داده‌ها از برنامه کامپیوتری TWOSEX-MSChart (Chi, 2024) که در ویژوال بیسیک طراحی شده، استفاده شد. واریانس و خطاهای معیار فراسنجه‌های زیست‌شناسی و باروری با استفاده از روش بوت‌استرپ با ۱۰۰,۰۰۰ تکرار برآورد شد. مقادیر بوت‌استرپ فراسنجه‌های زیست‌شناسی و باروری کنه تارتن روی تیمارهای مختلف با استفاده از روش بوت‌استرپ جفت‌شده[1] و بر اساس حدود اطمینان[2] مقایسه شدند.

## نتایج

### تاثیر باکتری‌های PGPR بر فراسنجه‌های زیستی کنه تارتن

تاثیر باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه روی طول مراحل مختلف زیستی کنه تارتن دولکه‌ای در گیاه خیار در جدول ۱ نشان داده شده است. با توجه به این نتایج، طول دوره تخم، لارو–پوره، و کل دوره قبل از بلوغ کنه تارتن روی گیاهان خیار تیمار شده با باکتری *B. subtilis* (به‌ترتیب ۳/۹۵، ۶/۱۱ و ۱۰/۰۶ روز) به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد (به‌ترتیب ۳/۳، ۴/۷۴ و ۸/۰۵ روز) افزایش یافت. طول دوره لارو–پوره و کل دوره قبل از بلوغ کنه‌های تغذیه‌کرده از گیاهان تیمار شده با باکتری *P. fluorescens* (به‌ترتیب ۵/۸۹ و ۹/۴۲ روز) و باکتری *A. brasilense* (به‌ترتیب ۵/۶۸ و ۹/۲۱ روز) نیز نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. طول عمر ماده‌های بالغ پرورش‌یافته روی سه تیمار دارای باکتری‌های مورد مطالعه (۱۶/۷۵ الی ۱۸/۲۹ روز) کمتر از کنه‌های پرورش‌یافته روی گیاهان خیار بدون باکتری (۲۰/۱ روز) بود؛ اما طول عمر نر بالغ و طول عمر کل (از تولد تا مرگ) تحت تاثیر باکتری‌ها قرار نگرفت و دارای اختلاف معنی‌داری با شاهد نبود.

### تاثیر باکتری‌های PGPR بر فراسنجه‌های باروری کنه تارتن

تاثیر باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه بر فراسنجه‌های باروری کنه تارتن دولکه‌ای روی گیاه خیار در جدول ۱ نشان داده شده است. میانگین طول دوره قبل از تخم‌ریزی (از زمان ظهور ماده‌های بالغ تا اولین تخمگذاری) کنه تارتن در تیمارهای مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشت و تحت تاثیر باکتری‌ها قرار نگرفت؛ اما طول دوره تخم‌ریزی و میزان باروری کنه‌های تارتن تغذیه‌کرده از گیاهان خیار تیمار شده با باکتری‌های مورد مطالعه، به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش یافت؛ به‌طوری‌که کمترین طول دوره تخم‌ریزی (۱۳/۱۷ روز) و میزان باروری کل (۳۲/۰۸ تخم) مربوط به کنه‌های پرورش‌یافته روی گیاهان تیمار شده با باکتری *B. subtilis* بود.

---

[1]. Paired bootstrap
[2]. Confidence interval

جدول ۱- تاثیر باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد (PGPR) روی طول مراحل مختلف زیستی (روز) و فراسنجه‌های تولید مثلی کنه تارتن دولکه‌ای روی خیار

Table 1. The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on the duration of different life stages (days) and reproductive parameters of *Tetranychus urticae* on cucumber

| Parameters | Control | Rhizobacteria | | |
|---|---|---|---|---|
| | No bacteria | *Pseudomonas fluorescens* | *Bacillus subtilis* | *Azospirillum brasilense* |
| Egg | 3.3±0.11$^{b}$ | 3.55±0.11$^{ab}$ | 3.95±0.05$^{a}$ | 3.4±0.15$^{b}$ |
| Larva-nymph | 4.74±0.15$^{b}$ | 5.89±0.19$^{a}$ | 6.11±0.14$^{a}$ | 5.68±0.17$^{a}$ |
| Preadult | 8.05±0.19$^{c}$ | 9.42±0.22$^{ab}$ | 10.06±0.15$^{a}$ | 9.21±0.26$^{b}$ |
| Adult longevity (M*) | 21. 5±1.06$^{a}$ | 19.4±1.54$^{a}$ | 19.33±0.95$^{a}$ | 19.8±0.97$^{a}$ |
| Adult longevity (F*) | 20.1±0.68$^{a}$ | 17.57±0.67$^{b}$ | 16.75±0.71$^{b}$ | 18.29±0.61$^{b}$ |
| Total life span (M) | 28.83±1.11$^{a}$ | 29.6±1.78$^{a}$ | 29.17±1.05$^{a}$ | 28.6±0.93$^{a}$ |
| Total life span (F) | 27.92±0.65$^{a}$ | 26.71±0.81$^{a}$ | 26.92±0.77$^{a}$ | 27.5±0.73$^{a}$ |
| Pre-oviposition | 1.15±0.1$^{a}$ | 1.14±0.1$^{a}$ | 1.33±0.14$^{a}$ | 1.43±0.14$^{a}$ |
| Oviposition days | 17.85±0.62$^{a}$ | 14.71±0.59$^{b}$ | 13.17±0.68$^{c}$ | 15.21±0.56$^{b}$ |
| Fecundity (eggs/F) | 44.15±1.53$^{a}$ | 34.71±0.88$^{b}$ | 32.08±1.82$^{b}$ | 34.93±0.95$^{b}$ |

The means followed by different letters in the same row are significantly different ($P < 0.05$, Paired bootstrap test).
*M: male; F: female.

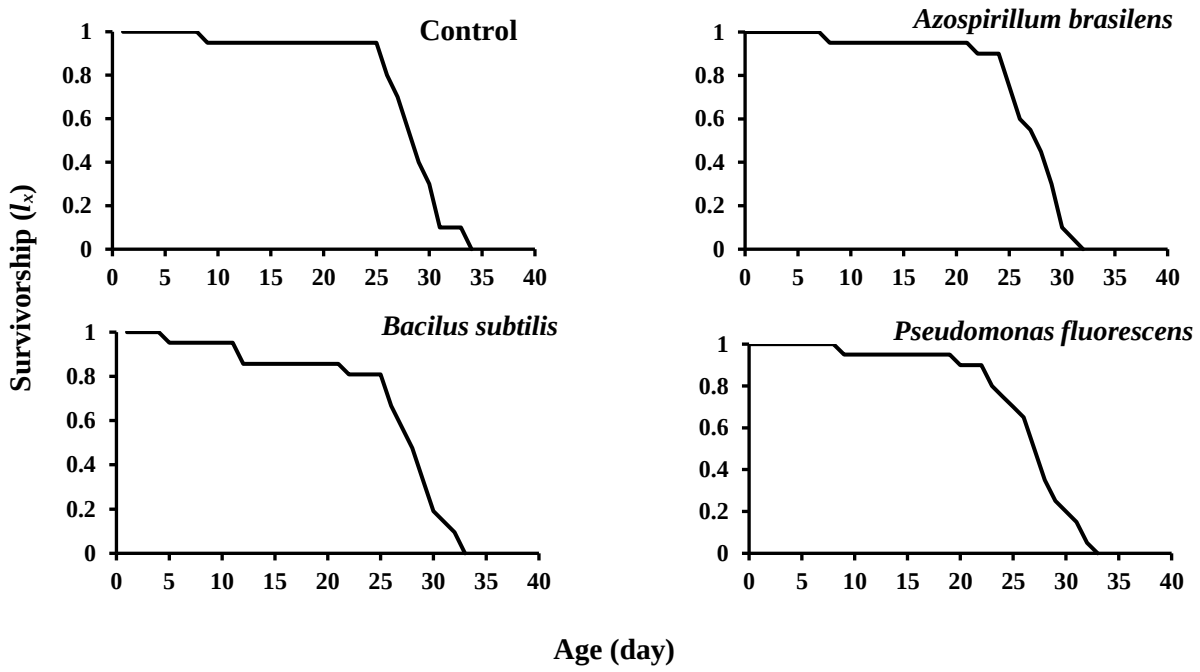
## تاثیر باکتری‌های PGPR بر مرگ و میر و نرخ زنده‌مانی مراحل مختلف زیستی

درصد مرگ و میر مراحل مختلف زیستی کنه تارتن دولکه‌ای و نرخ زنده‌مانی ویژه سنی ($l_x$) این آفت با تغذیه از گیاهان خیار تیمار شده با باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد (PGPR) به‌ترتیب در جدول ۲ و شکل ۱ نشان داده شده است. با توجه به این نتایج، بیشترین مرگ و میر قبل از بلوغ (۱۴/۷٪) مربوط به کنه‌های پرورش‌یافته روی گیاهان خیار تیمار شده با باکتری *B. subtilis* بود. بعد از آن بیشترین مرگ و میر دوره رشد و نمو مربوط به گیاهان تیمار شده با باکتری *A. brasilense* بود (۸/۵٪). درصد مرگ و میر حداقل دو برابری ماده‌های بالغ نسبت به نرها روی تمام تیمارهای مورد بررسی، نشان‌دهنده نسبت جنسی حداقل ۲ به ۱ (ماده به نر) روی تمام تیمارها می‌باشد.

جدول ۲- مرگ و میر (٪) مراحل مختلف زیستی کنه تارتن دولکه‌ای روی گیاهان خیار تیمار شده با باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد (PGPR)

Table 2. Stage mortality (%) of *Tetranychus urticae* on cucumber plants treated with plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR)

| Stages | Control | Rhizobacteria | | |
|---|---|---|---|---|
| | No bacteria | *Pseudomonas fluorescens* | *Bacillus subtilis* | *Azospirillum brasilense* |
| Egg | 0 | 0 | 4.9 | 0 |
| Larva-nymph | 5 | 5 | 9.8 | 8.5 |
| Male | 30 | 25 | 28.2 | 30.5 |
| Female | 65 | 70 | 57.1 | 61 |




شکل ۱- نرخ زنده‌مانی ویژه سنی ($l_x$) کنه تارتن دولکه‌ای روی گیاهان خیار تیمار شده با باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد (PGPR)

Figure 1. Age-specific survivorship ($l_x$) of *Tetranychus urticae* on cucumber plants treated with plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR)

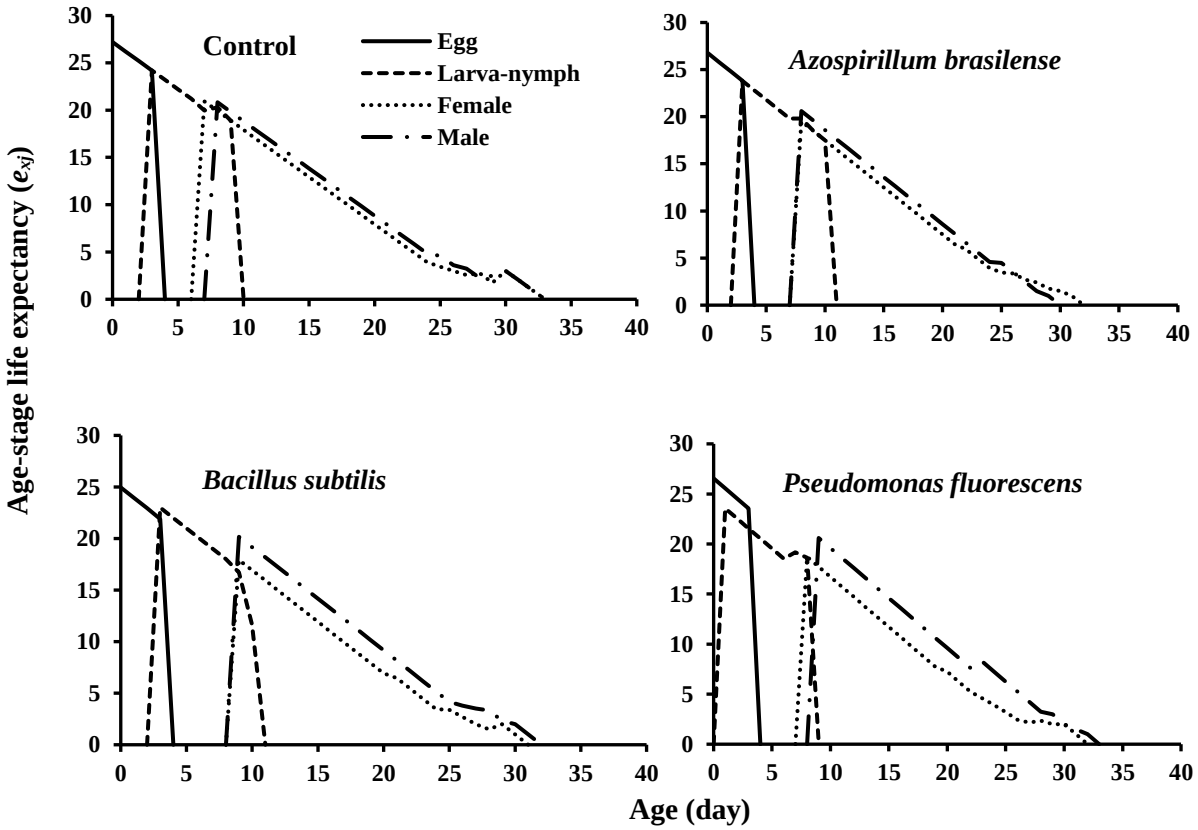
## امید به زندگی سنی-مرحله رشدی ($e_{xj}$)

تاثیر باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد روی امید به زندگی سنی-مرحله رشدی ($e_{xj}$) کنه تارتن دولکه‌ای روی گیاه خیار در شکل ۲ نمایش داده شده است. با توجه به این منحنی‌ها، امید به زندگی یک فرد تازه متولد شده کنه تارتن در روز اول روی تیمارهای شاهد، *A. brasilense*، *B. subtilis* و *P. fluorescens* به‌ترتیب ۲۷/۲، ۲۶/۸، ۲۴/۹۵ و ۲۶/۵۵ روز بود که نشان‌دهنده کاهش امید به زندگی کنه‌های تغذیه کرده از گیاهان خیار تیمار شده با باکتری‌های مورد استفاده در این پژوهش می‌باشد. همچنین کم‌ترین امید به زندگی در زمان ظهور افراد بالغ مربوط به جمعیت پرورش‌یافته روی گیاهان خیار تیمار شده با باکتری *B. subtilis* بود (۱۷/۹۱ روز برای ماده‌ها و ۲۰/۱۶ روز برای نرها) که به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد و سایر تیمارها کمتر بود.

## ارزش تولید مثلی سنی-مرحله رشدی ($v_{xj}$)

تاثیر باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد روی ارزش تولیدمثلی سنی-مرحله رشدی ($v_{xj}$) کنه تارتن دولکه‌ای در شکل ۳ نشان داده شده است. ارزش ویژه سنی-مرحله رشدی تولیدمثل ($v_{xj}$)، سهم هر یک از افراد را در سن $x$ و مرحله رشدی $j$ در تشکیل جمعیت آینده نشان می‌دهد. ارزش ویژه تولیدمثل برای یک تخم تازه متولد شده ($v_{01}$) برابر نرخ متناهی افزایش جمعیت ($\lambda$) می‌باشد. با توجه به این منحنی‌ها بیشترین ارزش تولیدمثلی مربوط به افراد ماده بالغ به‌ویژه در روزهای اوج تخم‌ریزی می‌باشد؛ بنابراین، افراد ماده بالغ بیشترین سهم را در تشکیل جمعیت آینده دارند. افراد نر به‌دلیل این‌که در تشکیل جمعیت آینده سهمی ندارند، ارزش تولیدمثلی آن‌ها صفر است. با توجه به شکل ۳، ارزش تولیدمثلی در مراحل پیش از تخم‌ریزی (از زمان تولد تا اولین تخم‌ریزی) به‌ترتیب افزایش یافت و در سنین میانی به بالاترین میزان خود رسید. پس از شروع تخم‌ریزی، مقدار ارزش تولیدمثلی ابتدا افزایش یافت، سپس به تدریج با کاهش میزان باروری و زنده‌مانی روند نزولی نشان داد. با افزایش سن افراد و رسیدن آن‌ها به مرحله پس از

تخم‌ریزی، میزان ارزش تولیدمثلی آن‌ها نیز به صفر تقلیل یافت. با توجه به این نمودارها، هر سه باکتری استفاده‌شده در این پژوهش سبب کاهش ارزش تولیدمثلی افراد در تمام مراحل مختلف زندگی نسبت به تیمار شاهد شدند.



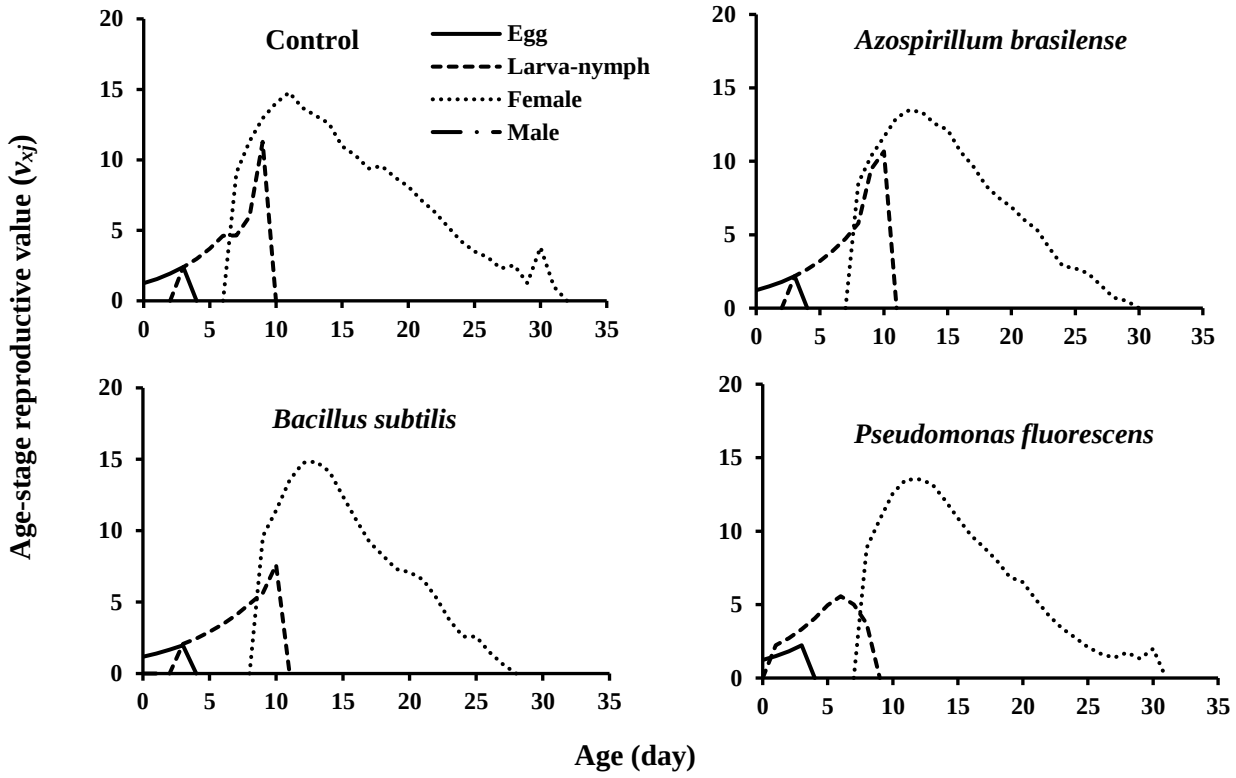

شکل ۲- امید به زندگی سنی-مرحله رشدی ($e_{xj}$) کنه تارتن دولکه‌ای روی گیاهان خیار تیمار شده با باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد (PGPR)

Figure 2. Age-stage life expectancy ($e_{xj}$) of *Tetranychus urticae* on cucumber plants treated with plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR)

## بحث

گیاهان واسطه برهمکنش‌های بین جوامع میکروبی و جانوری درون و بیرون خاک هستند. جوامع میکروبی ریزوسفر به‌طور معمول شامل همزیستی‌های متقابل مانند قارچ‌های میکوریزا، ریزوبیا و ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاهان (PGPR) می‌باشند که ممکن است بر رشد گیاه و سیستم دفاعی آن در برابر بیمارگرهای روی زمین و گیاه‌خواران تأثیر بگذارند (Bowen & Rovira, 1999; Fahimi *et al*., 2013; Hosseini *et al*., 2022). در پژوهش حاضر کارایی برخی از این باکتری‌ها در القای مقاومت در گیاه خیار علیه کنه تارتن دولکه‌ای مورد بررسی قرار گرفت.

طبق نتایج حاصل از این پژوهش، سه باکتری ریزوسفری محرک رشد *A. brasilense*، *B. subtilis* و *P. fluorescens* با تاثیر منفی روی فراسنجه‌های زیستی و تولیدمثلی کنه تارتن سبب القای مقاومت در گیاه خیار نسبت به این آفت شدند. بیش‌ترین طول دوره تخم، لارو-پوره و کل دوره قبل از بلوغ کنه تارتن مربوط به کنه‌های پرورش‌یافته روی گیاهان خیار تیمار شده با باکتری *B. subtilis* بود. سایر باکتری‌های مورد استفاده نیز باعث افزایش طول دوره نابالغ نسبت به شاهد شدند.




شکل ۳- ارزش تولید مثلی سنی-مرحله رشدی ($v_{xj}$) کنه تارتن دولکه‌ای روی گیاهان خیار تیمار شده با باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد(PGPR)

Figure 3. Age-stage reproductive value ($v_{xj}$) of *Tetranychus urticae* on cucumber plants treated with plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR)

در پژوهشی مبنی بر ارزیابی تاثیر باکتری‌های PGPR (*Azotobacter chroococcum*، *Azospirillum brasilense* و *Pseudomonas brassicacearum*) بر فراسنجه‌های جدول زندگی و پویایی جمعیت کنه تارتن دولکه‌ای روی گیاه توت فرنگی، نتایج نشان داد که کنه‌های تارتن تغذیه‌کرده از گیاهان تیمار شده با PGPR، در هر مرحله زندگی و در مجموع، به زمان بیشتری برای رشد و نمو نیاز داشتند و همچنین نرخ زنده‌مانی نابالغ آن‌ها نسبت به کنه‌های پرورش‌یافته روی گیاهان شاهد کمتر بود (Hosseini *et al*., 2022). طول عمر ماده‌های بالغ، طول دوره تخم‌ریزی، میزان باروری و امید به زندگی افراد پرورش‌یافته روی گیاهان خیار تیمار شده با باکتری‌های مورد مطالعه در این پژوهش، کمتر از مقادیر مربوط به افراد پرورش‌یافته روی گیاهان خیار شاهد بود. به‌طوری‌که کمترین مقادیر این فراسنجه‌ها مربوط به افراد تغذیه‌کرده از گیاهان خیار تیمار شده با باکتری *B. subtilis* بود. طبق نتایج حاصل از تاثیر باکتری‌های PGPR روی نرخ زنده‌مانی افراد در دوره رشد و نمو، بیشترین مرگ و میر در کنه‌های پرورش‌یافته روی گیاهان خیار تیمار شده با باکتری *B. subtilis* مشاهده شد. وجود این اثرات منفی روی فراسنجه‌های زیست‌شناسی و باروری کنه تارتن، نشان‌دهنده تاثیر باکتری‌های مورد مطالعه در القای مقاومت و یا فعال‌سازی واکنش‌های دفاعی گیاه خیار علیه این آفت می‌باشد.

حسینی و همکاران (Hosseini *et al*., 2022) بیان کردند که تغذیه کنه تارتن از گیاهان توت‌فرنگی تیمار شده با ریزوباکتری‌ها سبب کاهش نرخ رشد جمعیت و در نهایت کاهش میانگین فراوانی جمعیت نسبت به گیاهان شاهد شده است. نتایج حاصل از کاربرد جداگانه و ترکیبی سه باکتری ریزوسفری گرم مثبت *Bacillus Cereus*، *B. subtilis* و *B. amyloliquefaciens* روی گیاه کلم

و ارزیابی تاثیر آن‌ها بر پویایی جمعیت شته مومی کلم (*B. brassicae*) نشان داد که تمام تیمارهای باسیلوس به‌طور موثری جمعیت شته‌ها را در مقادیر مختلف سرکوب کردند. به هر حال، کاربرد جداگانه *B. subtilis* بهترین عملکرد را در کاهش جمعیت این آفت داشت (Gadhave *et al*., 2016). در پژوهشی دیگر کاربرد باکتری‌های محرک رشد *Pseudomonas* spp. و *B. amyloliquenns* سبب کاهش تخم‌ریزی در کنه تارتن دولکه‌ای شد (Pappas *et al*., 2021). همچنین تیمار برگ‌های گیاه خیار با باکتری *P. fluorescens* باروری کنه‌های تارتن دولکه‌ای را کاهش داد (Tomczyk *et al*., 2006).

باکتری‌های PGPR به‌عنوان عوامل افزایش‌دهنده رشد و قوای بسیاری از گیاهان زراعی شناخته شده‌اند. آن‌ها می‌توانند با فرآیندهایی مانند سنتز هورمون‌های گیاهی، متابولیت‌های ثانویه، ترکیبات فرار، آنزیم‌ها، اصلاح زیستی خاک‌های آلوده با جداسازی انواع فلزات سنگین سمی و تخریب ترکیبات مضر (مانند آفت‌کش‌ها)، افزایش جذب نیتروژن و فسفر، بالا بردن حلالیت آهن و سایر مواد معدنی از طریق فرایند کلاته کردن سبب افزایش رشد گیاه شوند. همچنین برخی از این باکتری‌ها با تعدیل تولید قند در گیاه و سیگنال‌دهی آبسزیک‌اسید به افزایش فتوسنتز گیاه کمک می‌کنند (Bowen & Rovira, 1999; Zhang *et al*., 2008; Ahemad *et al*., 2013; Vacheron *et al*., 2013). سویه‌های خاصی از این باکتری‌ها، به‌طور عمده سویه‌های *Pseudomonas* و *Bacillus* می‌توانند به‌عنوان کودهای زیستی مورد استفاده قرار گیرند (Kennedy *et al*., 2004). برخی از این باکتری‌ها ممکن است با تولید سیدروفورها، متابولیت‌های ضد میکروبی یا از طریق رقابت برای مواد مغذی از گیاهان در برابر بیمارگرهای موجود در خاک حفاظت کنند (Nelson, 2004)، در حالی که برخی دیگر اثرات غیرمستقیم بر مقاومت گیاه در برابر آفات دارند. آن‌ها با ایجاد مقاومت در برابر بیمارگرها و آفات از طریق پدیده‌ای به نام مقاومت سیستمیک القایی به گیاهان کمک می‌کنند (Fahimi *et al*., 2013).

با توجه به نتایج حاصل از پژوهش حاضر مبنی بر ارزیابی تاثیر باکتری‌های PGPR بر القای مقاومت در خیار علیه کنه تارتن دولکه‌ای از طریق بررسی فراسنجه‌های زیستی و باروری این آفت، تاثیر منفی سه باکتری *B. subtilis*، *P. fluorescens* و *A. brasilense* روی این فراسنجه‌ها، نشان‌دهنده تقویت و القای سیستمیک مکانیسم‌های دفاعی گیاه و افزایش سطح دفاع بیوشیمیایی علیه کنه تارتن توسط باکتری‌های مورد آزمایش می‌باشد، که به‌احتمال با القاء یا تنظیم مجدد تولید متابولیت‌های ثانویه گیاهی مانند فنولیک‌ها، فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها که در مقاومت سیستمیک القایی گیاهان نقش دارند، حاصل شده است.

## سپاسگزاری

مقاله حاضر بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نگارنده اول می‌باشد که توسط دانشگاه جیرفت حمایت مالی شده است و بدین وسیله سپاسگزاری می‌شود.

## References

Arshad, M., & Frankenberger, W. T. (1997). Plant growth-regulating substances in the rhizosphere: microbial production and functions. In Sparks, D. L. (Ed.). Advances in Agronomy, Academic Press, pp. 45–151.

Bensoussan, N., Santamaria, M. E., Zhurov, V., Diaz, I., Grbić, M., & Grbić, V. (2016). Plant-herbivore interaction: dissection of the cellular pattern of *Tetranychus urticae* feeding on the host plant. *Frontiers in Plant Science*, *7*, 1105. **DOI**: **https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01105**

Bhattacharyya, P. N., & Jha, D. K. (2012). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Emergence in agriculture. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, *28*, 1327-1350. **DOI**: **https://doi.org/10. 1007/s11274-011-0979-9.**

Bowen, G. D., & Rovira, A. D. (1999). The rhizosphere and its management to improve plant growth. *Advances in Agronomy*, *66*, 1–102. **DOI**: **https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60425-3**

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

Chi, H. (2024). TWOSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis.

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

Durrant, W. E., & Dong, X. (2004). Systemic acquired resistance. *Annual Review of Phytopathology, 42,* 185–209. **DOI**: **https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.42.040803.140421**

Fahimi, A., Ashouri, A., Ahmadzadeh, M., Hoseini Naveh, V., Asgharzadeh, A., Maleki, F., & Felton, G. W. (2013). Effect of PGPR on population growth parameters of cotton aphid. *Archives of Phytopathology & Plant Protection, 47(11),* 1274–1285. **DOI**: **https://doi.org/10.1080/03235408.2013.840099**

Fasciglione, G., Casanovas, E. M., Quillehauquy, V., Yommi, A. K., Gõ Ni, M. G., Roura, S. I., & Barassi, C. A. (2015). Azospirillum inoculation effects on growth, product quality and storage life of lettuce plants grown under salt stress. *Scientia Horticulturae, 195,* 154–162. **DOI**: **https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.015**

Firozbakht, Z. (2024). Investigating the biocontrol mechanism of some bacteria and their combined use. MSc. Thesis. The Univerisity of Jiroft. pp. 129.

Gadhave, K. R., Finch, P., Gibson, T. M., & Gange, A. C. (2016). Plant growth-promoting *Bacillus suppress Brevicoryne brassicae* field infestation and trigger density-dependent and density-independent natural enemy responses. *Journal of Pest Science, 89,* 985–992. **DOI**: **https://doi.org/ 10.1007/ s10340-015-0721-8**

Hessey, N. W., & Parr, W. J. (1963). The effect of glasshouse red spider mite on the yield of cucumber. *Journal of Horticultural Sciences, 38,* 255–263. **DOI**: **https://doi.org/10.1080/ 00221589.1963.11514076**

Hosseini, A., Hosseini, M., & Schausberger, P. (2022). Plant growth-promoting rhizobacteria enhance defense of strawberry plants against spider mites. *Frontiers in Plant Science, 12,* 783578. **DOI**: **https://doi.org/10.3389/fpls.2021.783578**

Jeyanthi, V., & Kanimozhi, S. (2018). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR)-prospective and mechanisms: A review. *Journal of Pure & Applied Microbiology, 12(2),* 733-749. **DOI**: **https:// doi.org/10.22207/JPAM.12.2.34**

Khanamani, M., Fathipour, Y., & Hajiqanbar, H. (2013). Population growth response of *Tetranychus urticae* to eggplant quality: application of female age-specific and age-stage, two-sex life tables. *International Journal of Acarology, 39(8),* 638–648. **DOI**: **https://doi.org/10.1080/01647954. 2013.861867**

Kuc´, J. (1982). Induced immunity to plant disease. *Bioscience, 32,* 854–60. **DOI**: **https://doi.org/10.2307/1309008**

Kuc´, J. (2001). Concepts and direction of induced systemic resistance in plants and its application. *European Journal of Plant Pathology, 107,* 7–12. **DOI**: **https://doi.org/10.1023/A:1008718824105**

Meena, M., Swapnil, P., Divyanshu, K., Kumar, S., Harish, Tripathi, Y. N., Zehra, A., Marwal, A., & Upadhyay, R. S. (2020). PGPR-mediated induction of systemic resistance and physiochemical alterations in plants against the pathogens: Current perspectives. *Journal of Basic Microbiology, 60,* 828–861. **DOI**: **https://doi.org/10.1002/jobm.202000370**

Pappas, M. L., Samaras, K., Koufakis, I., & Broufas, G. D. (2021). Beneficial soil microbes negatively affect spider mites and aphids in pepper. *Agronomy, 11,* 1831. **DOI**: **https://doi.org/10.3390/agronomy11091831**

Park, J. W., Balaraju, K., Kim, J. W., Lee, S. W., & Park, K. (2013). Systemic resistance and growth promotion of chili pepper induced by an antibiotic producing *Bacillus vallismortis* strain BS07. *Biological Control, 65,* 246–257. **DOI**: **https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.02.002**

Sattari Nasab, R., Pahlavan Yali, M., & Bozorg-Amirkalaee, M. (2019). Effects of humic acid and plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) on induced resistance of canola to *Brevicoryne brassicae* L. *Bulletin of Entomological Research, 109,* 479–489. **DOI**: **https://doi.org/10.1017/S0007485318000779**

Tehri, K. (2014). A review on reproductive strategies in two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch 1836 (Acari: Tetranychidae). *Journal of Entomology & Zoology Studies, 2,* 48–52.

Tomczyk, A. (2006). Increasing cucumber resistance to spider mites by biotic plant resistance inducers. *Biological Letters, 43,* 381–387.

Trdan, S., Vučajnk, F., Bohinc, T., & Vidrih M. (2018). The effect of a mixture of two plant growth¬promoting bacteria from Argentina on the yield of potato, and occurrence of primary potato diseases and pest–short communication. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil & Plant Science, 69,* 89–94. **DOI**: **https://doi.org/10.1080/09064710.2018.1492628**

Vacheron, J., Desbrosses, G., Bouffaud, M. L., Touraine, B., Moënne-Loccoz, Y., Muller, D., Legendre, L., Wisniewski-Dyé, F., & Prigent-Combaret, C. (2013). Plant growth-promoting rhizobacteria and root system functioning. *Frontiers in Plant Science, 4,* 356. **DOI**: **https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00356**

Vallard, G. E., & Goodman, R. M. (2004). Systemic acquired resistance and induced systemic resistance in conventional agriculture. *Crop Science, 44,* 1920–1934. **DOI**: **https://doi.org/10.2135/cropsci2004.1920**

Vessey, J. K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant Soil, 255,* 571–586. **DOI**: **https://doi.org/10.1023/A:1026037216893**

Walters, D. R., Ratsep, J., & Havis, N. D. (2013). Controlling crop diseases using induced resistance: challenges for the future. *Journal of Experimental Botany, 64,* 1263–80. **DOI**: **https://doi.org/10.1093/jxb/ert026**

Zakry, F. A. A., Shamsuddin, Z. H., Rahim, K. A., Zakaria, Z. Z., & Rahim, A. A. (2012). Inoculation of *Bacillus sphaericus* UPMB-10 to young oilpalm and measurement of its uptake of fixed nitrogen using the 15Nisotope dilution technique. *Microbes & Environments, 27(3),* 257-262. **DOI**: **https://doi.org/10.1264/jsme2.me11309**

Plant Pest Research

| Research paper 2024- 14 (4): 45-57 | https://doi.org/10.22124/iprj.2025.29302.1618 | pISSN:2322-2409 eISSN: 2538-6123 |
|---|---|---|

OPEN ACCESS

# The effect of plant growth-promoting rhizobacteria on biological and reproductive parameters of two-spotted spider mite in cucumber

**E. Darini [1], H. Alizadeh[2], M. Khanamani[3*]and A. Sedaratian-Jahromi[4]**

1, 2 &3. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Jiroft, Iran.
4. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran.

✉ elahedarinii@gmail.com https://orcid.org/0009-0001-7553-1047
✉ hamidalizadeh@ujiroft.ac.ir https://orcid.org/0000-0002-4529-0158
✉ m.khanamani@ujiroft.ac.ir https://orcid.org/0000-0003-2164-9565
✉ sedaratian@yu.ac.ir https://orcid.org/0000-0002-2588-2359

*Received:* 23 November 2024 | *Accepted:* 8 February 2025 |

## Abstract

Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) may influence plant defense against soil-borne and aerial pathogens as well as herbivores. The present study was conducted to assess the effect of using some PGPR strains of *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, and *Azospirillum brasilense* on biological and reproductive parameters of *Tetranychus urticae* Koch in cucumber plants. Cucumber plants were treated with the above-mentioned bacterial suspension (concentration of $10^7$ CFU/$g^{-1}$) during the two to four-leaf growth stage. Two generations of two-spotted spider mites were reared on the treated cucumber plants prior to the experimental assessments. The obtained results indicated that the application of rhizobacteria negatively influenced the biological parameters of *T. urticae*. The duration of the immature development period was significantly affected by the rhizobacteria, so the longest duration was related to *B. subtilis* (10.06 days). While the pre-oviposition period and adult male longevity remained unaffected by the rhizobacteria, the oviposition period (2.64 to 4.58 days), adult female longevity (1.81 to 3.35 days), and fecundity (9.22 to 12.07 eggs/female) were significantly reduced in treated groups compared to the control (without bacteria). The lowest values and the greatest reduction of these parameters were found in individuals fed on cucumber plants treated with *B. subtilis*. Results showed that the rhizobacteria used in this experiment, especially *B. subtilis*, strengthen and induce the anti-herbivore defense mechanisms in the cucumber plant against *T. urticae*.

**Key words:** Biological control, Induced systemic resistance, Rhizobacteria, *Tetranychus urticae*

***Citation***: Darini, E., Alizadeh, H., Khanamani, M. & Sedaratian-Jahromi, A. (2025). The effect of plant growth-promoting rhizobacteria on biological and reproductive parameters of two-spotted spider mite in cucumber. *Plant Pest Research*, *14*(*4*), 45-57. **Doi: https://doi.org/10.22124/iprj.2025.29302.1618**

*Corresponding author: m.khanamani@ujiroft.ac.ir

Journal of Plant Pest Research is published by University of Guilan
This journal is an open access journal licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International license (CC BY 4.0)