19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025

نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴

مدیریت جامع‌نگر و هوشمند خاک و آب
Holistic and Smart Soil and Water Management
دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مقایسه اثر برخی باکتری‌ها بر جوانه‌زنی شیرین بیان در شرایط تنش شوری

سیده راضیه موسوی[۱]، مهدی قاسمی نافچی[۱*]، صاحب سودایی مشائی[۲]، مسعود قاسمی قهساره[۱]

۱-گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد؛

۲-گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

*mehdighasemin@gmail.com

چکیده

شیرین‌بیان گیاهی دارویی با ارزش اقتصادی بالا است که تولید آن در مناطق شور با محدودیت‌های جدی مواجه است. هدف از این پژوهش مقایسه اثر باکتری‌های محرک رشد بر جوانه‌زنی شیرین‌بیان در شرایط تنش شوری بود. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل باکتری محرک رشد در شش سطح (شاهد، مزورایزوبیوم، سودوموناس، باسیلوس، مخلوط مزورایزوبیوم + سودوموناس و مخلوط مزورایزوبیوم + باسیلوس) و شوری در سه سطح (صفر، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) بودند. صفات مورد بررسی شامل میانگین زمان جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی، طول گیاهچه و وزن تر گیاهچه بود. نتایج نشان داد که تنش شوری به‌طور معنی‌داری درصد جوانه‌زنی، طول و وزن تر گیاهچه را کاهش داد. در تلقیح با باکتری‌های محرک رشد، مزورایزوبیوم به تنهایی و در ترکیب با باسیلوس میانگین زمان جوانه‌زنی را در تیمار بدون شوری کاهش داد. همچنین ترکیب مزوباسیلوس با باسیلوس و سودوموناس وزن تر گیاهچه را در تیمار بدون شوری نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. به طور کلی نتایج نشان داد که جدایه شناسایی شده مزورایزوبیوم بومی عملکرد بهتری در کاهش اثرات منفی شوری دارد.

واژگان کلیدی: باکتری، شوری، شیرین بیان، مزورایزوبیوم

مقدمه

شیرین‌بیان (*Glycyrrhiza glabra*) گیاهی علفی چند ساله از تیره بقولات (Fabaceae)، به دلیل خواص دارویی و ارزش اقتصادی-اش، از دیرباز مورد توجه بوده است (Grosser, 2012). این گیاه بومی مناطق مدیترانه‌ای و غرب آسیا، به طور گسترده در صنایع غذایی، دارویی و آرایشی بهداشتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. ترکیبات فعال موجود در ریشه شیرین بیان، به ویژه گلیسیریزین، دارای خواص ضد التهابی، ضد ویروسی، آنتی اکسیدانی و ضد سرطانی قوی هستند (Ding *et al*. 2022) با این حال، تولید شیرین بیان در بسیاری از مناطق جهان، به ویژه مناطق خشک و نیمه خشک، به دلیل محدودیت‌های ناشی از تنش‌های محیطی، به ویژه شوری خاک، با چالش جدی مواجه است. شوری خاک، به عنوان یک عامل محدود کننده اصلی در کشاورزی، با کاهش پتانسیل آب خاک، اختلال در جذب عناصر غذایی ضروری، ایجاد سمیت یونی و تولید رادیکال‌های آزاد، اثرات مخربی بر رشد و عملکرد گیاهان دارد (Munns & Tester, 2008). جوانه‌زنی بذر، به عنوان اولین و حیاتی‌ترین مرحله در چرخه زندگی گیاه، به شدت تحت تأثیر تنش شوری قرار می‌گیرد. شوری می‌تواند با ایجاد اختلال در فرآیندهای اسمزی، مهار فعالیت آنزیم‌های دخیل در متابولیسم بذر و کاهش انتقال مواد غذایی به جنین، جوانه‌زنی بذر را به تأخیر انداخته یا به طور کلی متوقف کند (Bewley et al., 2013). در دهه‌های اخیر، استفاده از باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) به عنوان یک راهکار سازگار با محیط زیست برای کاهش اثرات منفی تنش‌های محیطی بر گیاهان، توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است. PGPR ها با مکانیسم‌های مختلفی از جمله تثبیت نیتروژن، تولید هورمون‌های گیاهی (مانند اکسین و سیتوکینین)، تولید سیدروفورها، حل کردن فسفات و تولید آنزیم ACC deaminase، می‌توانند رشد و نمو گیاهان را بهبود بخشند و مقاومت آنها را به تنش‌های محیطی افزایش دهند (Bashan & de-Bashan, 2010). مطالعات متعددی نشان داده‌اند که تلقیح بذر یا ریشه گیاهان با PGPRها می‌تواند اثرات منفی تنش شوری بر جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه را کاهش دهد. به عنوان مثال، Egamberdieva و همکاران (2017) گزارش کردند که تلقیح بذر پنبه با باکتری *Bacillus subtilis* باعث افزایش درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و وزن خشک گیاهچه تحت تنش شوری شد. همچنین Meza و همکاران (2023) نشان دادند که باکتری‌های *Bacillus proteolyticus* Cyn1 و *Bacillus safensis* Cyn2 تأثیر مثبتی بر جوانه‌زنی بذر لوبیا معمولی تحت تنش شوری دارند و شاخص جوانه‌زنی را حتی در این شرایط دشوار حفظ می‌کنند. این یافته‌ها بر نقش حیاتی این باکتری‌ها در افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های محیطی تأکید دارند.

با وجود مطالعات انجام شده در زمینه اثر PGPR ها بر کاهش اثرات شوری، اطلاعات محدودی در مورد اثر این باکتری‌ها بر جوانه‌زنی بذر شیرین بیان تحت تنش شوری وجود دارد. بنابراین، هدف از این پژوهش مقایسه اثر جدایه شناسایی شده باکتری با برخی باکتری‌های محرک رشد بر جوانه‌زنی بذر شیرین بیان در شرایط تنش شوری بود.

مواد و روش‌ها

باکتری مزورایزوبیوم (*Mesorhizobium*)، از ریزوسفر شیرین‌بیان از رویشگاه‌های این گیاه در استان چهارمحال و بختیاری جداسازی شد. بدین منظور از یکی از رویشگاه‌های شیرین‌بیان چند نمونه خاک از لایه ریزوسفر همراه با ریزوم و ریشه این گیاه برداشت شد و برای شناسایی به آزمایشگاه بیولوژی خاک گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد منتقل شد. پس از شناسایی باکتری، کشت و تهیه مایه تلقیح باکتری با غلظت $۱۰^{۸} \times ۱$ سلول باکتری به ازای هر میلی‌لیتر (CUF/ml)، انجام شد. مایه تلقیح باکتری سودوموناس (*Pseudomonas putida*) و باسیلوس (*Bacillus megaterium*) نیز پس از تهیه این باکتری از کلکسیون میکروبی آزمایشگاه بیولوژی خاک موسسه تحقیقات خاک و آب کشور به همین صورت آماده شد. برای تلقیح همزمان، از محلول سوسپانسیون هر باکتری مخلوطی به نسبت ۱:۱ تهیه و استفاده شد (Egamberdieva et al., 2013). بذرها از رویشگاه شیرین‌بیان و با تایید مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی تهیه و برای رفع خفتگی (پوسته سخت)، بذرها به مدت ۱۰ دقیقه در اسید سولفوریک غلیظ (۹۷ درصد) تیمار شدند. برای ضدعفونی سطحی، ابتدا بذور به مدت ۱۰ ثانیه در اتیل الکل ۹۶ درصد خیسانده شده و پس از شستشو با آب مقطر استریل، به مدت ۲ دقیقه در هیپوکلریت سدیم (۰/۵ درصد) خیسانده و سپس، بذور به طور کامل با آب مقطر استریل، شسته شدند. در نهایت، ۲۰ بذر در هر پتری دیش استریل (به قطر ۸ سانتی‌متر) حاوی ۲۵ میلی‌لیتر محیط کشت آگار آب (۱ درصد) قرار داده شدند. سپس، ۵ میکرولیتر از سوسپانسیون باکتریایی

روی هر بذر ریخته شد (Goudarzi et al., 2023). پتری‌های آگار با سطوح مختلف کلرید سدیم (۰، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار) غنی شدند (Mesa-Marín et al., 2019). پتری‌ها در انکوباتور در دمای ۲۸ درجه سلسیوس و دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی قرار داده شدند. میانگین رطوبت نسبی ۷۰ درصد بود. بذور جوانه‌زده هر ۲۴ ساعت یک بار شمارش شدند. شمارش تا زمانی که تعداد تجمعی بذور جوانه‌زده به وضعیت پایدار رسید ادامه یافت. بذوری که دارای ریشه‌چه‌های قابل مشاهده به طول حدود ۲ میلی‌متر بودند، به عنوان بذر جوانه‌زده در نظر گرفته شدند (Goudarzi et al., 2023).

نتایج و بحث

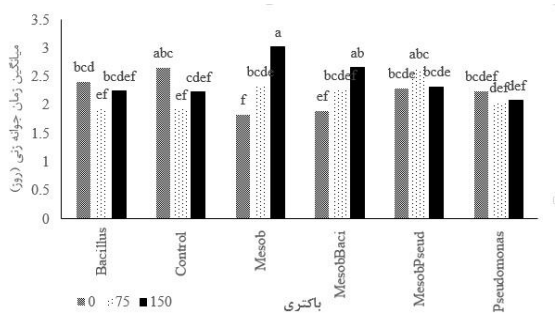
بر اساس نتایج تجزیه واریانس ارائه شده در جدول ۱، در صفت درصد جوانه‌زنی، اثر باکتری و شوری در سطح آماری معنی‌دار بود، اما برهمکنش باکتری×شوری معنی‌دار نبود. در صفت طول ساقه، شوری به‌طور معنی‌داری بر این صفت تأثیر گذاشت، اما اثر باکتری در برهمکنش با شوری معنی‌دار نبود. وزن تر در اثر باکتری و هم اثر شوری در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اما میانگین زمان جوانه‌زنی فقط در اثر متقابل باکتری و شوری در سطح یک درصد معنی‌دار شد.

در بررسی اثر باکتری‌ها و شوری بر میانگین زمان جوانه‌زنی (شکل ۱) با افزایش سطوح شوری، زمان جوانه‌زنی در همه تیمارها افزایش یافت، اما تیمارهای تلفیقی باکتری‌ها نسبت به تیمارهای شاهد و دارای یک باکتری عملکرد بهتری نشان دادند. نتایج نشان داد که در مقایسه با شرایط شاهد (بدون شوری)، تیمار باکتری مزورایزوبیوم به تنهایی و در ترکیب با باسیلوس بهترین عملکرد را از نظر کاهش زمان جوانه‌زنی داشت. این یافته با نتایج تحقیقات Egamberdieva و همکاران (2017) همخوانی دارد که نشان دادند تلقیح تلفیقی باکتری‌ها اثربخشی بیشتری در کاهش زمان جوانه‌زنی دارد.

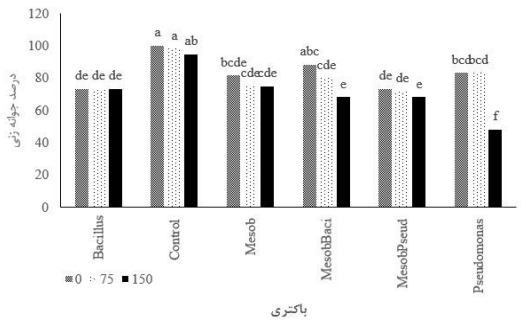
جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن تر	طول ساقه	درصد جوانه زنی	میانگین زمان جوانه زنی
باکتری	۵	۰/۰۰۰۳^{ns}	۱/۶۲*	۹۰۲/۲۲**	۰/۱۱^{ns}
شوری	۲	۰/۰۱**	۱۳/۹۵**	۶۹۳/۰۶**	۰/۳۱^{ns}
باکتری× شوری	۱۰	۰/۰۰۰۲^{ns}	۰/۲۱^{ns}	۱۸۳/۶۱*	۰/۳۸**
خطا	۳۶	۰/۰۰۰۲	۰/۳۵	۷۹/۶۳	۰/۰۶
کل	۵۳				

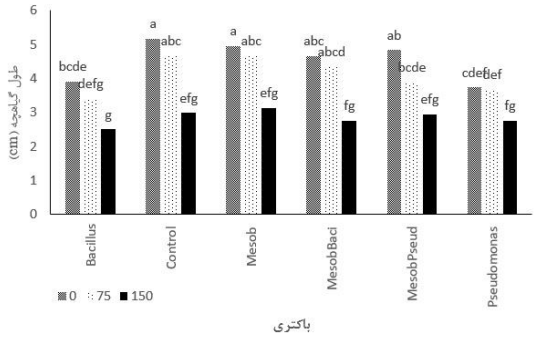
نتایج در بررسی اثر هم‌افزایی باکتری‌ها و شوری بر درصد جوانه‌زنی (شکل ۲) نشان داد که درصد جوانه‌زنی با افزایش سطح شوری به‌طور قابل توجهی کاهش یافت و تیمارها اثرات منفی شوری را تعدیل نکردند. مطالعه نستری نصرآبادی و همکاران (۱۳۹۷) روی خربزه نشان داد که هیچ‌یک از تیمارهای باکتریایی اثر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی نداشتند. برخلاف این نتایج، Chu و همکاران (2019) گزارش کردند که *Pseudomonas* PS01 موجب بهبود ۶۴ درصدی جوانه‌زنی در شرایط تنش شوری ۱۵۰ میلی‌مولار شد.



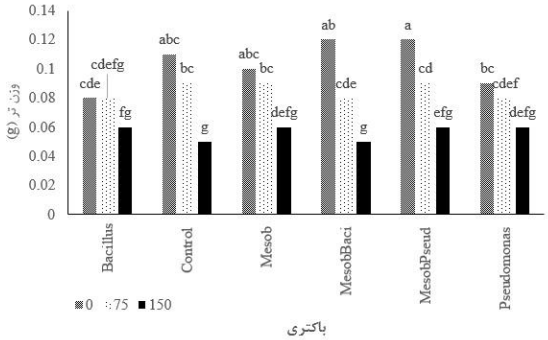
شکل ۱- بررسی اثر باکتری ها و شوری بر میانگین زمان جوانه زنی بذر شیرین بیان. در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند، از نظر آماری تفاوت معنی داری ندارند



شکل ۲- بررسی اثر باکتری ها و شوری بر درصد جوانه زنی بذر شیرین بیان. در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند، از نظر آماری تفاوت معنی داری ندارند



شکل ۳- بررسی اثر باکتری ها و شوری بر طول گیاهچه شیرین بیان. در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند، از نظر آماری تفاوت معنی داری ندارند



شکل ۴- بررسی اثر باکتری ها و شوری بر وزن تر گیاهچه شیرین بیان. در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند، از نظر آماری تفاوت معنی داری ندارند

شکل ۳ اثر باکتری‌ها و شوری بر طول گیاهچه را نشان می دهد. طول گیاهچه در تمامی تیمارها با افزایش شوری کاهش یافت. موافق این نتایج، پژوهش Akimbekov و همکاران (۲۰۲۵) روی گیاه چیا نشان داد که تیمار *A. subterraneus* Y1 و *Pseudomonas frederiksbergensis* AMA1در برخی شرایط باعث کاهش طول ریشه شد. ولی Mousavi و همکاران (2022) در مطالعه‌ای روی اکوتیپ‌های مختلف شیرین‌بیان ایرانی گزارش شده است که تلقیح با *Azotobacter* sp. موجب افزایش ۲۰/۲۸ درصدی زیست‌توده ریشه شد. وزن تر گیاهچه (شکل ۴) نیز تحت تأثیر منفی شوری قرار گرفت. تیمارهای باکتریایی، به‌ویژه تیمارهای تلفیقی، توانستند اثرات منفی شوری را کاهش دهند ولی در مقایسه با تیمار شاهد اثراتشان معنی‌دار نبود. Khaitov و همکاران (2024) گزارش کردند که استفاده از بیومحرک‌ها موجب افزایش ۲۹/۱ درصدی زیست‌توده ریشه شیرین‌بیان شد. نتایج این پژوهش در شرایط شوری، برتری *Mesorhizobium* به ویژه در ترکیب با *Pseudomonas* و *Bacillus* را نشان می‌دهد که با یافته‌های Egamberdievaو همکاران (2016) همخوانی دارد. آنها در مطالعه‌ای روی شیرین‌بیان نشان دادند که تلقیح همزمان *Pseudomonas extremorientalis* و *Mesorhizobium* sp. موجب افزایش ۳۵ درصدی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و کاهش ۳۵ درصدی تولید پراکسید هیدروژن شد. *Mesorhizobium* جنسی از باکتری‌های گرم منفی متعلق به خانواده Rhizobiaceaeاست که قابلیت تشکیل گره‌های ریشه‌ای با بقولات، تبدیل نیتروژن اتمسفری به آمونیاک قابل جذب و تولید هورمون‌های محرک رشد مانند IAA دارد. کاربرد آن سبب بهبود جوانه‌زنی، افزایش رشد گیاهچه، بهبود جذب مواد غذایی و مقاومت به تنش در نخود شده است (Shahid et al., 2021). به‌طور کلی، باکتری‌های محرک رشد با تولیدIAA، سیتوکینین و جیبرلین، فرایند جوانه‌زنی و رشد گیاه را تحریک می‌کنند و آنزیم ACC دآمیناز با کاهش سطح اتیلن تنشی، از اثرات منفی شوری می‌کاهد. همچنین تولید ترکیباتی مانند پرولین و ترهالوز توسط این باکتری‌ها، به تنظیم اسمزی گیاه کمک می‌کند (Giannelli et al., 2023). تلقیح باکتریایی موجب افزایش فعالیت آنزیم‌هایSOD، CAT و POD شده و از آسیب‌های اکسیداتیو جلوگیری می‌کند (Egamberdieva et al., 2016; Zaki et al., 2025) علاوه بر این، باکتری‌ها از طریق مکانیسم‌هایی مانند بهبود جذب آب و مواد غذایی به‌واسطه افزایش سطح ریشه و تولید سیدروفور، افزایش آنتی‌اکسیدان‌ها برای مقابله با تنش اکسیداتیو(Giannelli et al., 2023)، تنظیم متابولیسم یونی و کاهش نسبت Na^+/K^+ (Zaki et al., 2025) و تقویت سیستم دفاعی گیاه از طریق القای مقاومت سیستمیک (Chu et al., 2019)، اثرات منفی شوری را به‌طور مؤثری کاهش می‌دهند. از طرفی عدم توانایی برخی باکتری‌ها در تعدیل و کاهش اثرات منفی شوری می‌تواند به دلیل تحمل شوری محدود باکتری‌ها، عدم تطابق با گونه گیاهی و شرایط محیطی نامساعد (مانند pH خاک، دما، رطوبت و محتوای مواد آلی) باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که جدایه بومی مزورایزوبیوم شناسایی شده از ریزوسفر شیرین‌بیان در استان چهارمحال و بختیاری عملکرد بهتری در کاهش اثرات منفی تنش شوری نسبت به سایر باکتری‌های مرسوم مورد بررسی دارد. این باکتری بومی که از محیط طبیعی رشد شیرین‌بیان جداسازی شده است، نشان‌دهنده تطابق بهتر و سازگاری بیشتر با گیاه میزبان است. این باکتری

عملکرد فردی برتر و قابلیت تلفیقی خوب با دیگر باکتری‌ها را نشان می‌دهد. استفاده از آن فوایدی مانند فیزیولوژیک بهتر با گیاه میزبان، سازگاری بیشتر با شرایط اقلیمی و خاکی منطقه و عدم وابستگی به واردات و پایداری اکولوژیک دارد. با مطالعه اثرات بلندمدت این باکتری بر عملکرد و کیفیت نهایی شیرین‌بیان در شرایط مزرعه، امید است که بتواند برای بهبود جوانه‌زنی و رشد اولیه شیرین‌بیان در شرایط تنش شوری مورد استفاده قرار گیرد.

فهرست منابع

۱. نستری نصرآبادی حسین، مرادی مهدی، مودودی محمد ناصر. ۱۳۹۷. نقش باکتری‌های محرک رشد و اسید سالیسیلیک بر جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه خربزه *Cucumis melo* تحت تنش شوری. پژوهش‌های بذر ایران، ۵ (۲) :۱۳۹-۱۴۹.

2. Akimbekov, N., Digel, I., Kamenov, B., Altynbay, N., Tastambek, K., Zha, J. & Sakhanova, S. K. (2025). Screening halotolerant bacteria for their potential as plant growth-promoting and coal-solubilizing agents. Scientific Reports, *15*(1), 13138.
3. Bashan, Y., & de-Bashan, L. E. (2010). How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth—a critical assessment. Advances in agronomy, 108, 77-13.
4. Bewley, J. D., Bradford, K. J., Hilhorst, H. W., & Nonogaki, H. (2012). Development and maturation. In Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy, 3rd Edition (pp. 27-83). New York, NY: Springer New York.
5. Chu, T. N., Tran, B. T. H., Van Bui, L., & Hoang, M. T. T. (2019). Plant growth-promoting rhizobacterium *Pseudomonas* PS01 induces salt tolerance in *Arabidopsis thaliana*. BMC Research Notes, 12(1), 11.
6. Ding, Y., Brand, E., Wang, W., & Zhao, Z. (2022). Licorice: Resources, applications in ancient and modern times. Journal of ethnopharmacology, 298, 115594.
7. Egamberdieva, D., Berg, G., Lindström, K., & Räsänen, L. A. (2013). Alleviation of salt stress of symbiotic *Galega officinalis* L. (goat's rue) by co-inoculation of Rhizobium with root-colonizing *Pseudomonas*. Plant and soil, 369, 453-465.
8. Egamberdieva, D., Davranov, K., Wirth, S., Hashem, A., & Abd_Allah, E. F. (2017). Impact of soil salinity on the plant-growth–promoting and biological control abilities of root associated bacteria. Saudi Journal of Biological Sciences, 24(7), 1601-1608.
9. Egamberdieva, D., Wirth, S., Li, L., Abd-Allah, E. F., & Lindström, K. (2016). Microbial cooperation in the rhizosphere improves licorice growth under salt stress. Applied Microbiology and Biotechnology, *100*(6), 2829-2839.
10. Giannelli, G., Potestio, S., & Visioli, G. (2023). The contribution of PGPR in salt stress tolerance in crops: unravelling the molecular mechanisms of cross-talk between plant and bacteria. Plants, 12(11), 2197.
11. Goudarzi, T., Tabrizi, L., Alikhani, H. A., Nazeri, V., & Najafi, F. (2023). Phytostimulation properties of indigenous plant growth-promoting bacteria from licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.): Benefits for seed germination and seedling growth. International Journal of Horticultural Science and Technology, 10(1), 53-68.
12. Grosser, D. (2012). Licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.). In Herbal medicine: Biomolecular and clinical aspects (2nd Ed.). CRC press/Taylor & Francis.
13. Khaitov, B., Yun, H. J., Lee, Y., Ruziev, F., Le, T. H., Umurzokov, M., & Park, K. W. (2024). Improving the growth of *Glycyrrhiza glabra* L. in saline soils through bio-organic amendments: a field study from Uzbekistan. European Journal of Soil Science, 75(1), e13415.
14. Khan, M. A., Asaf, S., Khan, A. L., Jan, R., Kang, S. M., Kim, K. M., & Lee, I. J. (2019). ACC deaminase producing bacteria with multifarious plant growth promoting traits alleviates salinity stress in French bean (*Phaseolus vulgaris*) plants. Frontiers in Microbiology, 10, 1506.
15. Liu, Y., Xun, W., Chen, L., Xu, Z., Zhang, N., Feng, H. & Zhang, R. (2022). Rhizosphere microbes enhance plant salt tolerance: Toward crop production in saline soil. Computational and Structural Biotechnology Journal, *20*, 6543-6551.
16. Mesa-Marín, J., Pérez-Romero, J. A., Mateos-Naranjo, E., Bernabeu-Meana, M., Pajuelo, E., Rodríguez-Llorente, I. D., & Redondo-Gómez, S. (2019). Effect of plant growth-promoting Rhizobacteria on *Salicornia ramosissima* seed germination under salinity, CO2 and temperature stress. Agronomy, 9(10), 655.
17. Meza, C., Valenzuela, F., Echeverría-Vega, A., Gomez, A., Sarkar, S., Cabeza, R. A. & Banerjee, A. (2022). Plant-growth-promoting bacteria from rhizosphere of Chilean common bean ecotype (*Phaseolus vulgaris* L.) supporting seed germination and growth against salinity stress. Frontiers in Plant Science, *13*, 1052263.
18. Mousavi, S. S., Karami, A., Saharkhiz, M. J., Etemadi, M., & Zarshenas, M. M. (2022). Evaluation of metabolites in Iranian Licorice accessions under salinity stress and *Azotobacter* sp. inoculation. Scientific Reports, 12(1), 15837.
19. Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review Plant Biology, *59*(1), 651-681.

20. Shahid, M., Khan, M. S., Syed, A., Marraiki, N., & Elgorban, A. M. (2021). *Mesorhizobium ciceri* as biological tool for improving physiological, biochemical and antioxidant state of *Cicer aritienum* (L.) under fungicide stress. Scientific Reports, *11*(1), 9655.
21. Zaki, R. M., Afify, A. H., Ashour, E. H., & El-Sawah, A. M. (2025). Salt-tolerant bacteria support salinity stress mitigating impact of arbuscular mycorrhizal fungi in maize (*Zea mays* L.). Microorganisms, *13*(6), 1345.

Comparison of the effects of some bacteria on Licorice germination under salinity stress

Seyedeh Raziyeh Mousavi[1], Mehdi Ghasemi Nafchi[1*], Saheb Soodaie Mashaie[2], Masood Ghasemi Ghehsareh[1]
1-Horticurtural Science Department, Collage of Agriculture, Shahrekord University
2-Soil Science Department, Collage of Agriculture, Shahrekord University
*Corresponding author email: mehdighasemin@gmail.com

Abstract
Licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) is a medicinal plant with high economic value, the production of which faces serious limitations in saline environments. The objective of this study was to compare the effects of plant growth-promoting bacteria (PGPB) on the germination of licorice under salinity stress. The experiment was conducted in a factorial arrangement based on a completely randomized design with three replications. Experimental factors included growth-promoting bacteria at six levels (control, *Mesorhizobium*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Mesorhizobium* + *Pseudomonas*, and *Mesorhizobium* + *Bacillus*) and salinity at three levels (0, 75, and 150 mM NaCl). Evaluated traits consisted of mean germination time, germination percentage, seedling length, and seedling fresh weight. Results indicated that salinity stress significantly reduced germination percentage, seedling length, and seedling fresh weight. Inoculation with growth-promoting bacteria revealed that *Mesorhizobium*, both alone and in combination with *Bacillus*, reduced mean germination time under non-saline conditions. Furthermore, the combination of *Mesorhizobium* with *Bacillus* and *Pseudomonas* enhanced seedling fresh weight compared with the control under non-saline conditions. Overall, the findings demonstrated that the native *Mesorhizobium* isolate exhibited superior performance in mitigating the adverse effects of salinity.

Keywords: Bacteria, Licorice, Salinity, *Mesorhizobium*