

اهمیت ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه در افزایش تولید ترکیبات زیست‌فعال در گیاهان دارویی

ناهید معرف‌زاده^{۱*}، هادی خاطری^۲
۱ و ۲ - استادیار دانشگاه رازی

*- نویسنده مسئول: n.moarrefzadeh@razi.ac.ir

مکانیسم‌های احتمالی افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان توسط PGPR

مکانیسمی که PGPR طی آن تولید ترکیبات زیست‌فعال را در گیاهان دارویی و معطر افزایش می‌دهند، به‌خوبی شناخته نشده، اما به نظر می‌رسد آن‌ها با روش‌های مختلف در این فرایند نقش دارند؛ PGPR می‌تواند بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه را در گیاهان از طریق مکانیسمی موسوم به مقاومت القایی سیستمیک (ISR) تحریک کند.

علاوه بر تلقیح مستقیم PGPR، محرک‌های زیستی یا مولکول‌های مختلف تولید شده توسط PGPR نظیر هورمون‌ها و ترکیبات آلی فرآر (VOCs) نیز قادرند به‌عنوان سیگنال‌های القایی، نقش مهمی در مسیرهای مرتبط با بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه ایفا نمایند. به‌عنوان مثال، VOCs تولید شده توسط *B. subtilis* GB03 باعث افزایش انباشت α -ترپینئول و اوژنول در ریحان شده‌اند. همچنین PGPR قادرند تولید هورمون‌های گیاهی را در گیاهان تحریک نمایند، یا قادر به تولید مواد محرک رشدی هستند که بر فرآیندهای متابولیک گیاه تأثیر می‌گذارند، بنابراین، پتانسیل قابل توجهی برای افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی دارند.

علاوه بر موارد فوق، افزایش تولید ترکیبات زیست‌فعال در گیاهان توسط PGPR می‌تواند به دلیل تحریک مستقیم مسیرهای متابولیکی، تحریک واکنش‌های فیزیولوژیکی و افزایش شاخص‌های رشدی در گیاهان توسط این عوامل باشد که به نوبه خود و به‌طور غیرمستقیم سبب تحریک تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاه می‌شوند. همچنین PGPR می‌توانند به‌عنوان محرک‌های مؤثر آزیم‌های کلیدی دخیل در مسیرهای بیوسنتزی متابولیت‌های ثانویه عمل نمایند یا تولید ترکیبات زیست‌فعال را به‌طور مستقیم از طریق تنظیم بیان ژن‌های بیوسنتز افزایش دهند. یک سویه اندوفیت باکتریایی *Pseudonocardia* جدا شده از بافت‌های *Artemisia annua* هنگامی که به گیاهچه‌های آن تلقیح شد، انباشت آرتیمیسینین را در نتیجه افزایش بیان ژن‌های مهم بیوسنتزی (سیتوکروم P450 مونوکسیژناز و ردوکتاز) افزایش داد. قرار گرفتن گیاهان دارویی در معرض تنش‌های مختلف زیستی و غیر زیستی، تأثیر مستقیمی بر رشد و تولید ترکیبات زیست‌فعال در آن‌ها دارد و کاهش اثر این تنش‌ها توسط PGPR می‌تواند با کاهش این تأثیر منفی بر گیاه، در تولید متابولیت‌های ثانویه نقش داشته باشد.

نتیجه‌گیری و چشم‌اندازهای آینده

امروزه در سراسر جهان تقاضا برای گیاهان دارویی و ترکیبات زیست‌فعال آن‌ها به‌سرعت در حال افزایش است. استفاده از سموم و کودهای شیمیایی سبب افزایش عملکرد گیاهان دارویی می‌شود ولی برای پاسخ‌گویی به نیازهای درمانی فعلی و حفظ و پرورش گیاهان دارویی طبیعی و دستیابی به عملکردهای بالا و پایدار در زمینه ترکیبات مهم زیست‌فعال در این گیاهان، به راهکارهای جایگزین و ایمن نیاز داریم. همچنان‌که در این بررسی ذکر شد، جدایه‌های PGPR بسیاری وجود دارند که علاوه بر اینکه با ارائه مکانیسم‌های مختلف به‌عنوان کودها یا آفتکش‌های زیستی سازگار با محیط‌زیست عمل نموده و در بهبود فیزیولوژی، رشد و تغذیه گیاه و مقابله با تنش‌های زیستی و غیر زیستی در گیاهان معطر و دارویی نقش دارند، با افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه، سبب بهبود کیفیت و ارزش کلی این گیاهان می‌شوند. بنابراین کاربرد PGPR باید به‌عنوان یک استراتژی سازگار با محیط‌زیست، که سبب استفاده حداقل از نهاده‌های شیمیایی و حرکت به سمت گیاهان دارویی عاری از مواد شیمیایی با کیفیت و کمیت بالا می‌شود، مورد توجه قرار گیرد.

منابع

- Castronovo, L. M., Vassallo, A., Mengoni, A., Miceli, E., Bogani, P., et al. (2021). Medicinal plants and their bacterial microbiota: A review on antimicrobial compounds production for plant and human health. *Pathogens*, 10(2), 106.
- Ghorbanpour, M., Hatami, M., Kariman, K., & Khavazi, K. (2015). Enhanced Efficiency of Medicinal and Aromatic Plants by PGPRs. In D. Egamberdieva, S. Shrivastava, & A. Varma (Eds.), *Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) and Medicinal Plants* (Vol. 42, pp. 43-70). Cham, Switzerland: Springer International Publishing.
- Kilam, D., Sharma, P., Agnihotri, A., Kharkwal, A., & Varma, A. (2017). Microbial symbiosis and bioactive ingredients of medicinal plants. In A. Varma, R. Prasad, & N. Tuteja (Eds.), *Mycorrhiza - Eco-Physiology, Secondary Metabolites, Nanomaterials* (4th ed., pp. 283-302). Cham, Switzerland: Springer International Publishing.

چکیده

ارزش دارویی گیاهان دارویی به دلیل وجود برخی ترکیبات زیست‌فعال موجود در آن‌هاست. عوامل زیستی و غیرزیستی مختلف بر تولید و کیفیت این ترکیبات تأثیر می‌گذارند. ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) قادرند علاوه بر افزایش رشد و مقاومت گیاه نسبت به تنش‌های زیستی و غیرزیستی مختلف، با تحریک سنتز ترکیبات زیست‌فعال، کیفیت محصولات گیاهان دارویی را نیز بهبود بخشند. به‌نظر می‌رسد PGPR با روش‌های مختلف مانند القای مقاومت سیستمیک، تولید محرک‌ها یا مولکول‌های مختلف، تنظیم بیان ژن‌های بیوسنتز، تحریک مستقیم مسیرهای متابولیکی و آزیم‌های دخیل در مسیرهای بیوسنتزی متابولیت‌های ثانویه، افزایش شاخص‌های رشدی و کاهش اثر منفی تنش‌های زیستی و غیرزیستی، سبب افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه می‌شوند.

مقدمه

داروهای مشتق شده از گیاهان دارویی، از دیرباز در سراسر جهان جهت درمان بسیاری از بیماری‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند. ارزش دارویی این گیاهان به دلیل برخی ترکیبات زیست‌فعال است که در اندام‌های مختلف گیاهان وجود دارد. عوامل زیستی و غیرزیستی مختلف می‌توانند بر تولید و ترکیب متابولیت‌های ثانویه و عملکرد آن‌ها اثر بگذارند. تنش‌های مختلف می‌توانند به‌عنوان البیوسیتورهای زیستی/غیر زیستی، منجر به القا و افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاه شوند. ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) قادر به تحریک رشد گیاه، تسهیل جذب مواد غذایی و محافظت از گیاهان در برابر تنش‌های غیرزیستی و عوامل بیماری‌زای مختلف هستند. علاوه بر این، PGPR از بهترین البیوسیتورهای زیستی شناخته شده‌اند که پتانسیل تحریک سنتز متابولیت‌های ثانویه در گیاهان را داشته و به این وسیله می‌توانند کیفیت و ارزش اقتصادی محصولات گیاهان دارویی و معطر را بهبود بخشند.

ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه

PGPR گروه خاصی از باکتری‌های خاک هستند که ریزوسفر و ریزوپلان گیاهان را کلنیزه نموده و قادرند رشد گیاه را از طریق مکانیسم‌های مستقیم و غیرمستقیم تقویت کنند. مکانیسم‌های مستقیم شامل بهبود وضعیت مواد غذایی گیاه با آزادسازی عناصر ریزومغذی از منابع نامحلول، تأمین زیستی فسفر و نیتروژن برای جذب گیاه، کلاته کردن آهن توسط سیدروفورها به منظور در دسترس قرار دادن آن برای ریشه‌های گیاه، تولید ترکیبات آلی فرآر باکتریایی (VOCs) و هورمون‌های گیاهی و کاهش سطح اتیلن در گیاه با استفاده از ACC (1-aminocyclopropane-1-carboxylic Acid) آمیناز است که در گیاهان در معرض تنش‌های زیستی و غیرزیستی، تجمع می‌یابد. اثرات غیرمستقیم PGPR شامل ایجاد مقاومت سیستمیک در برابر آفات و بیماری‌ها، محافظت از گیاهان با کنترل زیستی بیماری‌ها و آفات، کمک به رشد گیاهان با تجزیه ترکیبات خطرناک در خاک‌های آلوده، کاهش اثرات نامطلوب عوامل تنش‌زای خارجی و تقویت سایر همزیستی‌های مفید است.

افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی توسط PGPR

گزارش‌های متعددی در مورد اثر مفید PGPR بر رشد، جذب مواد غذایی و تولید متابولیت ثانویه در گیاهان دارویی وجود دارد. پروانش با نام علمی *Catharanthus roseus* آلکالوئیدهای ضد سرطان وینبلاستین و وینکریستین و آلکالوئیدهای ضد حساسیت بالا (اجملیسین و سرپانتین) را تولید می‌کند. کاربرد سویه‌هایی از *Bacillus subtilis* و *P. fluorescens* علاوه بر افزایش رشد، مقدار آلکالوئیدها را در مقایسه با شاهد افزایش داد. ریحان (*Ocimum basilicum* L.) دارای تقریباً ۴۰ متابولیت مختلف است که بیش از ۶۰ درصد آن‌ها ترپینئول و اوژنول هستند. محتوای این دو اسانس در گیاهانی که ریشه آن‌ها توسط *B. subtilis* GB03 تلقیح شده یا در معرض ترکیبات فرآر آن قرار گرفته بود، تا ده برابر افزایش یافت. در پژوهش دیگری مایه‌زنی ریشه‌های موئی *Salvia miltiorrhiza* با *Bacillus cereus* سبب شد مقدار رنگدانه دیتروپنوییدی تانیشینون در ریشه بیش از ۱۲ برابر افزایش یابد. تلقیح مرزنجوش *Origanum majorana* L. توسط *P. fluorescens* یا *Bradyrhizobium* سبب افزایش معنی‌دار زیست‌توده و عملکرد کل اسانس (ترکیب کمی و کیفی اسانس‌ها) به ترتیب به میزان ۲۴ و ۱۰٪ و افزایش تولید برخی ترپن‌ها گردید.