دانش کشاورزی و تولید پایدار

Journal of Agricultural Science and Sustainable Production
Volume 35, Issue 4, 2026, Pages 159-175

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

# Effect of Beta-Aminobutyric Acid on Eggplant and Okra Infected with Root-Knot Nematode under Field Condition

**Nozar Derakhshan [1], Habiballah Chadegani [*2], Rasool Rezaei [2]**

| Received: March 16, 2024 | Accepted: October 10, 2024 |
|---|---|

1-Ms. Graduate, Dept. of Plant Protection, College of Agriculture, University of Yasouj, Yasouj, Iran.
2-Assoc. Prof., Dept. of Plant Protection, College of Agriculture, University of Yasouj, Yasouj, Iran.
* Corresponding Author Email: h.charehgani@yu.ac.ir

## Abstract

**Background and Objective:** In the present study, the effect of 1- and 2-mM beta-aminobutyric acid (BABA) on eggplant (*Solanum melongena* L.) and okra plants (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) infected with *Meloidogyne javanica* were investigated under field conditions in two consecutive years.

**Materials and Methods:** Two parts of field were chosen and eight plots were considered in each part. Six holes were created in each plot and 10 kg plastic pots were placed in the holes with a distance of 25 cm from each other. The pots were filled with field soil without root-knot nematodes. Eggplant seeds were sown in the pots of the first part of the field and okra seeds were sown in the pots of the second part of the field. Seedlings at the four-leaf stage were foliar sprayed with 5 mL per plant of 0 (control), 1- and 2-mM BABA and after 24 hours inoculated with 0 (non-inoculated) and 5000 eggs of *M. javanica.* The data were subjected to a factorial analysis of variance in a randomized complete block design with eight blocks.

**Results:** The results showed that foliar spray of 2 mM BABA increased the yield of inoculated eggplants by 9 and 13 %, and in inoculated okra plants by 21 and 15%, respectively, in trial I and II, compared to the control plants. Also, foliar spray of 2 mM BABA reduced the reproduction factor of nematode in eggplants by 23 and 20 %, and in okra plants by 23 and 19% respectively, in trial I and II, compared to the control plants.

**Conclusion:** The results of this study demonstrated that BABA could reduce the damage of *M. javanica* in eggplant and okra under field condition, to the best of our knowledge as the first report.

**Keywords:** Chemical Inducer, Induced Resistance, Plant Growth Indices, Reproduction Factor, Yield

This is an open-access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/)
Copyright@ 2026 Habiballah Chadegani Email: h.charehgani@yu.ac.ir

https://doi.org/10.22034/SAPS.2024.60920.3197

دانش
کشاورزی و تولید پایدار

نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۴، صفحات ۱۷۵-۱۵۹

# اثر بتا آمینو بوتیریک اسید بر روی گیاهان بادمجان و بامیه آلوده به نماتد ریشه‌گرهی در شرایط مزرعه‌ای

نوذر درخشان[۱]، حبیب‌اله چادگانی*[۲]، رسول رضائی[۲]

| تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۶ | تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۱۹ |
|---|---|

۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه بیماری‌شناسی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران
۲-دانشیار، گروه بیماری‌شناسی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران

**چکیده**

**مقدمه و اهداف:** در مطالعه حاضر تأثیر بتاآمینوبوتیریک اسید (BABA) بر فعالیت نماتد ریشه‌گرهی *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949 روی بادمجان (*Solanum melongena* L.) و بامیه (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) در دو سال و در شرایط مزرعه مطالعه شد.

**مواد و روش‌ها:** در مزرعه دو قطعه زمین و در هر قطعه هشت کرت درنظر گرفته شد. در هر کرت شش حفره ایجاد و در آن‌ها گلدان‌های پلاستیکی ۱۰ کیلوگرمی با فاصله ۲۵ سانتی‌متر از یکدیگر قرار داده شد. گلدان‌ها با خاک مزرعه فاقد نماتد ریشه‌گرهی پر گردید. در گلدان‌های قطعه اول بذر بادمجان و در گلدان‌های قطعه دوم بذر بامیه کشت گردید. گیاهچه‌ها در مرحله چهار برگی با پنج میلی‌لیتر BABA در غلظت‌های صفر (شاهد)، ۱ و ۲ میلی‌مولار محلول‌پاشی و پس از گذشت ۲۴ ساعت، با ۵۰۰۰ تخم نماتد مایه‌زنی شدند. آزمایش به صورت فاکتوریل با دو فاکتور نماتد و BABA در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با هشت تکرار برای هر تیمار انجام پذیرفت.

**یافته ها:** نتایج نشان داد که استفاده از غلظت ۲ میلی‌مولار BABA، در سال اول و دوم به ترتیب باعث افزایش ۹ و ۱۳ درصدی میزان محصول بادمجان و ۲۱ و ۱۵ درصدی میزان محصول بامیه آلوده به نماتد در مقایسه با شاهد شد. همچنین استفاده از غلظت ۲ میلی‌مولار BABA، در سال اول و دوم به ترتیب باعث کاهش فاکتور تولیدمثل نماتد در گیاهان بادمجان به ترتیب به میزان ۲۳ و ۲۰ درصد و در گیاهان بامیه به ترتیب به میزان ۲۳ و ۱۹ درصد در مقایسه با شاهد شد.

**نتیجه‌گیری:** نتایج این تحقیق برای اولین مرتبه اثر BABA در کاهش خسارت *M. javanica* در گیاهان بادمجان و بامیه در شرایط مزرعه را ثابت نمود.

**واژه های کلیدی:** القاگر شیمیایی، شاخص‌های رویشی، فاکتور تولیدمثل، مقاومت القایی، میزان محصول

**مقدمه**

چند صد گونه از نماتدهای انگل گیاهی در سطح جهان شناخته شده است که از گیاهان زنده تغذیه می‌کنند و به این ترتیب باعث بیماری‌های گیاهی متنوعی می‌شوند. یکی از نماتدهای مهمی که ریشه بسیاری از گیاهان را مورد حمله قرار می‌دهد، نماتد ریشه‌گرهی *Meloidogyne*

می‌باشد (چن و رابرت ۲۰۰۳). کنترل این نماتدها به دلیل توانایی در تکثیر زیاد مشکل است (سیکورا و فرناندز ۲۰۰۵). نماتدهای ریشه‌گرهی در نواحی تولید بادمجان از جمله بیمارگرهای مهم می‌باشند (انور و همکاران ۲۰۰۷). در گیاهان آلوده به این بیمارگر، انرژی تولید شده گیاه به‌جای توسعه اندام هوایی، برای ساخت ریشه و تشکیل ریشه‌ی جدید مصرف می‌شود. این نماتدها با تشکیل گال در مجاورت استوانه مرکزی، سبب اختلال در فیزیولوژی گیاه می‌شوند. همچنین با کاهش انتقال مواد غذایی سبب کاهش تحمل گیاه نسبت به تنش آبی و در نهایت موجب پژمردگی گیاه می‌شوند. علاوه بر این، باعث اختلال در سنتز و حرکت هورمون‌ها و کاهش رشد و فتوسنتز در گیاه میزبان می‌شود (دهقانیان و همکاران ۲۰۲۰).

امروزه در بحث کشاورزی پایدار یافتن روش‌های دوست‌دار محیط زیست برای ایجاد مقاومت در گیاهان به عوامل بیماریزای زنده و غیرزنده مورد توجه قرار گرفته است. یکی از راهکارهای مناسب جهت ایجاد مقاومت و محافظت از گیاهان در مقابل بیماری‌های گیاهی القای سیستم دفاعی در گیاهان توسط القاگرهای طبیعی و غیرطبیعی است. مقاومت سیستمیک القایی (Induced systemic resistance= ISR) ایجاد شده توسط میکروارگانیسم‌های مفید و مقاومت سیستمیک اکتسابی (Systemic acquired resistance=SAR) ایجاد شده توسط بیمارگرهای گیاهی و القاگرهای شیمیایی از جمله مکانیسم‌های ایجاد مقاومت در گیاهان می‌باشند (کونراث و همکاران ۲۰۰۶).

در سال‌های اخیر استفاده از القاکننده‌های شیمیایی که خطرات زیست‌محیطی نداشته باشند و از طرفی سبب فعال‌سازی مکانیسم‌های دفاعی گیاه قبل از رویارویی با بیمارگر شوند مورد توجه محققان قرارگرفته است. DL- 3-β-Aminobutyric Acid (BABA) از آمینواسیدهای غیرپروتئینی بوده و یکی از مشتقات کربوکسیلیک اسید می‌باشد (جوستینا و اوا ۲۰۱۳). BABA یک ترکیب مؤثر در فعال‌سازی سیستم دفاعی گیاه است و از سال ۱۹۶۳ به عنوان یک القاگر شیمیایی در تحریک مقاومت گیاه در برابر تنش‌های زیستی شناخته شده‌است (پاپاویزاس و لویس ۱۹۷۱). زمانی که تیمار آن در خاک و یا روی اندام‌های هوایی گیاه استفاده می‌شود، جذب گیاه شده و در گیاه به صورت سیستمیک پخش می‌گردد، همین باعث ایجاد مقاومت القایی گیاه در برابر طیف گسترده‌ای از بیمارگرهای خاکزی و همچنین بیماری‌های ایجاد شده در اندام‌های هوایی گیاه می‌شود (جوستینا و اوا ۲۰۱۳). نحوه القاء مقاومت در گیاه توسط BABA به طور طبیعی پیچیده است و بسته به نوع بیمارگر و میزبان به سیستم‌های پیام‌رسان متفاوتی وابسته است (جوستینا و همکاران ۲۰۱۳). به عنوان اولین واکنش در گیاه، باعث رسوب کالوز و لیگنینی شدن دیواره سلول‌ها در منطقه آلوده می‌شود که این عمل در نتیجه تولید گونه‌های اکسیژن فعال (Reactive Oxygen Species) می‌باشند (بایسال و همکاران ۲۰۰۵)، به‌علاوه پاسخ‌های بیوشیمیایی از قبیل تولید متابولیت‌های ثانویه و القای آنزیم‌های دفاعی نیز آغاز می‌گردد (حمیدالزمان و همکاران ۲۰۰۵). مشخص شده است که BABA باعث محافظت حدود ۴۰ گونه گیاهی مختلف در برابر طیف متنوعی از بیمارگرها و آفات گیاهی از جمله ویروس‌ها، باکتری‌ها، اوومیست‌ها، قارچ‌ها، نماتدها و بندپایان می‌شود (کوهن و همکاران ۲۰۱۶).

تاکنون مطالعه‌ای در ارتباط با القاء مقاومت در گیاهان بادمجان و بامیه علیه نماتد *M. javanica* با استفاده از BABA در شرایط مزرعه انجام نشده است. از این رو، در مطالعه حاضر تأثیر محلول‌پاشی برگی غلظت‌های مختلف BABA در دو سال زراعی پشت سر هم روی میزان محصول بامیه و بادمجان آلوده به نماتد *M. javanica* و همچنین فاکتورهای جمعیتی نماتد مورد ارزیابی قرار گرفت.

## مواد و روش‌ها

### تهیه نماتد

ریشه‌های دارای علایم گال و آلوده به نماتد ریشه‌گرهی از گلخانه‌های خیار، گوجه‌فرنگی و بادمجان آلوده شهرهای شیراز و یاسوج جمع‌آوری شدند. گل و لای ریشه‌های آلوده با جریان ملایم آب شست‌وشو شده و پس از تقسیم به قطعه‌های کوچک، با روش تک توده

تخم (Single egg mass) خالص‌سازی انجام شد. بدین منظور قسمتی از ریشه دارای تک گال و توده تخم منفرد در زیر استرئومیکروسکوپ (Olympus SZ 51)(بزرگنمایی X۴۰) با استفاده از اسکالپل جدا و ضدعفونی سطحی گردید. برای این منظور، هر گال به‌صورت جدا درون لوله فالکون حاوی محلول هیپوکلریت سدیم ۰/۵ درصد به‌مدت ۴-۳ دقیقه تکان داده تا به‌طور کامل ضدعفونی گردد و ماده ژلاتینی اطراف تخم‌ها حل شده و تخم‌ها آزاد شوند. سپس بلافاصله سوسپانسیون تخم را بر روی الک ۵۰۰ مش ریخته و با آب مقطر شست وشو داده تا بقایای هیپوکلریت سدیم کاملاً حذف گردد. محتویات روی الک را جمع‌آوری و به گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی رقم ارلی-اوربانا (Early-Urbana) در مرحله چهار برگی مایه‌زنی گردید. برای این منظور در خاک و اطراف ریشه گیاه سه گودال به عمق ۲/۵-۱ سانتی‌متری ایجاد و سوسپانسیون تخم نماتد در گودال‌ها ریخته و بلافاصله با خاک پوشانده شد. گلدان‌ها به مدت ۶۰ روز در شرایط گلخانه نگهداری شد. به این صورت نماتد خالص‌سازی گردید (هوسی و بارکر ۱۹۷۳).

**شناسایی نماتدهای ریشه‌گرهی**

شناسایی نماتد بر اساس خصوصیات لارو سن دوم و نقوش اثر انگشتی شبکه کوتیکولی انتهای بدن نماتد ماده (Perineal pattern) که روزنه دفعی و شکاف تناسلی را در بر می‌گیرد انجام شد. به‌منظور تهیه شبکه کوتیکولی انتهای بدن، ریشه‌های گوجه‌فرنگی آلوده به نماتد با استفاده از محلول اسید فوشین ۰/۱ درصد، رنگ‌آمیزی شدند. محلول رنگ‌آمیزی شامل یک واحد محلول اسید فوشین ۰/۱ درصد با ۱۹ واحد محلول رقیق کننده شامل نسبت مساوی از اسید لاکتیک، گلیسرین و آب مقطر بود (دایکین و هوسی ۱۹۸۵). به‌منظور رنگ آمیزی ریشه آلوده به نماتد ریشه‌گرهی، ریشه گیاه از خاک خارج و پس از حذف گل و لای و شستشو زیر جریان ملایم آب و رطوبت‌گیری با دستمال کاغذی حوله‌ای، یک گرم ریشه خرد شده درون بشر حاوی ۱۰ میلی‌لیتر محلول رنگ‌آمیزی ریخته و بر روی صفحه داغ (Hot plate) قرار داده شد تا به‌جوش آید. پس از ۳۰ ثانیه از زمان جوشیدن محلول رنگ‌آمیزی، ریشه را روی صافی ریخته و با جریان ملایم آب شیر شهری شسته شد تا رنگ اضافی از روی ریشه پاک شود. سپس رطوبت اضافی ریشه‌ها با استفاده از دستمال کاغذی حوله‌ای گرفته شد (کارسن ۲۰۰۲). نماتدهای ماده به - آرامی در زیر استرئومیکروسکوپ (بزرگنمایی X۴۰) به- کمک اسکالپل و سوزن از بافت ریشه رنگ‌آمیزی شده خارج و یک سوم انتهای بدن با اسکالپل بریده شد. به‌منظور خارج شدن محتویات و شفاف شدن بدن چند قطره اسید لاکتیک ۴۵ درصد بر روی نماتد ریخته شد. پس از گذشت ۱۰-۳۰ دقیقه قسمت انتهایی بدن نماتد به یک قطره گلیسرین بر روی لام منتقل و با اسکالپل تیز قسمت‌های اضافی آن برش داده و یک قطعه مربع شکل که روزنه دفعی و شکاف تناسلی درون آن باشد، تهیه گردید و سپس از آن اسلاید دائمی تهیه گردید (جپسون ۱۹۸۷). شناسایی نماتد بر اساس معیارهای ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی با استفاده از کلید هانت و هاندو انجام شد (هانت و هاندو ۲۰۰۹). در نهایت پس از تأیید شناسایی گونه *M. javanica*، در حجم انبوه تکثیر گردید (هوسی و بارکر ۱۹۷۳).

**تهیه سوسپانسیون تخم نماتد *M. javanica***

ریشه‌های گوجه‌فرنگی آلوده به نماتد ریشه‌گرهی گونه *M. javanica* به آرامی از خاک خارج و از اندام هوایی گیاه جدا گردید. پس از شست‌وشوی کامل ریشه‌ها با قیچی به قطعاتی یک سانتی‌متر تقسیم شد. سپس داخل مخلوط‌کن حاوی محلول هیپوکلریت سدیم ۰/۵ درصد به مدت ۴۵ ثانیه مخلوط شد. محتویات مخلوط‌کن روی الک ۲۰۰ مش که بر روی الک ۵۰۰ مش قرار داشت ریخته و با آب شسته شد. به این ترتیب بقایای گیاهی موجود بر روی الک ۲۰۰ مش باقی‌مانده و تخم‌ها روی الک ۵۰۰ مش جمع‌آوری شد و محلول هیپوکلریت سدیم کاملاً حذف گردید. در نهایت تخم‌های روی الک ۵۰۰ مش با آبفشان درون بشری به حجم مشخص منتقل گردید. سپس تعداد تخم نماتد در یک میلی‌لیتر سوسپانسیون در زیر استرئومیکروسکوپ

(بزرگنمایی X۴۰) شمارش شد. عمل شمارش دو مرتبه دیگر و هر بار در یک میلی‌لیتر سوسپانسیون تخم جدید تکرار شد و در نهایت با ضرب کردن میانگین تعداد تخم در یک میلی‌لیتر سوسپانسیون، در حجم محلول پایه، تعداد تخم در محلول پایه تعیین گردید (هوسی و بارکر ۱۹۷۳).

**مطالعات مزرعه‌ای**

این مطالعات در بخش ممبی (°۷ و ´۳۱ طول شرقی و °۲۹ و ´۳۱ عرض شمالی و ارتفاع ۱۵۰۰ متری از سطح دریا) از توابع شهرستان بهمئی، استان کهگیلویه و بویراحمد، ایران انجام شد. در مزرعه دو قطعه زمین به ابعاد ۶×۳ متر و در هر قطعه هشت کرت با فاصله ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر درنظر گرفته شد. در هر کرت شش حفره ایجاد و در آن‌ها گلدان‌های پلاستیکی ۱۰ کیلوگرمی (عرض دهانه ۳۲ و ارتفاع ۴۵ سانتی‌متر) با فاصله ۲۵ سانتی‌متر از یکدیگر قرار داده شد. لبه هر گلدان پنج سانتی‌متر از سطح زمین بالاتر قرار گرفت. گلدان‌ها با خاک مزرعه منطقه ممبی فاقد نماتد ریشه‌گرهی پر گردید. آلودگی یا عدم آلودگی خاک به نماتد ریشه گرهی در آزمایشگاه با استفاده از روش وایت‌هد و همینگ (۱۹۶۵) بررسی شد. به این صورت که یک لایه دستمال کاغذی درون سبدی که بر روی سینی قرار دارد، پهن شد. به اندازه ۱۰۰ گرم خاک به ضخامت یک تا دو سانتی‌متر بر روی دستمال کاغذی پخش شد. سپس از کنار سبد به قدری آب درون سینی ریخته شد تا خاک در تماس با آب قرار گرفت و به حالت مرطوب در آمد. پس از گذشت ۷۲ ساعت سبد حاوی خاک به آرامی برداشته و آب درون سینی، روی الک ۵۰۰ مش ریخته شد. سپس نماتدهای جمع شده بر روی الک ۵۰۰ مش با آب‌فشان شسته و در یک تشتک پتری جمع‌آوری شد. در زیر استرئومیکروسکوپ (بزرگنمایی X۴۰) وجود یا عدم وجود لاروهای سن دوم نماتدهای ریشه‌گرهی بررسی شد.

مطالعات به صورت دو آزمایش مجزا برای هر گیاه اما هم‌زمان در دو سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ و ۱۴۰۰-۱۴۰۱ انجام شد. در بهار سال ۱۳۹۹، در گلدان‌های موجود در قطعه زمین اول، بذر بادمجان (*Solanum melongena* L.) رقم دلمه‌ای الگانس ویلمورین (Elegance F1 Vilmorin) و در گلدان‌های موجود در قطعه زمین دوم، بذر بامیه (*Abelmoschus esculentus*) رقم Clemson Spineless کشت شد. آبیاری هر گلدان به صورت مجزا هر دو روز یک بار و به روش غرقابی و سایر عملیات زراعی در دوره داشت منطبق بر نیازهای گیاه صورت گرفت. پس از رسیدن گیاهچه‌ها به مرحله چهار برگی، شش گیاهچه موجود در هر کرت به سه گروه تقسیم شدند. به هر گروه پنج میلی‌لیتر BABA تهیه شده از شرکت سیگما (St. Louis, MO) در غلظت‌های صفر (شاهد)، ۱ و ۲ میلی‌مولار محلول‌پاشی برگی شد و پس از گذشت ۲۴ ساعت، به یکی از گیاهان تیمار شده با غلظت‌های مختلف BABA و شاهد در هر کرت، تعداد ۵۰۰۰ تخم نماتد *M. javanica* مایه‌زنی شد. غلظت‌های BABA بر اساس مطالعات پیشین از جمله چاره‌گانی و همکاران (۲۰۱۴)، شکوهی و همکاران (۲۰۲۱) و چاره‌گانی و همکاران (۲۰۲۲) انتخاب گردیدند. تیمارهای مورد بررسی برای هر کرت: ۱) شاهد، ۲) BABA در غلظت ۱ میلی‌مولار، ۳) BABA در غلظت ۲ میلی‌مولار، ۴) مایه‌زنی با نماتد، ۵) BABA در غلظت ۱ میلی‌مولار + مایه‌زنی با نماتد و ۶) BABA در غلظت ۲ میلی‌مولار + مایه‌زنی با نماتد بودند. آزمایش به صورت فاکتوریل با دو فاکتور نماتد (مایه‌زنی شده و مایه‌زنی نشده) و BABA (سطوح صفر (شاهد)، ۱ و ۲ میلی‌مولار) در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با هشت تکرار انجام پذیرفت. لازم به ذکر است که برای جلوگیری از هدر رفت BABA در زمان محلول‌پاشی برگی، این عمل در زمان نبود وزش باد و پس از غروب آفتاب انجام شد. در نهایت پس از گذشت ۱۰۰ روز از زمان مایه‌زنی نماتد، گیاهان برداشت و شاخص‌های رویشی گیاه شامل طول، وزن تر و خشک شاخساره، وزن تر ریشه و میزان محصول و شاخص‌های جمعیتی نماتد شامل تعداد تخم در سیستم ریشه طبق روش هوسی و بارکر (۱۹۷۳) تعداد گال و کیسه تخم در سیستم ریشه طبق روش تیلور و ساسر (۱۹۷۸) و تعداد لارو سن دوم در خاک با استفاده از الک و سینی و طبق روش وایت‌هد و همینگ (۱۹۶۵) مورد

بررسی قرار گرفت. به منظور شمارش تعداد گال و کیسه تخم در سیستم ریشه، یک گرم ریشه با استفاده از محلول اسید فوشین ۰/۱ درصد رنگ‌آمیزی شد و با استفاده از استرئومیکروسکوپ (بزرگنمایی X۴۰) شمارش صورت گرفت. سپس عدد حاصل در وزن کل ریشه ضرب گردید. در نهایت با شمارش تعداد نماتد در سیستم ریشه و خاک، جمعیت نهایی نماتد مشخص شده و با تقسیم عدد حاصل بر جمعیت اولیه نماتد (۵۰۰۰)، فاکتور تولیدمثل مورد محاسبه قرار گرفت (تیلور و ساسر ۱۹۷۸).

خاک گلدان‌ها پس از برداشت به صورت دست نخورده باقی‌ماند و در بهار و تابستان سال ۱۴۰۰، عمل کاشت، داشت و برداشت مطابق سال اول انجام شد. در سال دوم تنها محلول‌پاشی برگی گیاهان با BABA انجام و مایه‌زنی مجدد با نماتد انجام نشد. آلودگی گیاهان به نماتد با نماتدهای بقا یافته در خاک از فصل زراعی قبل انجام شد.

### محاسبات آماری

دو مطالعه مستقل برای هر گیاه در شرایط مزرعه و دو سال تکرار شدند. داده‌ها با استفاده از رویه ANOVA در نرم‌فزار SAS ورژن ۹/۴ (SAS Institute, Cary, NC) مورد آنالیز آماری قرار گرفتند. داده‌های مربوط به شاخص‌های جمعیتی نماتد به صورت تجزیه واریانس یک طرفه (One-Way ANOVA) و داده‌های مربوط به شاخص‌های رویشی گیاه به صورت فاکتوریل ۳×۲ (غلظت BABA × نماتد) (Two-Way ANOVA) و در قالب طرح بلوک کامل تصادفی مورد ارزیابی قرار گرفتند. میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال آماری یک درصد مقایسه شدند.

## نتایج

### اثر BABA بر شاخص‌های رویشی گیاه بامیه

نتایج تجزیه واریانس صفات رویشی گیاهان بامیه در سال اول (۱۳۹۹-۱۴۰۰) نشان داد که در ارتباط با طول شاخساره، وزن خشک شاخساره و وزن تر ریشه گیاهان بامیه، تأثیر نماتد و اثر متقابل نماتد × BABA معنی‌دار است ($p<۰/۰۱$) ولی تأثیر BABA به تنهایی معنی‌دار نمی‌باشد. در ارتباط با وزن تر شاخساره و میزان محصول بامیه، تأثیر نماتد، BABA و تیمار تلفیقی نماتد × BABA معنی‌دار بودند ($p<۰/۰۱$) (جدول ۱).

نتایج تجزیه واریانس صفات رویشی گیاهان بامیه در سال دوم (۱۴۰۰-۱۴۰۱) نشان داد که در ارتباط با طول شاخساره و وزن تر شاخساره گیاهان بامیه، تأثیر نماتد و اثر متقابل نماتد × BABA معنی‌دار بوده ($p<۰/۰۱$) ولی تأثیر BABA معنی‌دار نمی‌باشد. در ارتباط با وزن خشک شاخساره و میزان محصول بامیه، تأثیر نماتد، BABA و تیمار تلفیقی نماتد × BABA معنی‌دار بود ($p<۰/۰۱$). در ارتباط با وزن تر ریشه تأثیر BABA در سطح پنج درصد و اثر متقابل نماتد × BABA در سطح یک درصد معنی‌دار بوده ولی تأثیر نماتد معنی‌دار نمی‌باشد (جدول ۲).

**جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های رویشی گیاه بامیه سالم و آلوده به نماتد *Meloidogyne javanica* محلول‌پاشی شده با غلظت‌های مختلف بتا آمینو بوتیریک اسید (BABA) طی سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰**

| منابع تغییر | df | میانگین مربعات | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | طول شاخساره | وزن تر شاخساره | وزن خشک شاخساره | وزن تر ریشه | میزان محصول |
| نماتد | ۱ | ۴۹۴/۰۸** | ۲۲۵/۳۳** | ۹۷۲/۰۰** | ۴۵۱۷/۲۵** | ۶۱۶۵/۳۳** |
| بتا آمینو بوتیریک اسید | ۲ | ۲۳/۰۸ ns | ۱۹۶/۰۰** | ۲۸/۰۸ ns | ۹/۳۵ ns | ۱۳۳/۵۸** |
| تکرار | ۷ | ۹/۴۶** | ۳۶/۸۶** | ۴/۵۷** | ۲۴/۸۶* | ۲/۹۵** |
| بتا آمینو بوتیریک اسید × نماتد | ۳۵ | ۸۲/۵۸** | ۹۹۶/۳۳** | ۹۵/۲۵** | ۱۱۴/۹۶** | ۴۵۶/۵۸** |
| خطا | ۴۷ | ۱۱/۸۹ | ۲۸/۵۷ | ۵/۸۳ | ۱۰/۲۰ | ۱۸/۱۸ |
| ضریب تغییرات (٪) | - | ۵/۹۷ | ۱/۹۸ | ۳/۱۸ | ۳/۸۲ | ۵/۱۲ |

ns عدم معنی‌داری، ** معنی‌داری در سطح ۱٪ و * معنی‌داری در سطح ۵٪ است.

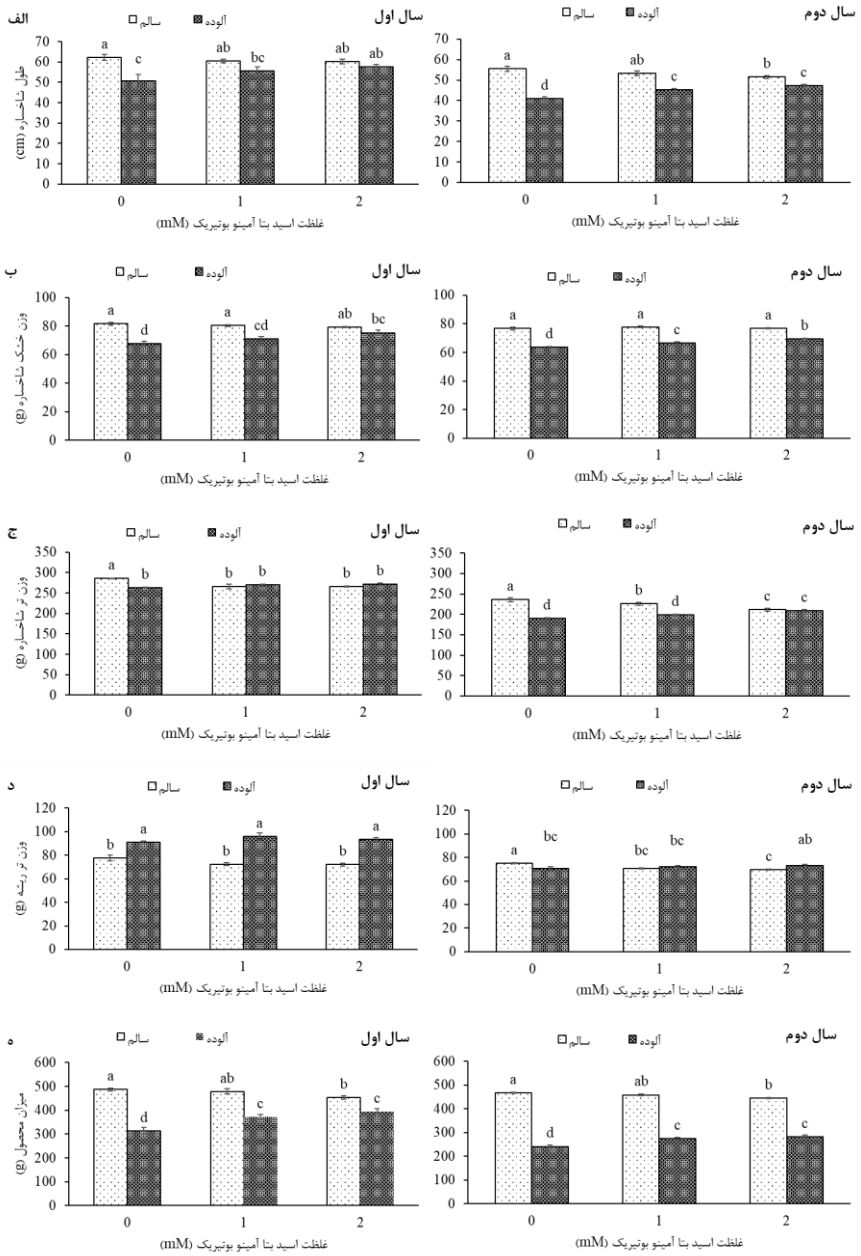
**جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های رویشی گیاه بامیه سالم و آلوده به نماتد *Meloidogyne javanica* محلول‌پاشی شده با غلظت‌های مختلف بتا آمینو بوتیریک اسید (BABA) طی سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱**

| | | میانگین مربعات | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| منابع تغییر | df | طول شاخساره | وزن تر شاخساره | وزن خشک شاخساره | وزن تر ریشه | میزان محصول |
| نماتد | ۱ | ۹۴۵/۱۹** | ۷۵۵۰/۰۸** | ۱۳۴۱/۹۷** | ۰/۳۳ ns | ۱۷۵۵۶/۷۵** |
| بتا آمینو بوتیریک اسید | ۲ | ۶/۵۲ ns | ۲۶/۳۳ ns | ۳۷/۵۷** | ۱۱/۰۸* | ۲۸/۰۰** |
| تکرار | ۷ | ۴/۳۹ ns | ۴۱/۴۶ ns | ۱/۷۸ ns | ۲/۴۳ ns | ۱/۸۵ ns |
| بتا آمینو بوتیریک اسید × نماتد | ۳۵ | ۱۰۹/۹۴** | ۱۹۹۴/۳۳** | ۳۱/۸۸** | ۶۱/۵۸** | ۱۶۳/۰۰** |
| خطا | ۴۷ | ۲/۴۵ | ۲۸/۰۶ | ۱/۵۵ | ۲۶۷/۶۷ | ۳/۱۹ |
| ضریب تغییرات (٪) | - | ۳/۱۹ | ۲/۵۰ | ۱/۷۴ | ۲/۴۱ | ۲/۴۷ |

ns عدم معنی‌داری و ** معنی‌داری در سطح ۱٪ است.

مقایسه میانگین صفات رویشی گیاهان بامیه در سال اول نشان داد که طول شاخساره در گیاهان سالم تیمار شده با غلظت‌های مختلف BABA با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشتند. طول شاخساره در گیاهان آلوده تیمار شده با ۲ میلی‌مولار BABA، به‌طور معنی‌داری از گیاهان شاهد بیشتر بود. مقایسه میانگین صفات رویشی گیاهان بامیه در سال دوم نشان داد که طول شاخساره گیاهان سالم در تمامی تیمارها نسبت به گیاهان آلوده به طور معنی‌داری بیشتر بود. طول شاخساره در گیاهان سالم تیمار شده با ۲ میلی‌مولار BABA به طورمعنی‌داری از تیمار شاهد کمتر بود. در گیاهان آلوده، طول شاخساره گیاهان تیمار شده با BABA به طور معنی‌داری از تیمار شاهد بیشتر بود. مقایسه میانگین صفات رویشی گیاهان بامیه در سال اول نشان داد که وزن خشک شاخساره در گیاهان سالم تیمار شده با غلظت‌های مختلف BABA با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشتند. وزن خشک شاخساره در گیاهان آلوده تیمار شده با ۲ میلی‌مولار BABA، به‌طور معنی‌داری از گیاهان شاهد بیشتر بود. مقایسه میانگین صفات رویشی گیاهان بامیه در سال دوم نشان داد که وزن خشک شاخساره گیاهان سالم در تمامی تیمارها به طور معنی‌داری از گیاهان آلوده بیشتر بود. وزن خشک شاخساره در گیاهان سالم، در تمامی تیمارها فاقد اختلاف معنی‌دار بود. در گیاهان آلوده، وزن خشک شاخساره در گیاهان تیمار شده با ۲ میلی‌مولار BABA به طورمعنی‌داری از سایر تیمارها بیشتر بود. مقایسه میانگین صفات رویشی گیاهان بامیه در سال اول نشان داد که وزن تر شاخساره در گیاهان سالم شاهد به طور معنی‌داری از گیاهان آلوده شاهد بیشتر بود. مقایسه میانگین صفات رویشی گیاهان بامیه در سال دوم نشان داد که در گیاهان سالم، وزن تر شاخساره گیاهان تیمار شده با BABA به طورمعنی‌داری از تیمار شاهد کمتر بود. در گیاهان سالم، کمترین وزن تر شاخساره در گیاهان تیمار شده با ۲ میلی‌مولار BABA مشاهده شد که نسبت به تیمار ۱ میلی‌مولار BABA به طور معنی‌داری کمتر بود. در گیاهان آلوده، وزن تر شاخساره در گیاهان تیمار شده با ۲ میلی‌مولار BABA به طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود. مقایسه میانگین صفات رویشی گیاهان بامیه در سال اول نشان داد که در تمام تیمارها وزن تر ریشه در گیاهان آلوده به نماتد در مقایسه با گیاهان سالم به طور معنی‌داری بیشتر بود. وزن تر ریشه در گیاهان آلوده با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند. این شرایط در گیاهان سالم نیز مشاهده شد. مقایسه میانگین صفات رویشی گیاهان بامیه در سال دوم نشان داد که در تیمار شاهد، وزن تر ریشه در گیاهان آلوده به نماتد در مقایسه با گیاهان سالم به طور معنی‌داری بیشتر بود. وزن تر ریشه در گیاهان آلوده با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند. مقایسه میانگین صفات رویشی گیاهان بامیه در سال اول نشان داد که در تمامی تیمارها میزان محصول گیاهان سالم نسبت به گیاهان آلوده

به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. در گیاهان سالم میزان محصول در تیمار ۲ میلی‌مولار BABA نسبت به تیمار شاهد بطور معنی‌داری کمتر بود اما در گیاهان آلوده، تیمار گیاهان با BABA باعث افزایش معنی‌دار میزان محصول در مقایسه با گیاهان شاهد شد. مقایسه میانگین صفات رویشی گیاهان بامیه در سال دوم نشان داد که در تمامی تیمارها میزان محصول گیاهان سالم نسبت به گیاهان آلوده به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. در گیاهان سالم، میزان محصول در گیاهان تیمار شده با ۲ میلی‌مولار BABA نسبت به تیمار شاهد به طور معنی‌داری کمتر بود اما در گیاهان آلوده، تیمار گیاهان با BABA باعث افزایش معنی‌دار میزان محصول در مقایسه با گیاهان شاهد شد (شکل ۱).




**شکل ۱- میانگین شاخص‌های رویشی گیاه بامیه سالم و آلوده به نماتد *Meloidogyne javanica* محلول‌پاشی شده با غلظت‌های مختلفی بتا آمینو بوتیریک اسید (BABA) در دو سال زراعی.**

(اعداد نشان دهنده میانگین و میله‌های خطا نشان دهنده انحراف معیار از میانگین هشت تکرار می‌باشد. میانگین داده‌ها با حروف غیر مشابه، براساس آزمون دانکن در سطح ۱ درصد معنی‌دار می‌باشند).

### اثر BABA بر شاخص‌های جمعیتی نماتد *Meloidogyne javanica* در گیاهان بامیه

نتایج تجزیه واریانس صفات جمعیتی نماتد در گیاهان بامیه در سال اول آزمایش نشان داد که در ارتباط با تمام صفات مورد بررسی، تأثیر BABA معنی‌دار است ($p<۰/۰۱$) (جدول ۳). نتایج تجزیه واریانس صفات جمعیتی نماتد در گیاهان بامیه در سال دوم آزمایش نشان داد که در ارتباط با تعداد تخم، تعداد گال و تعداد توده تخم در سیستم ریشه و فاکتور تولیدمثل نماتد، تأثیر BABA معنی‌دار می‌باشد ($p<۰/۰۱$). در ارتباط با تعداد لارو سن دوم در خاک، تأثیر BABA معنی‌دار نبود (جدول ۴).

**جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های جمعیتی نماتد *Meloidogyne javanica* در گیاه بامیه محلول‌پاشی شده با غلظت‌های مختلف بتا آمینو بوتیریک اسید (BABA) طی سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰**

| | | میانگین مربعات | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| منابع تغییر | df | تعداد تخم در ریشه | تعداد گال در ریشه | تعداد توده تخم در ریشه | تعداد لارو سن دوم در خاک | فاکتور تولیدمثل |
| بتا آمینو بوتیریک اسید | ۲ | ۱۱۲۱۷۷۴۶۸/۷** | ۴۳۲۱۹۶/۱۷** | ۱۳۹۶۷۲۲/۶۷** | ۴۴۶۳۷۵۰/۰۰** | ۵/۵۳** |
| تکرار | ۷ | ۴۳۵۳۲۱۳/۳ ns | ۳۰۶۷۹/۱۲ ns | ۱۱۴۵۵۷/۳۳ ns | ۳۲۴۰۴۷/۶۲** | ۰/۱۰ ns |
| خطا | ۴۷ | ۴۲۳۸۰۰۶/۲ | ۳۲۹۳۶/۲۶ | ۱۲۰۱۸۵/۹۱ | ۵۹۹۴۰/۴۸ | ۰/۱۲ |
| ضریب تغییرات (٪) | - | ۶/۶۵ | ۴/۷۹ | ۱۰/۵۰ | ۶/۵۷ | ۵/۱۹ |

ns عدم معنی‌داری و ** معنی‌داری در سطح ۱٪ است.

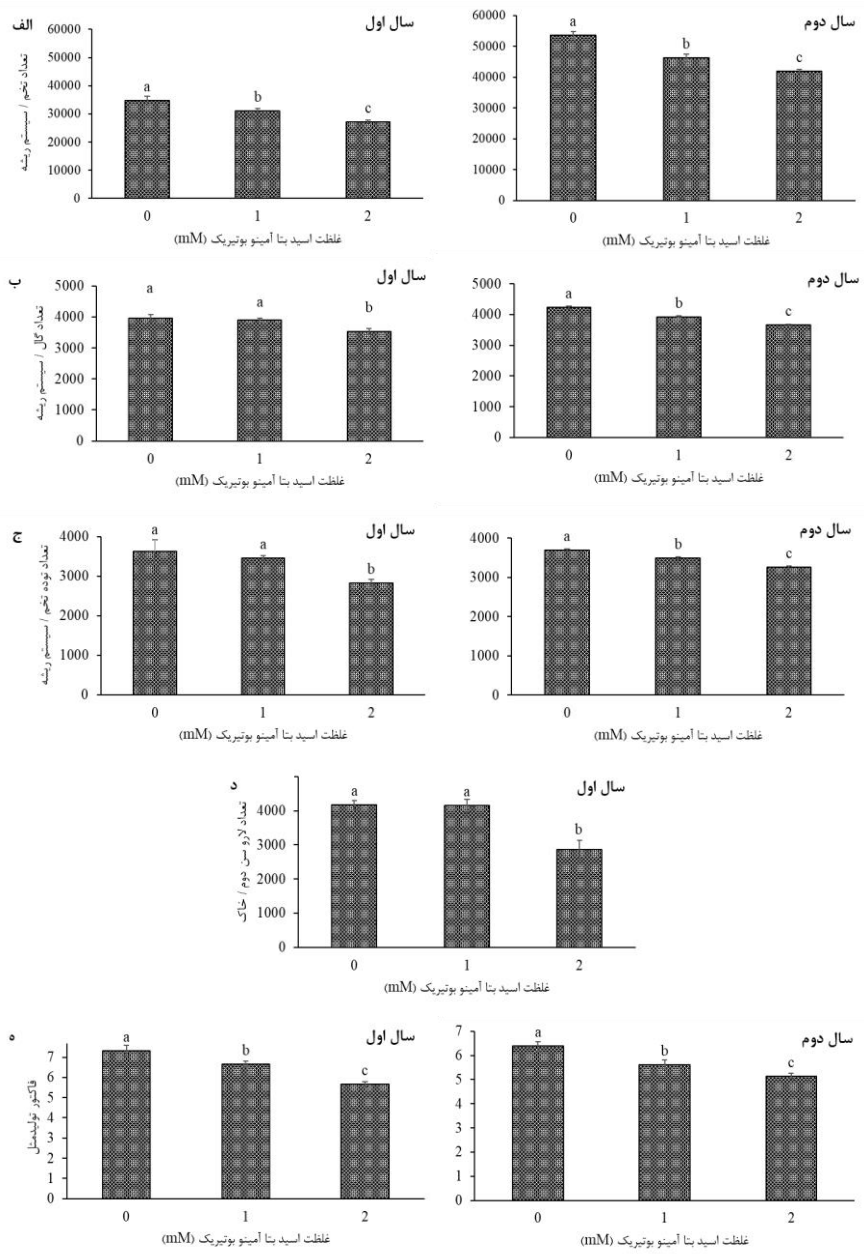
**جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های جمعیتی نماتد *Meloidogyne javanica* در گیاه بامیه محلول‌پاشی شده با غلظت‌های مختلف بتا آمینو بوتیریک اسید (BABA) طی سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱**

| | | میانگین مربعات | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| منابع تغییر | df | تعداد تخم در ریشه | تعداد گال در ریشه | تعداد توده تخم در ریشه | تعداد لارو سن دوم در خاک | فاکتور تولیدمثل |
| بتا آمینو بوتیریک اسید | ۲ | ۲۸۰۹۹۷۱۱۶/۷** | ۶۵۰۶۱۶/۶۷** | ۳۷۹۹۰۰/۶۷** | ۸۲۸۱۶/۶۷ns | ۹/۲۵** |
| تکرار | ۷ | ۳۲۸۰۳۵/۰ ns | ۴۲۵۴/۷۶ns | ۲۹۳۲/۱۹ns | ۲۴۱۶۱/۹۰ ns | ۰/۰۸ns |
| خطا | ۴۷ | ۳۶۶۶۵۳۵/۷ | ۴۱۴۰/۴۸ | ۴۷۵۹/۳۳ | ۶۶۹۱۱/۹۱ | ۰/۰۹ |
| ضریب تغییرات (٪) | - | ۴/۰۵ | ۱/۶۵ | ۱/۹۸ | ۴/۰۶ | ۳/۱۲ |

ns عدم معنی‌داری و ** معنی‌داری در سطح ۱٪ است.

مقایسه میانگین صفات جمعیتی نماتد در گیاهان بامیه در سال اول نشان داد که تعداد تخم در سیستم ریشه و فاکتور تولیدمثل نماتد در گیاهان شاهد به طور معنی‌داری از گیاهان تیمار شده با BABA بیشتر بود. کمترین تعداد تخم در سیستم ریشه و فاکتور تولیدمثل نماتد در گیاهان تیمار شده با ۲ میلی‌مولار BABA مشاهده شد که به طور معنی‌داری از تعداد تخم در سیستم ریشه و فاکتور تولیدمثل نماتد در گیاهان تیمار شده با ۱ میلی‌مولار BABA کمتر بود. بیشترین تعداد گال و تعداد توده تخم در سیستم ریشه و تعداد لارو سن دوم در خاک در گیاهان شاهد مشاهده شد که با تعداد گال و تعداد توده تخم در سیستم ریشه و تعداد لارو سن دوم در خاک در گیاهان تیمار شده با ۱ میلی‌مولار BABA اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. کمترین تعداد گال و تعداد توده تخم در سیستم ریشه و تعداد لارو سن دوم در خاک در گیاهان تیمار شده با ۲ میلی‌مولار BABA مشاهده شد که به طور معنی‌داری از تعداد گال و تعداد توده تخم در سیستم ریشه و تعداد لارو سن دوم

در خاک در گیاهان تیمار شده با ۱ میلی‌مولار BABA کمتر بود. مقایسه میانگین صفات جمعیتی نماتد در گیاهان بامیه در سال دوم نشان داد که تعداد تخم، تعداد گال و تعداد توده تخم در سیستم ریشه و فاکتور تولیدمثل نماتد در گیاهان شاهد به طور معنی‌داری از گیاهان تیمار شده با BABA بیشتر بود. کمترین تعداد تخم، تعداد گال و تعداد توده تخم در سیستم ریشه و فاکتور تولیدمثل نماتد در گیاهان تیمار شده با ۲ میلی‌مولار BABA مشاهده شد که به طور معنی‌داری از تعداد تخم، تعداد گال و تعداد توده تخم در سیستم ریشه و فاکتور تولیدمثل نماتد در گیاهان تیمار شده با ۱ میلی‌مولار BABA کمتر بود (شکل ۲).




**شکل ۲- میانگین شاخص‌های جمعیتی نماتد *Meloidogyne javanica* در گیاه بادمجان محلول‌پاشی شده با غلظت‌های مختلفی بتا آمینو بوتیریک اسید (BABA) در دو سال زراعی.**

(اعداد نشان دهنده میانگین و میله‌های خطا نشان دهنده انحراف معیار از میانگین هشت تکرار می‌باشد. میانگین داده‌ها با حروف غیر مشابه، براساس آزمون دانکن در سطح ۱ درصد معنی‌دار می‌باشند).

**اثر BABA بر شاخص‌های رویشی گیاه بادمجان**

نتایج تجزیه واریانس صفات رویشی گیاهان بادمجان در سال اول نشان داد که در ارتباط با طول شاخساره و وزن خشک شاخساره، تأثیر نماتد در سطح یک درصد و اثر متقابل نماتد × BABA در سطح پنج درصد معنی‌دار بوده ولی تأثیر BABA معنی‌دار نمی‌باشد. در ارتباط با وزن تر شاخساره و میزان محصول گیاهان بادمجان، تأثیر نماتد و اثر متقابل نماتد × BABA معنی‌دار بوده ($p<۰/۰۱$) ولی تأثیر BABA معنی‌دار نمی‌باشد. در ارتباط با وزن تر ریشه، تأثیر نماتد و BABA معنی‌دار نمی‌باشد اما اثر متقابل نماتد × BABA معنی‌دار می‌باشد ($p<۰/۰۵$) (جدول ۵). نتایج تجزیه واریانس صفات رویشی گیاهان بادمجان در سال دوم نشان داد که در ارتباط با تمامی صفات مورد بررسی، تأثیر نماتد و اثر متقابل نماتد × BABA معنی‌دار بوده ($p<۰/۰۱$) ولی تأثیر BABA معنی‌دار نمی‌باشد (جدول ۶).

**جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های رویشی گیاه بادمجان سالم و آلوده به نماتد *Meloidogyne javanica* محلول‌پاشی شده با غلظت‌های مختلف بتا آمینو بوتیریک اسید (BABA) طی سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰**

| | | میانگین مربعات | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| منابع تغییر | df | طول شاخساره | وزن تر شاخساره | وزن خشک شاخساره | وزن تر ریشه | میزان محصول |
| نماتد | ۱ | ۵۰۷/۰۰ ** | ۷۱۵۴/۰۸ ** | ۲۲۰/۴۱ ** | ۱۲/۶۵ ns | ۳۲۳۴/۰۸ ** |
| بتا آمینو بوتیریک اسید | ۲ | ۷/۵۸ ns | ۶/۵۸ ns | ۱/۷۱ ns | ۶/۱۷ ns | ۶۷/۰۰ ns |
| تکرار | ۷ | ۴/۲۹ ns | ۱۹۲/۶۱ ns | ۱/۰۶ ns | ۴/۲۶ ns | ۵۴/۸۰ ns |
| بتا آمینو بوتیریک اسید × نماتد | ۳۵ | ۳۳/۲۵ * | ۷۴۲/۵۸ ** | ۷۲/۳۱ * | ۲۰/۴۶ * | ۹۶۶/۳۳ ** |
| خطا | ۴۷ | ۱۰/۱۷ | ۸۳۳/۳۹ | ۷/۷۷ | ۴/۳۴ | ۳۳/۳۴ |
| ضریب تغییرات (٪) | - | ۷/۳۶ | ۵/۶۱ | ۹/۶۳ | ۸/۱۳ | ۴/۴۵ |

ns عدم معنی‌داری، ** معنی‌داری در سطح ۱٪ و * معنی‌داری در سطح ۵٪ است.

**جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های رویشی گیاه بادمجان سالم و آلوده به نماتد *Meloidogyne javanica* محلول‌پاشی شده با غلظت‌های مختلف بتا آمینو بوتیریک اسید (BABA) طی سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱**

| | | میانگین مربعات | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| منابع تغییر | df | طول شاخساره | وزن تر شاخساره | وزن خشک شاخساره | وزن تر ریشه | میزان محصول |
| نماتد | ۱ | ۸۵۸/۵۲ ** | ۳۸۳۷/۷۶ ** | ۲۵۰/۵۲ ** | ۱۱۷/۱۹ ** | ۶۵۳۳/۳۳ ** |
| بتا آمینو بوتیریک اسید | ۲ | ۰/۵۳ ns | ۲۲/۱۶ ns | ۵/۰۲ ns | ۵/۰۰ ns | ۱۶/۳۳ ns |
| تکرار | ۷ | ۱۱/۶۸ ** | ۷/۹۷ ns | ۰/۹۳ ns | ۵/۱۸ ns | ۳۳/۷۶ ns |
| بتا آمینو بوتیریک اسید × نماتد | ۳۵ | ۹/۲۸ ** | ۳۴۷/۳۶ ** | ۱۹/۵۶ ** | ۰/۲۸ ** | ۹۴۰/۳۳ ** |
| خطا | ۴۷ | ۱/۴۷ | ۲۱/۸۹ | ۲/۸۴ | ۳/۷۴ | ۸۴/۲۵ |
| ضریب تغییرات (٪) | - | ۳/۱۱ | ۳/۳۳ | ۶/۲۴ | ۸/۵۳ | ۷/۵۹ |

ns عدم معنی‌داری و ** معنی‌داری در سطح ۱٪ است.

مقایسه میانگین صفات رویشی گیاهان بادمجان در سال اول نشان داد که طول شاخساره و وزن تر شاخساره در گیاهان سالم شاهد و گیاهان سالم تیمار شده با ۱ میلی‌مولار BABA در مقایسه با گیاهان آلوده

به طور معنی‌داری بیشتر بود ولی در گیاهان سالم و آلوده تیمار شده با ۲ میلی‌مولار BABA اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. وزن خشک شاخساره و میزان محصول در گیاهان سالم شاهد در مقایسه با گیاهان آلوده به طور معنی‌داری بیشتر بود ولی در گیاهان سالم و آلوده تیمار شده با BABA اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. طول شاخساره، وزن تر شاخساره و وزن خشک شاخساره در گیاهان سالم در تمامی تیمارهای مورد بررسی با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند. نتایج مشابهی در ارتباط با گیاهان آلوده نیز مشاهده شد. میزان محصول در گیاهان آلوده تیمار شده با ۲ میلی‌مولار BABA به طور معنی‌داری از گیاهان آلوده شاهد بیشتر بود. وزن تر ریشه در گیاهان سالم شاهد به طور معنی‌داری از گیاهان آلوده شاهد کمتر بود ولی در گیاهان سالم و آلوده تیمار شده با BABA اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. مقایسه میانگین صفات رویشی گیاهان بادمجان در سال دوم نشان داد که طول شاخساره و وزن تر شاخساره در گیاهان سالم در مقایسه با گیاهان آلوده به طور معنی‌داری بیشتر بود. طول شاخساره در گیاهان سالم در تمامی تیمارهای مورد بررسی با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند. نتایج مشابهی در ارتباط با گیاهان آلوده نیز مشاهده شد. وزن خشک شاخساره در گیاهان سالم شاهد و تیمار شده با ۱ میلی‌مولار BABA در مقایسه با گیاهان آلوده به طور معنی‌داری بیشتر بود اما در گیاهان تیمار شده با ۲ میلی‌مولار BABA تفاوت معنی‌داری بین وزن خشک شاخساره در گیاهان سالم و آلوده مشاهده نشد. وزن خشک شاخساره در گیاهان سالم در تمامی تیمارهای مورد بررسی با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند. در گیاهان آلوده، میزان محصول در گیاهان تیمار شده با ۲ میلی‌مولار BABA به طور معنی‌داری از گیاهان شاهد بیشتر بود. وزن تر ریشه در گیاهان سالم در تمامی تیمارهای مورد بررسی با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند. نتایج مشابهی در ارتباط با گیاهان آلوده نیز مشاهده شد (شکل ۳).

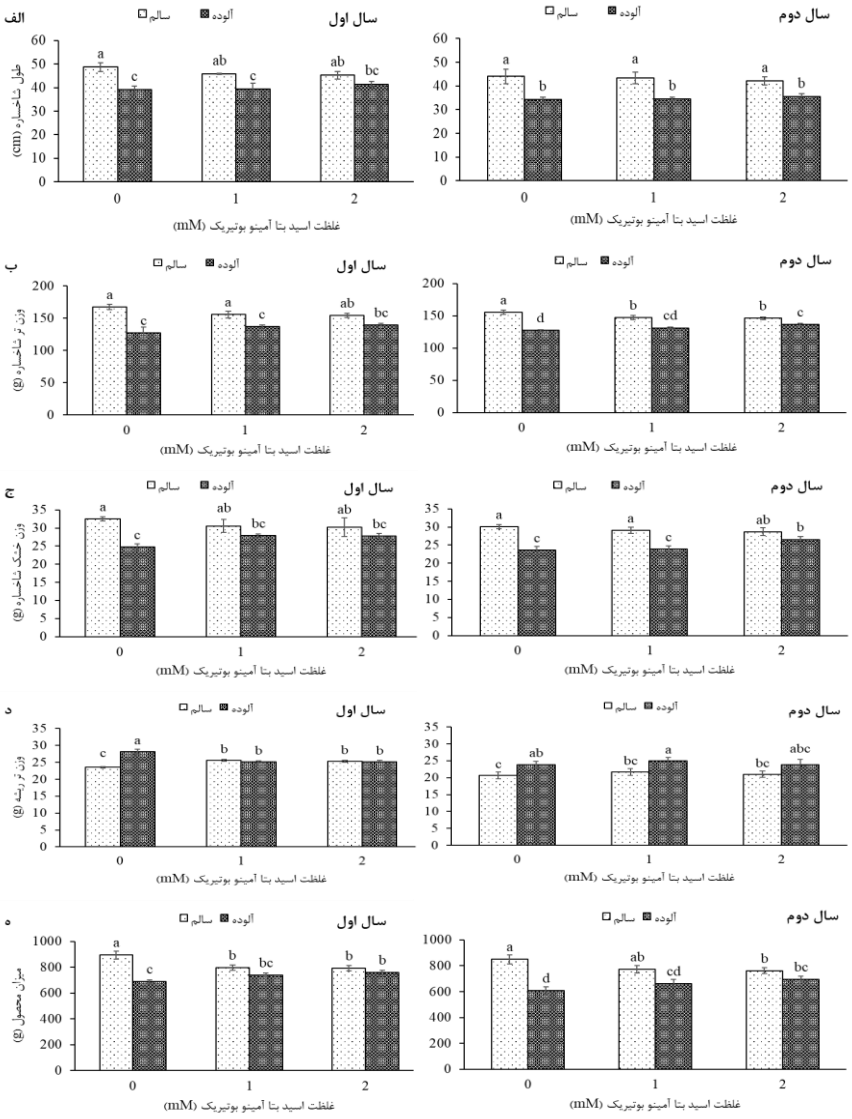
### اثر BABA بر شاخص‌های جمعیتی نماتد *Meloidogyne javanica* در گیاهان بادمجان

نتایج تجزیه واریانس صفات جمعیتی نماتد در گیاهان بادمجان در سال اول آزمایش نشان داد که در ارتباط با تعداد تخم، تعداد گال و تعداد توده تخم در سیستم ریشه و فاکتور تولیدمثل نماتد، تأثیر BABA معنی‌دار می‌باشد ($p<۰/۰۱$). در ارتباط با تعداد لارو سن دوم در خاک، تأثیر BABA معنی‌دار نمی‌باشد (جدول ۷). نتایج تجزیه واریانس صفات جمعیتی نماتد در گیاهان بادمجان در سال دوم آزمایش نشان داد که در ارتباط با تعداد تخم، و تعداد توده تخم در سیستم ریشه و فاکتور تولیدمثل نماتد، تأثیر BABA در سطح یک درصد و در ارتباط با تعداد گال در سیستم ریشه در سطح پنج درصد معنی‌دار می‌باشد. در ارتباط با تعداد لارو سن دوم در خاک، تأثیر BABA معنی‌دار نمی‌باشد (جدول ۸).

**جدول ۷- نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های جمعیتی نماتد *Meloidogyne javanica* در گیاه بادمجان محلول‌پاشی شده با غلظت‌های مختلف بتا آمینو بوتیریک اسید (BABA) طی سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰**

| منابع تغییر | df | میانگین مربعات | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | تعداد تخم در ریشه | تعداد گال در ریشه | تعداد توده تخم در ریشه | تعداد لارو سن دوم در خاک | فاکتور تولیدمثل |
| بتا آمینو بوتیریک اسید | ۲ | ۹۹۲۸۰۶۱۶/۷$^{**}$ | ۱۹۴۸۲/۱۷$^{**}$ | ۳۳۶۶/۵۰$^{**}$ | ۱۱۴۱۰۴/۶۷$^{ns}$ | ۱/۰۳$^{**}$ |
| تکرار | ۷ | ۵۱۲۴۰۴۵/۲$^{ns}$ | ۱۰۲۴/۲۶$^{ns}$ | ۸۲۰/۲۸$^{**}$ | ۳۷۱۹۸/۷۶$^{ns}$ | ۰/۰۵$^{ns}$ |
| خطا | ۴۷ | ۵۸۲۸۸۱۶/۷ | ۱۳۶۷/۴۰ | ۱۵۱/۰۷ | ۹۷۴۲۰/۴۸ | ۰/۰۶ |
| ضریب تغییرات (٪) | - | ۶/۹۹ | ۵/۷۰ | ۲/۲۲ | ۱۵/۱۸ | ۶/۴۷ |

ns عدم معنی‌داری و ** معنی‌داری در سطح ۱٪ است.




**شکل ۳- میانگین شاخص‌های رویشی گیاه بادمجان سالم و آلوده به نماتد *Meloidogyne javanica* محلول‌پاشی شده با غلظت‌های مختلفی بتا آمینو بوتیریک اسید (BABA) در دو سال زراعی.**

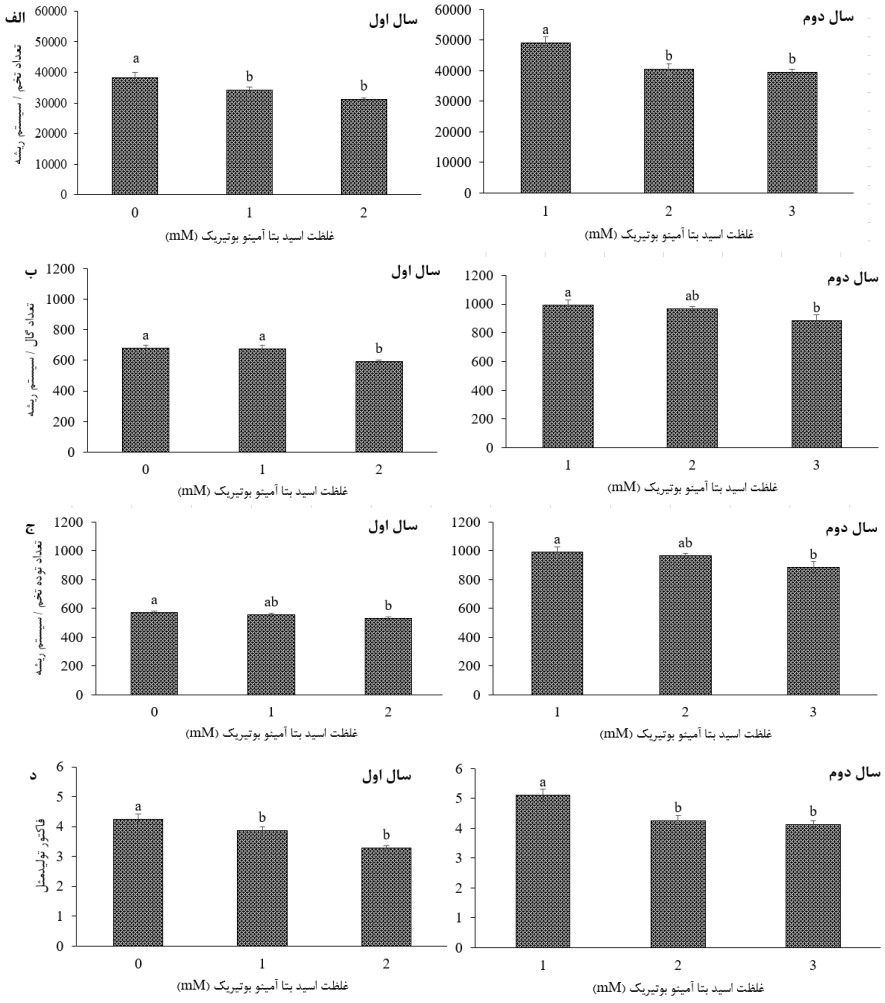
(اعداد نشان دهنده میانگین و میله‌های خطا نشان دهنده انحراف معیار از میانگین هشت تکرار می‌باشد. میانگین داده‌ها با حروف غیر مشابه، براساس آزمون دانکن در سطح ۱ درصد معنی‌دار می‌باشند).

**جدول ۸- نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های جمعیتی نماتد *Meloidogyne javanica* در گیاه بادمجان محلول‌پاشی شده با غلظت‌های مختلف بتا آمینو بوتیریک اسید (BABA) طی سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱**

| | | میانگین مربعات | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| منابع تغییر | df | تعداد تخم در ریشه | تعداد گال در ریشه | تعداد توده تخم در ریشه | تعداد لارو سن دوم در خاک | فاکتور تولیدمثل |
| بتا آمینو بوتیریک اسید | ۲ | ۲۲۷۸۵۹۰۱۶/۷** | ۲۵۳۸۲/۰۰* | ۲۷۶۲۱/۵۰** | ۱۶۱۹۳۲/۱۷ns | ۲/۲۶** |
| تکرار | ۷ | ۴۴۲۸۵۹۰/۵ns | ۱۰۰۹/۱۴ ns | ۱۷۶۲/۷۴ ns | ۱۲۷۱۴۲/۱۷ns | ۰/۰۳ns |
| خطا | ۴۷ | ۱۲۱۰۷۹۱۱/۹ | ۴۵۹۸/۰۰ | ۱۴۰۲/۴۵ | ۵۷۳۲۲/۷۴ | ۰/۱۳ |
| ضریب تغییرات (٪) | - | ۸/۰۹ | ۷/۱۵ | ۴/۹۶ | ۱۸/۹۴ | ۸/۰۰ |

ns عدم معنی‌داری، ** معنی‌داری در سطح ۱٪ و * معنی‌داری در سطح ۵٪ است.

مقایسه میانگین صفات جمعیتی نماتد در گیاهان بادمجان در سال اول نشان داد که تعداد تخم در سیستم ریشه و فاکتور تولیدمثل نماتد در گیاهان شاهد به طور معنی‌داری از گیاهان تیمار شده با BABA بیشتر بود. تعداد تخم و تعداد در سیستم ریشه و فاکتور تولیدمثل نماتد در گیاهان تیمار شده با ۲ میلی‌مولار BABA اختلاف معنی‌داری با گیاهان تیمار شده با ۱ میلی‌مولار BABA نداشتند. کمترین تعداد گال و تعداد توده تخم در سیستم ریشه در گیاهان تیمار شده با ۲ میلی‌مولار BABA مشاهده شد که تنها با گیاهان شاهد اختلاف معنی‌داری داشتند. مقایسه میانگین صفات جمعیتی نماتد در گیاهان بادمجان در سال دوم نشان داد که تعداد تخم و تعداد توده تخم در سیستم ریشه و فاکتور تولیدمثل نماتد در گیاهان شاهد به طور معنی‌داری از گیاهان تیمار شده با BABA بیشتر بود. تعداد تخم و تعداد توده تخم در سیستم ریشه و فاکتور تولیدمثل نماتد در گیاهان تیمار شده با ۲ میلی‌مولار BABA اختلاف معنی‌داری با گیاهان تیمار شده با ۱ میلی‌مولار BABA نداشتند. کمترین تعداد گال در سیستم ریشه در گیاهان تیمار شده با ۲ میلی‌مولار BABA مشاهده شد که تنها با گیاهان شاهد اختلاف معنی‌داری داشتند (شکل ۴).




**شکل ۴- میانگین شاخص‌های جمعیتی نماتد *Meloidogyne javanica* در گیاه بادمجان محلول‌پاشی شده با غلظت‌های مختلفی اسید بتا آمینو بوتیریک (BABA) در دو سال زراعی**

(اعداد نشان دهنده میانگین و میله‌های خطا نشان دهنده انحراف معیار از میانگین هشت تکرار می‌باشد. میانگین داده‌ها با حروف غیر مشابه، براساس آزمون دانکن در سطح ۱ درصد معنی‌دار می‌باشند).

**بحث**

در مطالعه حاضر، اثر محلول‌پاشی غلظت‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار BABA روی گیاهان بامیه و بادمجان سالم و آلوده به نماتد ریشه گرهی گونه *M. javanica* در شرایط مزرعه و در دو سال زراعی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تیمار BABA در گیاهان آلوده به طور معنی‌داری باعث بهبود شاخص‌های رویشی گیاه و شاخص‌های جمعیتی نماتد در مقایسه با گیاهان آلوده و تیمار نشده با BABA شد. پس از تیمار ۲ میلی‌مولار BABA در مقایسه با عدم تیمار آن، میزان محصول بادمجان در سال زراعی اول در حدود ۹ درصد و در سال زراعی دوم در حدود ۱۳ درصد افزایش یافت. میزان محصول بامیه در سال زراعی اول و دوم در گیاهان تیمار شده با ۲ میلی‌مولار BABA در مقایسه با عدم تیمار آن به ترتیب ۲۱ و ۱۵ درصدی افزایش یافت. همچنین مشخص شد که فاکتور تولیدمثل نماتد در گیاهان بادمجان تیمار شده با ۲ میلی‌مولار BABA در مقایسه با عدم تیمار آن در سال اول و دوم به ترتیب ۲۳ و ۲۰ درصد و در گیاهان بامیه به ترتیب ۲۳ و ۱۹ درصد کاهش یافت.

BABA با تحریک گیاه برای ساختن موانع فیزیکی، تجمع پروتئین‌ها مرتبط با بیماریزایی و تولید سریع اکسیژن فعال در تحریک القاءگرهای مختلف، سیستم دفاعی گیاه را تحریک می‌کند. BABA همچنین در مسیرهای مختلف سیگنالی از جمله اسید سالیسیلیک، اسید جاسمونیک و اتیلن عمل می‌کند (کوهن ۲۰۰۲). تیمار BABA باعث افزایش سطح اسید سالیسیلیک و پروتئین‌های مرتبط با بیماریزایی (Pathogenesis-related protein) (هوانگ و همکاران ۱۹۹۷) و آنزیم‌هایی مانند کاتالاز، پلی‌فنول اکسیداز و گایاکول پراکسیداز می‌شود (صاحبانی و هادوی ۲۰۰۹، صاحبانی و همکاران ۲۰۱۱). در مطالعه‌ای مشخص شد که BABA با افزایش بیان ژن *PR1* در گوجه‌فرنگی آلوده به *Meloidogyne incognita* در القاء مقاومت سیستمیک نقش دارد و باعث کاهش خسارت ناشی از این نماتد روی گیاه در شرایط گلخانه شد (چاره‌گانی و همکاران ۲۰۲۲).

مشخص شده است که بتاآمینوبوتیریک اسید توانایی لاروهای سن دوم نماتد *M. javanica* در تشکیل گال در ریشه گیاهان تیمار شده را کاهش می‌دهد. سلول‌های غول‌آسا (Giant cells) در گیاهان آلوده بزرگ و پر از سیتوپلاسم است در حالی که در گیاهان تیمار شده با BABA کوچک و حفره‌دار است (اوکا و همکاران ۱۹۹۹). کوچک شدن سلول‌های غول‌آسا در گیاهان آلوده‌ی تیمار شده با BABA باعث می‌شود مواد غذایی کافی برای نماتدهای تأمین نشود. استفاده از BABA در گیاهان آلوده باعث به تأخیر افتادن پیشروی نماتد در ریشه‌ی گیاهان و همچنین جلوگیری از اتمام چرخه زندگی و رشد نماتد *M. javanica* می‌گردد. BABA با تغییر در متابولیسم گیاه باعث کاهش قدرت جذب گیاه برای نماتد شده و با ساختن دیواره سلولی محکم‌تر سبب اختلال در نفوذ نماتد به سلول‌های گیاه شده است (اوکا و همکاران ۱۹۹۹). BABA در گیاهان متابولیزه نمی‌شود بنابراین تصور می‌شود که به پروتئین‌های دیوار سلولی متصل شده و منجر به مقاومت در برابر بیمارگرهای گیاهی می‌شود (کوهن و جیسی ۱۹۹۴). در گیاهانی که با بیمارگرها و آسیب‌های مکانیکی مواجه می‌شوند تغییرات مهم فیزیولوژیکی در گیاه رخ می‌دهد و به طور کلی آنزیم‌ها و سیستم دفاعی گیاه فعال می‌شود. در اثر سنتز مجموعه‌ای از مواد شیمیایی طی واکنش‌های پیچیده‌ای که در گیاه رخ می‌دهد، سیستم دفاعی گیاه تحریک و مقاومت در گیاه را افزایش می‌دهد. بسیاری از ترکیبات با ماهیت پروتئینی شامل آنزیم دفاعی پراکسیداز که در فرآیند تولید لیگنین، سوبرین و تانن که در نفوذپذیری نماتد دخالت دارند، در گیاه تولید می‌شوند. این ترکیبات بافت گیاه را در برابر نماتد ریشه‌گرهی محافظت می‌کنند (وولفسون و همکاران ۲۰۲۲). مشخص شده است که BABA به طور منظم و سیستمیک در گیاه حرکت کرده و باعث ایجاد بعضی از پروتئین‌های مقاومتی در برابر بیمارگرهای گیاهی می‌شود (محمودی ۲۰۱۹). آنزیم‌های

پراکسیداز و پلی‌فنول‌اکسیداز با مداخله در مرحله‌ی آخر تولید لیگنین، مقاومت را در برابر بیماری‌های گیاهی افزایش می‌دهد (لی و همکاران ۲۰۱۸). با ورود نماتد به گیاه برخی ترشحات تولید شده توسط نماتد بر واکنش‌های بیوشیمیایی گیاه تأثیر گذاشته و با متوقف کردن برخی از آن‌ها باعث کاهش سنتز آنزیم‌های دفاعی گیاه می‌شود (پراساد و وبستر ۱۹۶۷). BABA باعث افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز و پلی‌فنول‌اکسیداز در برابر *M. javanica* در سلول‌های گیاه می‌شود (محمودی ۲۰۱۹) و از این طریق باعث تحریک سیستم دفاعی گیاه و افزایش مقاومت در برابر نماتد می‌شود.

تیمار گیاهان ماش (احمد و همکاران ۲۰۰۹) و گوجه‌فرنگی (ایلروبی ۲۰۱۷) با BABA به طور قابل توجهی تعداد گال و توده تخم نماتدهای ریشه‌گرهی را کاهش و رشد گیاهان تیمار شده را در مقایسه با شاهد افزایش می‌دهد که با نتایج حاصل در تحقیق حاضر همسو می‌باشد. در پژوهش کوهن و جیسی (۱۹۹۴) مشخص شد که BABA به پروتئین‌های دیواره سلولی پیوند خورده و آن‌ها را در برابر بیمارگرهای گیاهی مقاوم می‌کند. مشخص شده است که تیمار خیار با BABA به طور قابل توجهی سطح آلودگی نماتد *M. javanica* را در مقایسه با شاهد کاهش می‌دهد. علاوه بر این باعث افزایش قابل توجه فعالیت پراکسیداز، پلی‌فنل اکسیداز و کاتالاز در بافت‌های ریشه شد (صاحبانی و همکاران ۲۰۱۱). نقش پراکسیداز در سیستم‌های دفاعی گیاه، حذف اثرات سمی پراکسید هیدروژن از بافت‌ها و مشارکت در سنتز ترکیبات فنولی و ایجاد پیوند بین مولکولی برای تقویت دیواره‌های سلولی در محل خسارت بیمارگرهای گیاهی است (رپکا و اسلوواکوا ۱۹۹۴). کاتالاز نقش موثری در محافظت از سلول‌های گیاهی در برابر اثرات سمی پراکسید هیدروژن تولید شده پس از حمله عوامل بیماری‌زا به گیاه را دارد (بن‌آمور و همکاران ۲۰۰۵). گزارش شده است که BABA باعث تجمع پلی‌فنول اکسیداز، گایاکول پراکسیداز، هیدروژن پراکسید، کاتالاز و فنل‌ها در ریشه‌های خیار آلوده به *M. javanica* می‌شود (سیگریست و همکاران ۲۰۰۰).

در مطالعه چاره‌گانی و همکاران (۲۰۱۴)، اثر BABA در القاء مقاومت گوجه‌فرنگی علیه نماتد *M. incognita* مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که استفاده از BABA تأثیر چندانی بر شاخص‌های رشدی گیاه نداشت اما در مطالعه حاضر تیمار BABA موجب بهبود شاخص‌های رویشی گیاهان بامیه و بادمجان آلوده به نماتد شد. دلیل این اختلاف به دلیل مدت زمان فعالیت نماتد در ریشه گیاه در دو مطالعه مذکور می‌باشد. در مطالعه چاره‌گانی و همکاران (۲۰۱۴)، تنها ۳۰ روز پس از مایه‌زنی نماتد، گیاهان برداشت شدند و این زمان تنها برای تکمیل یک چرخه زندگی نماتد کافی می‌باشد و لذا جمعیت نماتد در حدی که باعث ایجاد بروز علائم مشخص در شاخص‌های رویشی گیاه شود افزایش نیافت، اما در مطالعه حاضر پس از گذشت ۱۰۰ روز گیاهان برداشت شدند و نماتد مدت زمان بیشتری فرصت برای بروز علائم بر روی گیاهان داشت. در مطالعه چاره‌گانی و همکاران (۲۰۱۴)، BABA باعث کاهش نفوذ لاروهای مهاجم نماتد به درون بافت ریشه شده و باعث به تعویق انداختن چرخه زندگی نماتد درون بافت ریشه و کاهش معنی‌دار شاخص‌های جمعیتی نماتد در گیاهان تیمار شده با القاءگر نسبت به تیمار شاهد گردید که با کاهش تعداد توده تخم، تعداد تخم و تعداد گال در سیستم ریشه و فاکتور تولیدمثل نماتد مشاهده شده در مطالعه حاضر همسو می‌باشد. همچنین نتایج یک مطالعه نشان داد که محلول‌پاشی BABA روی بادمجان آلوده به چهار تخم نماتد *M. javanica* در هر گرم از بستر کشت در شرایط گلخانه باعث کاهش میزان خسارت نماتد روی گیاه و کاهش شاخص‌های جمعیتی نماتد می‌شود به طوری که فاکتور تولیدمثل نماتد در حدود ۴۹ درصد در مقایسه با شاهد کاهش یافت. با اینکه این نتایج با نتایج مطالعه حاضر همسو می‌باشد اما اثر گذاری BABA روی نماتد در مطالعه حاضر کمتر بود و دلیل آن تغییر محل رشد گیاه (مزرعه در مقابل گلخانه) می‌تواند باشد. این تفاوت نشان دهنده اثرگذاری کمتر BABA در شرایط مزرعه در مقابل شرایط گلخانه می‌باشد (شکوهی و همکاران ۲۰۲۱).

با توجه به نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر چنین استنباط می‌شود که محلول پاشی برگی BABA با غلظت ۲ میلی‌مولار، با فعال کردن مکانیزم‌های دفاعی گیاه باعث کاهش نفوذپذیری ریشه گیاهان بادمجان رقم دلمه‌ای و بامیه رقم Clemson Spineless در برابر نماتد *M. javanica* می‌شود. این القاگر شیمیایی با کاهش تعداد گال و تولیدمثل نماتد، موجب کاهش میزان خسارت نماتد در گیاه و افزایش میزان محصول گیاهان مذکور گردید. در این مطالعه برای اولین مرتبه در دنیا نقش موثر القاگر شیمیایی BABA در کاهش خسارت نماتدهای ریشه گرهی روی بادمجان و بامیه در شرایط مزرعه مورد ارزیابی قرار گرفت.

**سپاسگزاری**

نویسندگان از حمایت‌های مالی و معنوی دانشگاه یاسوج قدردانی می‌نمایند.

**منابع مورد استفاده**

Ahmed N, Abbasi MW, Shaukat SS and Zaki MJ. 2009. Induced systemic resistance in mung bean plant against root-knot nematode *Meloidogyne javanica* by DL-β-amino-n-butyric acid. Nematologia Mediterranea, 7: 67-72.

Anwar SA, Javed N, Zia A, Kamran M, Hussain M and Javed M. 2007. Root-knot nematode reproduction and galling severity on thirteen vegetable crops. Proceedings of International Symposium on Prospects of Horticultural Industry (Theme: Future Challenges & Production Prospects) in Pakistan held at Institute of Horticultural Sciences, University of Agriculture, Faisalabad. Pp. 28-30.

Baysal Ö, Gürsoy YZ, Örnek H and Duru A. 2005. Induction of oxidants in tomato leaves treated with DL-β-amino butyric acid (BABA) and infected with *Clavibacter michiganensis* sub sp. *michiganensis*. European Journal of Plant Pathology, 112: 361-369. https://doi.org/10.1007/s10658-005-6234-1

Ben Amor N, Ben Hameda K, Debeza A, Grignonb C and Abdelly C. 2005. Physiological and antioxidant responses of the perennial halophyte *Crithmum maritimum* to salinity. Plant Science, 168: 889-899. https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2004.11.002

Charehgani H, Karegar A and Djavaheri M. 2014. Comparison of DL- β-amino-n-butyric acid, salicylic acid and abscisic acid in induction of resistance in tomato infected by *Meloidogyne incognita*. Iranian Journal of Plant Pathology 50(4): 349-358. (In Persian)

Charehgani H, Karegar A, Djavaheri M and Niazi A. 2022. Systemic induced resistance to the root-knot nematode in tomato by chemical inducers. Journal of Agricultural Science and Technology, 24(1): 71-82. https://dor.org/20.1001.1.16807073.2022.24.1.11.1

Chen P and Robert PA. 2003. Virulence in *Meloidogyne hapla* differentiated by resistance in common bean (*Phaseolus vulgaris*). Nematology, 5:39-47. https://doi.org/10.1163/156854102765216678

Cohen Y, Vaknin M, Mauch-Mani B. 2016. BABA-induced resistance: milestones along a 55-year journey. Phytoparasitica, 44: 513–538. https://doi.org/10.1007/s12600-016-0546-x

Cohen YR. 2002. β-aminobutyric acid-induced resistance against plant pathogens. Plant Disease, 86(5): 448-457. https://doi.org/10.1094/PDIS.2002.86.5.448

Cohen Y and Gisi U. 1994. Systemic translocation of 14C-DL-3-aminobutyric acid in tomato plants in relation to induced resistance against *Phytophthora infestans*. Physiological and Molecular Plant Pathology, 45(6): 441-456. https://doi.org/10.1016/S0885-5765(05)80041-4

Conrath U, Beckers GJ, Flors V, Garcia-Agustin P, Jakab G, Mauch F, Newman MA, Pieterse CMJ, Poinssot B, Pozo MJ, Pugin A, Schaffrath U, Ton J, Wendehenne D, Zimmerl L and MauchMani B. 2006. Priming: getting ready for battle. Molecular Plant-Microbe Interactions, 19: 1062-1071. https://doi.org/10.1094/MPMI-19-1062

Daykin ME and Hussey RS. 1985. Staining and histopathological techniques in nematology. Pp. 39-48. In: Barker KR, Carte, CC and Sasser JN (eds). An advanced treatise on *Meloidogyne*. Vol. 2. Methodology. North Carolina State University Graphics, Raleigh, USA.

Dehghanian SZ, Abdollahi M, Charehgani H and Niazi A. 2020. Combined application of salicylic acid and *Pseudomonas fluorescens* CHA0 on the expression of *PR1* gene and control of *Meloidogyne javanica* in tomato. Biological Control, 141: 104134. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104134

ELRoby ASMH. 2017. Effect of chemical inducers on plant resistance to *Meloidogyne* spp. in tomato plants under greenhouse conditions. Journal of Phytopathology and Pest Management, 4(3): 56-63. https://api.semanticscholar.org/CorpusID:90522546

Hamiduzzaman MM, Jakab G, Barnavon L, Neuhaus JM and Mauch-Mani B. 2005. Beta aminobutyric acid-induced resistance against downy mildew in grapevine acts through the potentiation of callose formation and jasmonic acid signaling. Molecular Plant Microbe Interaction, 18: 819-829. https://doi.org/10.1094/MPMI-18-0819

Hunt DJ and Handoo ZA. 2009. Taxonomy, identification and principal species. Pp. 55-88. In: Perry RN, Moens M and Starr JL (eds). Root-knot nematodes. CAB International, Wallingford, USA.

Hussey RS and Barker KR. 1973. A comparison of methods of collecting inoculum of *Meloidogyne* spp. including a new technique. Plant Disease Reporter, 57: 1025-1028. https://api.semanticscholar.org/CorpusID:81252963

Hwang BK, Sunwoo JY, Kim YJ and Kim BS. 1997. Accumulation of β-1,3-glucanase and chitinase isoforms, and salicylic acid in the DL-β-amino-n-butyric acid-induced resistance response of pepper stems to *Phytophthora capsici.* Physiological and Molecular Plant Pathology, 51: 305-322. https://doi.org/10.1006/pmpp.1997.0119

Jepson SB. 1987. Identification of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species). CAB International, Farnham Royal.

Justyna PG and Ewa K. 2013. Induction of resistance against pathogens by β-aminobutyric acid. Acta Physiologiae Plantarum, 35: 1735-1748. https://doi.org/10.1007/s11738-013-1215-z

Karssen G. 2002. The plant-parasitic nematode genus *Meloidogyne* Göldi, 1892 (Tylenchida) in Europe. Brill, Leiden, Netherlands.

Li C, Deng X, Zhang W, Xie X, Conrad M, Liu Y, Angeli JPF, Lai L. 2018. Novel allosteric activators for ferroptosis regulator glutathione peroxidase 4. J Med Chem. 10: 62(1): 266-275. https://doi.org/10.1021/acs.jmedchem.8b00315

Mahmoudi N. 2019. Effect of beta-aminobutyric acid on activity of peroxidase and polyphenol oxidase enzymes in cucumber infected with nematode *Meloidogyne javanica*. PhD. Thesis University of Russia (RUDN University).

Oka Y, Cohen Y and Spiegel Y. 1999. Local and systemic induced resistance to the root-knot nematode in tomato by DL- G- amino- n- butyric acid. Phytopathology, 89: 1138-1143. https://doi.org/10.1094/PHYTO.1999.89.12.1138

Papavizas GC and Lewis JA. 1971. Effect of amendments and fungicides on Aphanomyces root rot of peas. Phytopathology, 61: 215-220. https://doi.org/10.1094/Phyto-61-215

Prasad SK and Webster JM. 1967. The effect of amino acid antimetabolites on four nematode species and their host plants. Nematologica, 13: 318-323.

Repka V and Slovakova L. 1994. Purification, characterization and accumulation of three virus-induced cucumber peroxidases. Biologia Plantarum, 36(1): 121-132. https://doi.org/10.1007/BF02921279

Sahebani N and Hadavi N. 2009. Induction of $H_2O_2$ and related enzymes in tomato roots infected with root knot nematode (*M. javanica*) by several chemical and microbial elicitors. Biocontrol Science. Technology, 19: 301-313. https://doi.org/10.1080/09583150902752012

Sahebani N, Hadavi, NS and Omran Zade F. 2011. The effects of beta-aminobutyric acid on resistance of cucumber against root-knot nematode, *Meloidogyne javanica*. Acta Physiologiae Plantarum, 33: 443-450. https://doi.org/10.1007/s11738-010-0564-0

Shekoohi SS, Charehgani H, Abdollahi M and Rajabi HR. 2021. Combined effect of β-aminobutyric acid and silver nanoparticles on infected eggplants (*Solanum melongena* L.) with *Meloidogyne javanica*. Nematology, 23: 1077-1092. https://doi.org/10.1163/15685411-bja10096

Siegrist J, Orober M. and Buchenauer H. 2000. β-Aminobutyric acid-mediated enhancement of resistance in tobacco-to-tobacco mosaic virus depends on the accumulation of salicylic acid. Physiological and Molecular Plant Pathology, 56: 95-106. https://doi.org/10.1006/pmpp.1999.0255

Sikora RA. and Fernandez E. 2005. Nematode parasites of vegetables. Pp. 319-392. In: luc M. Sikora RA and Ridge JB (eds). Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture, 2nd edition CABI Publishing, Wallingford, UK.

Taylor AL and Sasser JN. 1978. Biology, identification, and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species). Raleigh, North Carolina, US.

Whitehead AG and Hemming J. R. 1965. A comparison of some quantitative methods of extracting small vermiform nematodes from soil. Annals of Applied Biology, 55: 25-38. https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1965.tb07864.x

Woolfson KN, Esfandiari M, Bernards MA. 2022. Suberin biosynthesis, assembly, and regulation. Plants (Basel). 19: 11(4): 555. https://doi.org/10.3390/plants11040555