



تأثیر باکتری *Pseudomonas syringae* فعال و غیرفعال بر میزان دو هورمون سالیسیلیک‌اسید و آبسزیک‌اسید در گیاه *Arabidopsis thaliana*

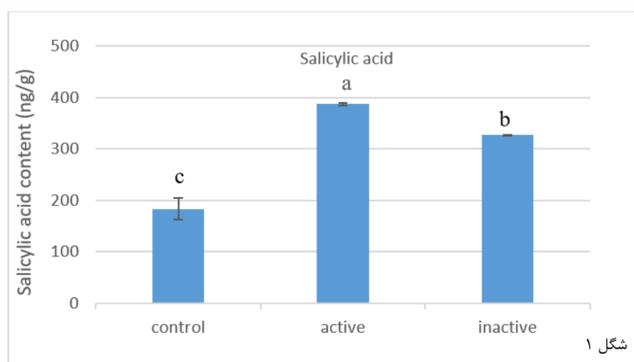
یگانه الطافی^{۱*}، علی‌اکبر قطبی‌راوندی^۱، مهدی صفایی‌زاده^۲

۱: گروه علوم و زیست فناوری گیاهی، دانشکده علوم و فناوری زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران
 ۲: گروه زیست‌شناسی سلولی و مولکولی، دانشکده علوم و فناوری زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

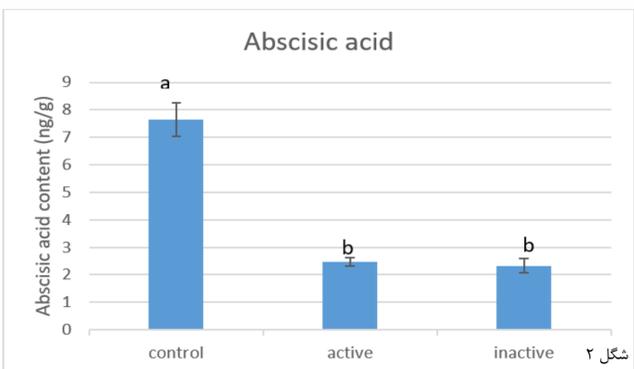
نتایج و بحث

نتایج:

هورمون سالیسیلیک‌اسید در هر دو تیمار باکتری فعال (۱۱۰٪) و غیرفعال (۷۷٪) نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری نشان داد (شکل ۱). با این حال، میزان سالیسیلیک‌اسید در تیمار باکتری فعال به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار غیرفعال بود.



هورمون آبسزیک‌اسید در هر دو تیمار کاهش معنی‌داری (۶۷٪ و ۶۹٪) نسبت به شاهد مشاهده شد (شکل ۲)، اما بین تیمار فعال و غیرفعال تفاوت معنی‌داری وجود نداشت.



بحث:

افزایش سالیسیلیک‌اسید در هر دو تیمار نشان‌دهنده فعال‌سازی ایمنی القاشده توسط الگوها (PTI) است. افزایش بیشتر سالیسیلیک‌اسید در تیمار فعال (شکل ۱) احتمالاً ناشی از فعال‌سازی ایمنی القاشده توسط افکتورها (ETI) است. کاهش یکسان آبسزیک‌اسید در هر دو تیمار (شکل ۲) نیز شناسایی الگوهای میکروبی و تعامل آنتاگونیستی این هورمون با مسیر سالیسیلیک‌اسید را نشان می‌دهد. این نتایج حاکی از تمایز پاسخ هورمونی گیاه به باکتری فعال و غیرفعال در سطح PTI و ETI است.

مقایسه با مطالعات پیشین نشان می‌دهد که افزایش سالیسیلیک‌اسید در این پژوهش با یافته‌های پیشین همسو است. همچنین یافته‌های Tian و همکاران (۲۰۲۵) تأیید کرده‌اند که سیگنال‌دهی سالیسیلیک‌اسید می‌تواند حساسیت به ABA را کاهش دهد، که الگوی تغییرات هورمونی دیده‌شده در این تحقیق را تقویت می‌کند. این هماهنگی، اهمیت شبکه‌های هورمونی پویا را در تنظیم پاسخ‌های دفاعی گیاه برجسته می‌سازد.

منابع

- Chen, K., Li, G.-J., Bressan, R. A., Song, C.-P., Zhu, J.-K., & Zhao, Y. (2020). Abscisic acid dynamics, signaling, and functions in plants. *Journal of Integrative Plant Biology*, 62(1), 25–54
- Huot, B., Castroverde, C.D.M., Velásquez, A.C. et al. (2017). Dual impact of elevated temperature on plant defence and bacterial virulence in *Arabidopsis*. *Nat Commun* 8, 1808.
- Tian, H., Xu, L., Li, X., & Zhang, Y. (2025). Salicylic acid: The roles in plant immunity and crosstalk with other hormones. *Journal of Integrative Plant Biology*, 67(3), 773–785.

چکیده

سیستم ایمنی گیاهان نقش حیاتی در تقویت و ایجاد مقاومت آن‌ها مقابل عوامل بیماری‌زا دارد. در این مطالعه، تأثیر باکتری *Pseudomonas syringae* فعال و غیرفعال، بر بیان هورمون دفاعی سالیسیلیک‌اسید و آبسزیک‌اسید در گیاه *Arabidopsis thaliana* مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق گیاهان چهار هفته‌ای *A. thaliana* به روش افشانه‌ای تحت تیمار باکتری فعال و غیرفعال *P. syringae* قرار گرفتند پس از ۲۴ ساعت برگ‌ها جمع‌آوری و تغییرات این دو هورمون به روش HPLC اندازه‌گیری و بررسی شد. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی صورت گرفته و تحلیل داده‌ها با آزمون دانکن توسط نرم‌افزار SPSS و اکسل انجام شد. نتایج نشان داد که میزان هورمون سالیسیلیک‌اسید در هر دو تیمار به‌طور معناداری افزایش یافت و این افزایش در تیمار با باکتری فعال بیشتر بود. آبسزیک‌اسید در تیمار با باکتری فعال و غیرفعال به‌طور یکسان و معناداری کاهش یافت، این نتایج نشان می‌دهد که هر دو تیمار باعث فعال‌سازی پاسخ‌های ایمنی ناشی از الگوهای میکروبی (Pattern-triggered immunity, PTI) در گیاه *A. thaliana* شده‌اند.

مقدمه

سیستم ایمنی گیاه شامل شناسایی الگوهای مولکولی پاتوژن و فعال‌سازی ایمنی القاشده توسط الگوها و در مرحله بعد، ایمنی القاشده توسط افکتورها است که به‌عنوان دو خط دفاعی اصلی عمل می‌کنند باکتری غیرفعال تنها دارای الگوهای مولکولی و باکتری فعال دارای الگوها و افکتورها هستند. فعال‌سازی هر یک از این خطوط دفاعی موجب تغییراتی در میزان هورمون‌ها و بیان ژن‌های دفاعی می‌شود. در این مطالعه هدف بررسی تغییرات میزان هورمون سالیسیلیک‌اسید و آبسزیک‌اسید است که تاکنون اثر تیمار باکتری غیرفعال در مقایسه با فعال بر آن بررسی نشده است و انتخاب گیاه آرابیدوپسیس و باکتری سودوموناس سیرنگه به‌دلیل مدل بودن این سامانه و شناخت گسترده مسیرهای ایمنی و هورمونی در آن‌ها انجام شده است. سالیسیلیک‌اسید یکی از مهم‌ترین مولکول‌های سیگنال‌دهی است، که در هنگام حمله بیماری‌زا در پاسخ‌های مقاومتی موضعی و سیستماتیک گیاه نقش دارد. آبسزیک‌اسید نیز هورمونی گیاهی و از تنظیم‌کننده‌های رشد و نمو است و مطالعاتی آن را در شمار هورمون‌های دفاعی نیز قرار داده‌اند. هدف این تحقیق اندازه‌گیری میزان این دو هورمون و بررسی برهمکنش آن‌ها در گیاه آرابیدوپسیس تیمار شده با باکتری سودوموناس سیرنگه فعال و غیرفعال است تا نقش این هورمون‌ها در خطوط مختلف دفاعی سیستم ایمنی گیاه روشن‌تر شود و مشخص گردد آیا پاسخ ایمنی به باکتری غیرفعال رخ می‌دهد و این تفاوت‌ها در کدام خط دفاعی ایجاد می‌شود.

مواد و روش‌ها

گیاهان چهار هفته‌ای آرابیدوپسیس با سوسپانسیون باکتری سودوموناس سیرنگه فعال و غیرفعال به روش افشانه‌ای تیمار شدند. پس از ۲۴ ساعت، برگ‌ها جمع‌آوری و میزان هورمون‌های سالیسیلیک‌اسید و آبسزیک‌اسید با روش HPLC اندازه‌گیری شد. داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و با استفاده از آزمون دانکن در نرم‌افزار SPSS تحلیل شدند.