پانزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۶ تا ۸ شهریور ۱۳۹۶ محور مقاله: بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک

تاثیر باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) بر رشد و جذب عناصر توسط نهال‌های پسته تحت تنش شوری

فرهاد آذرمی آتاجان
استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه بیرجند

چکیده

تنش شوری یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده رشد و عملکرد درختان پسته در مناطق مختلف ایران می‌باشد. باکتری‌های محرک رشد گیاه می‌توانند اثرات مخرب شوری بر گیاه را تا حدودی تعدیل کنند. به‌منظور بررسی نقش باکتری‌های محرک رشد گیاه بر رشد و جذب برخی از عناصر در اندام‌هوایی نهال‌های پسته در شرایط شور، آزمایشی با چهار سطح باکتری سودوموناس فلوروسنت (شاهد (pf_0)، pf_1، pf_2 و pf_3) و سه سطح شوری (۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم بر کیلوگرم) در سه تکرار در شرایط گلخانه‌ای انجام شد. نتایج نشان داد که شوری خاک موجب کاهش وزن خشک اندام‌هوایی و ریشه نهال‌ها شد. اما تلقیح با جدایه‌ها موجب افزایش معنی‌دار این پارامترها گردید. هم‌چنین با افزایش شوری جذب فسفر و پتاسیم کاهش ولی، جذب سدیم، کلر و کلسیم افزایش یافت. از طرف دیگر تلقیح با باکتری‌های سودوموناس فلوروسنت موجب افزایش جذب فسفر، پتاسیم و کلسیم در اندام‌هوایی نهال‌های پسته شد.

واژه های کلیدی: باکتری‌های محرک رشد گیاه، پسته، جذب عناصر، شوری.

مقدمه

شوری خاک یکی از گسترده‌ترین تنش‌های محیطی است که رشد و عملکرد بسیاری از محصولات کشاورزی را در مناطق مختلف به‌ویژه مناطق خشک و نیمه خشک محدود کرده است. مهم‌ترین عامل افزایش نمک و شور شدن خاک، آبیاری با آب های نامناسب و شور است. بسته به مقدار املاح در خاک و هم‌چنین نوع گونه گیاهی، مقاومت گیاهان در برابر شوری متفاوت است. تحت تنش شوری، به‌دلیل تغییرات در فراهمی عناصرغذایی، توزیع و انتقال آن‌ها در بخش‌های مختلف گیاه و یا تخریب فیزیولوژیکی برخی از اندام‌های دخیل گیاه در جذب عناصرغذایی، تعادل تغذیه‌ای گیاه از بین می‌رود. از طرفی غلظت بالای سدیم در این شرایط، جذب سایر عناصر مانند پتاسیم، منیزیم و کلسیم را کاهش داده و کمبود آن‌ها در گیاه مشاهده می‌شود (Iqbal and Ashraf, 2013).

پسته به‌عنوان یکی از مهمترین محصولات کشاورزی ایران مقاومت نسبتا زیادی به شوری خاک و آب دارد. با این‌وجود افزایش بیش از حد شوری در سال‌های اخیر به دلایل مختلفی از جمله کاهش بارندگی، افزایش تبخیر و تعرق، کیفیت پایین آب آبیاری و ماهیت شور و سدیمی بودن خاک‌های مناطق پسته‌کاری رشد و عملکرد درختان پسته را تحت تاثیر قرار داده است. علائم شوری در درختان پسته در ارقام مختلف متفاوت است. به‌طورکلی کاهش رشد و عملکرد، کاهش فتوسنتز، تغییر در مورفولوژی برگ و ریشه، کاهش وزن خشک، کاهش مقدار آب بافت‌ها و سوختگی ناشی از تجمع یون‌ها از جمله کلر از مهم‌ترین علائم شوری در پسته می‌باشد.

تاکنون راه‌کارهای مختلفی برای کاهش اثرات منفی شوری بر گیاهان ارائه شده است که از آن بین، استفاده از باکتری‌های بومی خاک با قابلیت زنده ماندن در شرایط شور یکی از روش‌هایی است که در سال‌های اخیر بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR)[1] گروهی از باکتری‌های مفید خاک می‌باشند که می‌توانند با مکانیسم‌های مختلفی مانند انحلال ترکیبات کم‌محلول و نامحلول حاوی عناصر غذایی و در نتیجه افزایش فراهمی آن‌ها، تثبیت نیتروژن،

[1]. Plant Growth Promoting Rhizobacteria

کنترل بیمارگرهای گیاهی با تولید سیانید هیدروژن، ترکیبات ضد میکروبی و رقابت برای جذب عناصر غذایی، تولید سیدروفور، افزایش تحمل گیاه به تنش‌های شوری، خشکی و سمیت عناصر، تولید هورمون‌های گیاهی مانند ایندول‌استیک اسید (IAA) و دارا بودن آنزیم ACC- دآمیناز برای کاهش سطح اتیلن در گیاه رشد گیاه را افزایش دهند (Glick, 2014). از مهمترین باکتری‌های محرک رشد گیاه در خاک، باکتری‌های جنس سودوموناس می‌باشند. مؤثرترین گروه از سودوموناس‌ها، سودوموناس‌های فلوروسنت هستند که به‌دلیل خصوصیات متابولیکی و عملکردی متنوع، نقش بارزی در سلامت خاک ایفا می‌کنند (Saharan and Nehra, 2011). هم‌چنین توانایی این گروه از باکتری‌ها برای زنده ماندن و فعالیت در شرایط شور به اثبات رسیده است. بر اساس نتایج مطالعات Bal و همکاران (۲۰۱۳) تلقیح با سویه‌های مختلف حاوی آنزیم ACC دآمیناز درصد جوانه‌زنی، رشد ساقه و ریشه برنج را در شرایط شور افزایش داد. حسنی و همکاران (۱۳۹۱) با بررسی تاثیر تلقیح سویه های سودوموناس فلوروسنت با توان تولید IAA و ACC- دآمیناز بر رشد نهال‌های پسته نشان دادند که تلقیح با این باکتری‌ها موجب افزایش سطح برگ، تعداد برگ، وزن تر و وزن خشک نهال‌های پسته شد.

از این‌رو، با توجه به افزایش روز افزون شوری در خاک‌های مناطق پسته‌کاری ایران و هم‌چنین اختلالات رشدی و تغذیه‌ای درختان پسته، هدف از این مطالعه بررسی نقش باکتری‌های محرک رشد گیاه بر رشد و جذب برخی از عناصر غذایی در نهال های پسته تحت تنش شوری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

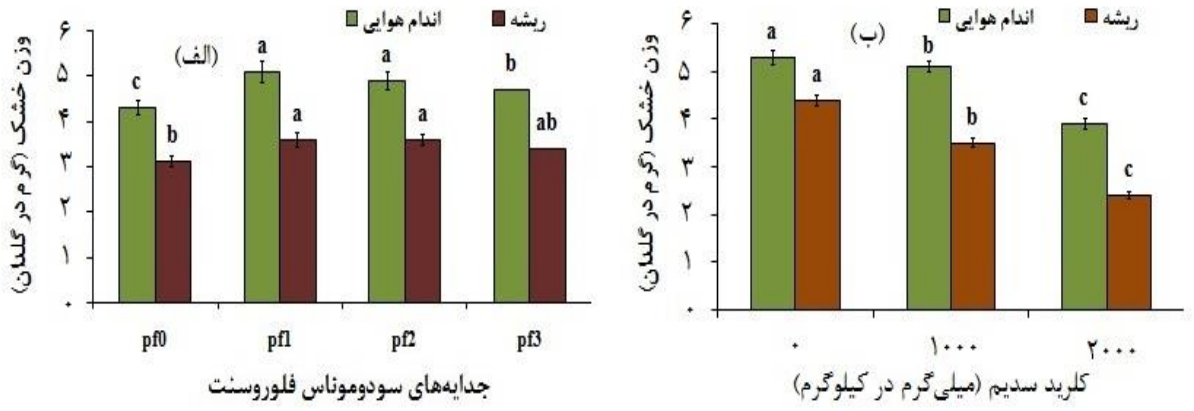
به‌منظور بررسی تاثیر تلقیح باکتری‌های محرک رشد گیاه بر رشد و جذب برخی از عناصر غذایی در اندام‌هوایی نهال‌های پسته تحت تنش شوری، سه جدایه سودوموناس فلوروسنت جدا شده از ریزوسفر درختان پسته با خصوصیات محرک رشدی بالا (آذرمی و همکاران، ۱۳۹۳) انتخاب و در آزمایشی گلخانه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار به کار گرفته شدند. تیمارها شامل چهار سطح باکتری (شاهد (pf_0)، pf_1، pf_2 و pf_3) و سه سطح شوری (۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی گرم کلرید سدیم بر کیلوگرم خاک) بود. هر گلدان با ۵ کیلوگرم خاک مناسب با شوری کم ($EC=1/07\ dS\ m^{-1}$) پر شده و عناصرغذایی مختلف براساس آزمون خاک و قبل از کشت به گلدان‌ها اضافه شد. ابتدا در هر گلدان ۸ عدد بذر جوانه‌دار شده پسته (رقم بادامی) کشت شده و هر بذر با ۱ میلی‌لیتر سوسپانسیون آماده شده باکتری با جمعیت 10^8 سلول در میلی‌لیتر آغشته شد. پس از جوانه‌زنی تعداد نهال‌ها در هر گلدان به ۵ عدد کاهش داده شده و ۴ هفته پس از کشت تیمار شوری در سه نوبت و همراه آب آبیاری به گلدان‌ها اضافه شد. در طول دوره رشد گلدان‌ها با آب مقطر آبیاری شده و پس از ۲۴ هفته نهال‌ها برداشت شده و اندازه‌گیری‌های مختلف شامل وزن خشک اندام‌هوایی و ریشه، فسفر به‌روش رنگ‌سنجی، پتاسیم و سدیم با فلیم فتومتر، کلسیم به‌روش تیتراسیون و کلر به‌روش تیتر با نیترات نقره انجام شد. محاسبات آماری و رسم نمودارها نیز با نرم‌افزارهای SAS و Excel انجام شد.

نتایج و بحث

وزن خشک اندام‌هوایی و ریشه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی جدایه‌های سودوموناس فلوروسنت و شوری بر وزن خشک اندام‌هوایی و ریشه نهال‌های پسته معنی‌دار ($p<0.01$) شد. نتایج نشان داد که تلقیح با جدایه‌های pf_1، pf_2 و pf_3 وزن خشک اندام‌هوایی را به‌ترتیب ۱۹، ۱۴ و ۹ درصد و وزن خشک ریشه را به‌ترتیب ۱۶، ۱۶ و ۱۰ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. هر چند بین جدایه pf_3 و تیمار شاهد در رابطه با وزن خشک ریشه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱- الف). یکی از مهم‌ترین اثرات باکتری‌های مفید خاک افزایش رشد رویشی گیاه از قبیل طول و تعداد ریشه‌ها و تکثیر ریشه‌های جانبی است. Zahir و همکاران (۲۰۰۸) نیز افزایش وزن تر و خشک گیاهان را در اثر تلقیح با باکتری‌های سودوموناس فلوروسنت و سودوموناس پوتیدا گزارش کرده‌اند. از طرفی با افزایش شوری وزن خشک اندام‌هوایی و ریشه نهال‌ها کاهش یافت. به‌طوری‌که

افزودن ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک وزن خشک اندام‌هوایی را به‌ترتیب ۴ و ۳۶ درصد و وزن خشک ریشه را به‌ترتیب ۲۶ و ۸۳ درصد کاهش داد (شکل ۱- ب). کاهش وزن خشک اندام‌هوایی و ریشه در اثر شوری می‌تواند به افزایش فشار اسمزی، کمبود عناصر غذایی و اختلالات تغذیه‌ای مربوط باشد.



شکل ۱- اثرات اصلی جدایه‌های سودوموناس فلوروسنت (الف) و شوری (ب) بر وزن خشک اندام‌هوایی و ریشه در انتهای دوره رشد

جذب فسفر

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی و برهم‌کنش باکتری‌های سودوموناس فلوروسنت و شوری بر جذب فسفر توسط اندام هوایی معنی‌دار ($p<0.01$) شد. نتایج نشان داد که با افزایش شوری مقدار جذب فسفر کاهش ولی تلقیح با جدایه های سودوموناس فلوروسنت آن را افزایش داد. کاهش جذب فسفر در شرایط شور می‌تواند به دلیل تجمع یون‌های سدیم و کلر در بافت‌های گیاه و در نتیجه اختلال در جذب سایر عناصر از جمله فسفر باشد. تلقیح با جدایه‌های pf_1، pf_2 و pf_3 جذب فسفر توسط اندام‌هوایی را به‌ترتیب ۷۰، ۴۰ و ۲۵ درصد در سطح شوری صفر، ۹۱، ۵۳ و ۳۴ درصد در سطح شوری ۱۰۰۰ و ۸۸، ۵۷ و ۲۵ درصد در سطح شوری ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم بر کیلوگرم خاک نسبت به همان سطح شوری افزایش داد. از طرفی کاربرد ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم بر کیلوگرم خاک جذب فسفر در اندام‌هوایی را به‌ترتیب ۳ و ۸۲ درصد کاهش داد. بیشترین مقدار جذب فسفر اندام‌هوایی از تیمار سطح ۱۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم تلقیح شده با جدایه pf_1 بدست آمد (۱۷/۲ میلی‌گرم در گلدان). باکتری‌های محرک رشد گیاه با تولید اسیدهای آلی، اسیدهای معدنی، پروتون و هم‌چنین آنزیم فسفاتاز موجب افزایش فراهمی فسفات‌های کم‌محلول و فسفر آلی در خاک شده و جذب آن توسط گیاه را افزایش می دهند. نقش اسیدهای آلی در افزایش فراهمی فسفر به کاهش pH، کلات نمودن کاتیون‌ها و رقابت با فسفر جهت اشغال مکان-های جذب در خاک نسبت داده می‌شود. افزایش جذب فسفر در نهال‌های تلقیح شده را علاوه بر تولید اسیدهای آلی، می‌توان به تولید اکسین، سیدروفور و آنزیم ACC- دآمیناز در نتیجه افزایش رشد ریشه نهال‌ها و دسترسی به نقاط بیشتر خاک نسبت داد (جدول ۱).

جذب کلر

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی و برهم‌کنش باکتری‌های سودوموناس فلوروسنت و شوری بر جذب کلر توسط اندام هوایی معنی‌دار ($p<0.05$) شد. نتایج نشان داد که با افزایش سطوح شوری به ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک، جذب کلر اندام‌هوایی به‌ترتیب ۲ و ۵ برابر نسبت به شاهد افزایش یافت. از طرف دیگر، تلقیح با جدایه‌های سودوموناس فلوروسنت هرچند در سطوح صفر و ۱۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک تاثیر معنی‌داری بر جذب کلر نداشت، ولی در سطح ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک جذب کلر در اندام‌هوایی نهال‌های تلقیح شده نسبت به همان سطح شوری افزایش یافت (جدول ۱). مطالعات مختلف نشان داده است که گیاهان کلر را بیشتر در برگ‌های خود انباشته می‌کنند. به‌عبارت دیگر، گیاهان برخلاف سدیم سیستم دفع کلر را در اندام‌هوایی خود ندارند. در شرایط شوری

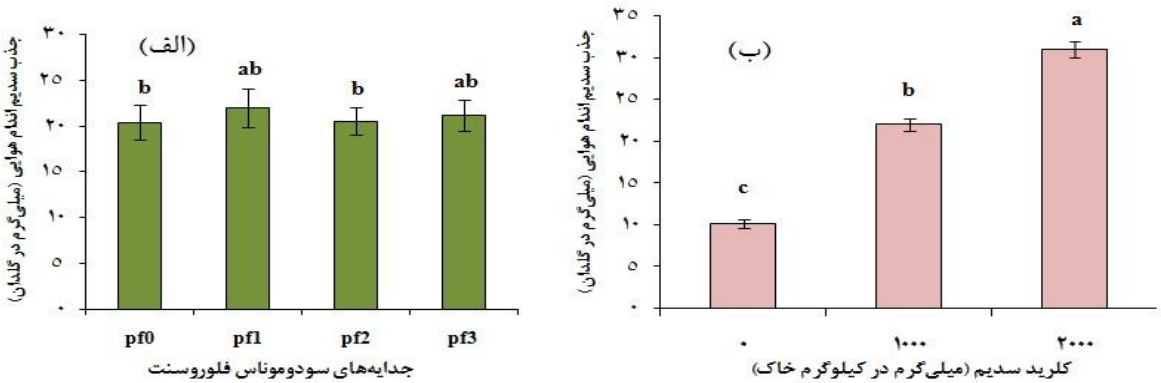
بالا، تجمع کلر تا حد زیادی در اندام‌هوایی افزایش یافته ولی در ریشه‌ها تقریباً ثابت می‌ماند. گزارش شده است که غلظت بالای کلر می‌تواند به ایجاد سمیت آن در بافت‌های گیاه منجر شود (Xu *et al.*, 2000).

جدول ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل جدایه‌های سودوموناس فلوروسنت و شوری بر جذب فسفر و کلر در اندام‌هوایی نهال‌های پسته (میلی‌گرم بر گلدان)

باکتری	کلرید سدیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)			کلرید سدیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)		
	۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰
	فسفر			کلر		
pf_0	۹/۳ fg	۹/۰ fg	۵/۱ i	۲۶ d	۸۴ c	۱۶۰ b
pf_1	۱۵/۸ b	۱۷/۲ a	۹/۶ f	۲۷ d	۸۳ c	۱۷۵ a
pf_2	۱۳/۰cd	۱۳/۸ c	۸/۰ g	۲۶ d	۸۰ c	۱۷۶ a
pf_3	۱۱/۶ e	۱۲/۱ de	۶/۴ h	۲۷ d	۸۳ c	۱۷۰ a

جذب سدیم

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی جدایه‌های سودوموناس فلوروسنت و شوری بر جذب سدیم اندام‌هوایی نهال‌های پسته معنی‌دار ($p<0.01$) شد. نتایج نشان داد که با افزایش سطوح کلرید سدیم به ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، جذب سدیم اندام‌هوایی به‌ترتیب ۱/۲ و ۲/۱ برابر نسبت به شاهد افزایش یافت (شکل ۲- الف). تلقیح با جدایه‌های سودوموناس فلوروسنت تاثیر معنی‌داری بر جذب سدیم اندام‌هوایی نداشت (شکل ۲- ب). هرچند مقاومت گیاه پسته به تنش شوری نسبتاً بالاست، ولی با افزایش غلظت سدیم در محیط رشد ریشه، توانایی ریشه برای کنترل و تجمع سدیم در خود کاهش یافته و در نتیجه انتقال آن به اندام‌هوایی افزایش می‌یابد. افزایش غلظت سدیم در اندام‌هوایی نهال‌های ریشه را می‌توان به موارد فوق و هم‌چنین کاهش پایداری غشا سلولی به‌دلیل جایگزینی کلسیم با سدیم در غشا نسبت داد. کاهش پایداری غشا منجر به کاهش قدرت گزینش‌پذیری آن شده و جذب و انتقال عناصر افزایش می‌یابد.

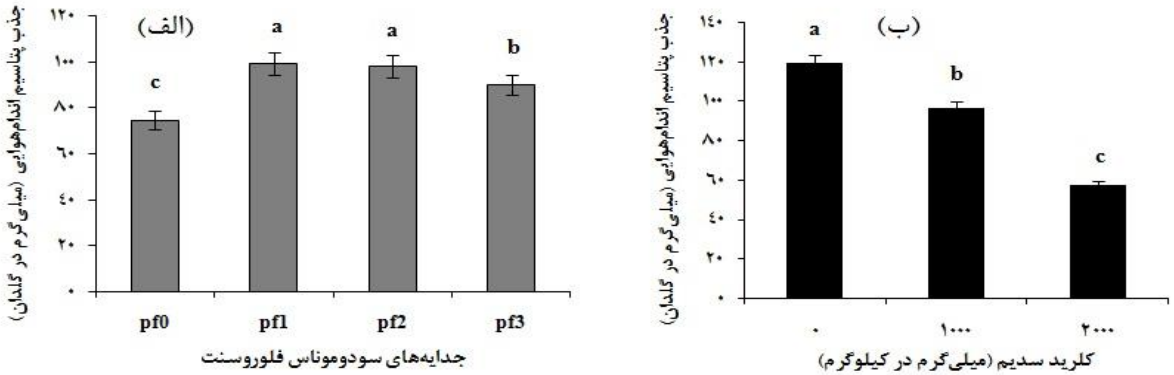


شکل ۲- اثرات اصلی جدایه‌های سودوموناس فلوروسنت (الف) و شوری (ب) بر جذب سدیم اندام‌هوایی نهال‌های پسته

جذب پتاسیم

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی جدایه‌های سودوموناس فلوروسنت و شوری بر جذب پتاسیم اندام‌هوایی نهال‌های پسته معنی‌دار ($p<0.05$) شد. با توجه به نتایج بدست آمده، تلقیح با جدایه‌های سودوموناس فلوروسنت موجب افزایش، ولی افزایش شوری موجب کاهش جذب پتاسیم در اندام‌هوایی نهال‌ها گردید. تلقیح با جدایه‌های pf_1، pf_2 و pf_3 جذب

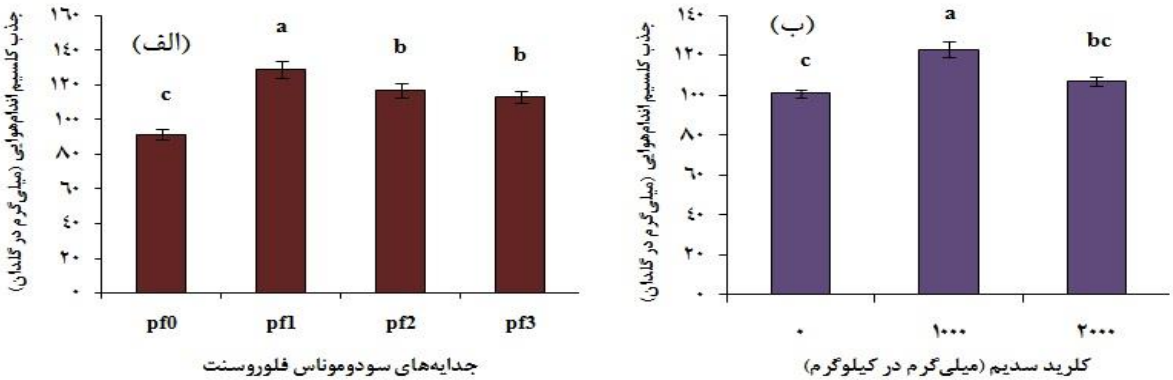
پتاسیم اندام‌هوایی را به‌ترتیب ۳۳، ۳۲ و ۲۲ درصد نسبت به شاهد بدون تلقیح افزایش داد (شکل ۳- الف). باکتری‌های محرک رشد گیاه با مکانیسم‌های مختلفی مانند تولید اسیدهای آلی و انحلال ترکیبات حاوی پتاسیم، فراهمی عناصرغذایی از جمله پتاسیم را افزایش می‌دهند. از طرف دیگر، افزایش شوری به ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک مقدار جذب پتاسیم را به‌ترتیب ۱۹ و ۵۲ درصد نسبت به شاهد کاهش داد (شکل ۳- ب). مهم‌ترین عامل محدود کننده فراهمی و جذب پتاسیم برای گیاه در شرایط شور، غلظت بالای سدیم و هم‌چنین کاهش رشد ریشه‌ها می‌باشد.



شکل ۳- اثرات اصلی جدایه‌های سودوموناس فلوروسنت (الف) و شوری (ب) بر جذب پتاسیم اندام‌هوایی نهال‌های پسته

جذب کلسیم

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی جدایه‌های سودوموناس فلوروسنت و شوری بر جذب کلسیم اندام‌هوایی نهال‌های پسته معنی‌دار ($p<0.05$) شد. باتوجه به نتایج بدست آمده تلقیح با جدایه‌های pf_1، pf_2 و pf_3 موجب افزایش به‌ترتیب ۴۰، ۲۸ و ۲۳ درصدی جذب کلسیم نسبت به شاهد بدون تلقیح در اندام‌هوایی نهال‌ها شد (شکل ۴- الف). اعمال شوری نیز جذب کلسیم اندام‌هوایی را افزایش داد که این افزایش در سطح ۱۰۰۰ بیشتر از سطح ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک بود (شکل ۴- ب). دلیل افزایش غلظت و جذب کلسیم در اندام‌هوایی با افزایش شوری را می‌توان به کاهش رشد و اثر رقت ارتباط داد. نتایج مشابهی توسط Razavi Nasab و همکاران (۲۰۱۴) گزارش شده است.



شکل ۴- اثرات اصلی جدایه‌های سودوموناس فلوروسنت (الف) و شوری (ب) بر جذب کلسیم اندام‌هوایی نهال‌های پسته

منابع

آذرمی، ف. مظفری، و. عباس‌زاده دهجی، پ. و حمیدپور، م. ۱۳۹۳. جداسازی باکتری‌های سودوموناس فلوروسنس از ریزوسفر درختان پسته و تعیین برخی خصوصیات محرک رشدی آن‌ها. مجله زیست شناسی خاک، جلد ۲، شماره ۲، صفحه‌های ۱۷۳ تا ۱۸۶.

حسنی، گ. اخگر، ع. و تاج‌آبادی پور، ا. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر تلقیح سویه‌های سودوموناس فلورسنت دارای توان تولید IAA و ACC دآمیناز بر رشد نهال‌های پسته. پژوهش‌های خاک. جلد ۲۶، صفحه‌های ۸۹ تا ۹۷.

Bal H. B., Nayak L., Das S. and Adhya, T. K. 2013. Isolation of ACC deaminase producing PGPR from rice rhizosphere and evaluating their plant growth promoting activity under salt stress. Plant Soil, 366: 93–105.

Glick B. R. 2014. Bacteria with ACC deaminase can promote plant growth and help to feed the world. Microbiol. Res. 169: 30- 39.

Iqbal, M. and Ashraf, M. 2013. Alleviation of salinity-induced perturbations in ionic and hormonal concentrations in spring wheat through seed preconditioning in synthetic auxins. Acta Physiologiae Plantarum, 35: 1093-1112.

Razavi Nasab, A., Tajabadi Pour, A. and Shirani, H. 2014. Effect of salinity and nitrogen application on growth, chemical composition and some biochemical indices of pistachio seedlings (*Pistacia vera* L.). Journal of Plant Nutrition, 37: 1612-1626.

Saharan B. S. and Nehra, V. 2011. Plant Growth Promoting Rhizobacteria: A Critical Review. Life Sci. Med. Res. 21: 1-30**.**

Xu, G., Magen, H., Tarchitzky, J. and Kafkaki, U. 2000. Advances in chloride nutrition. Advances in Agronomy, 68: 96–150.

Zahir Z. A., Munir A., Asghar H. N., Shaharoona B. and Arshad M. 2008. Effectiveness of rhizobacteria containing ACC deaminase for growth promotion of peas (Pisum sativum) under drought conditions. J Microbiol Biotechnol 18: 958-963.

Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Growth and Nutrients Uptake by Pistachio Seedlings under Salinity Stress

Farhad Azarmi Atajan
Assistant Professor, Soil Science Departement, University of Birjand

Abstract
Soil salinity is one of the most important limiting factors for growth and yields of pistachio trees in Iran. The use of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) can reduce the destructive effects of salinity. In order to investigate of PGPR on growth and uptake of some nutrients by shoot of pistachio seedlings in saline conditions, a greenhouse study was carried out with four isolates of fluorescent pseudomonads (pf_0, pf_1, pf_2 and pf_3) and three levels of salinity (0, 1000 and 2000 mg NaCl kg^{-1} soil). The results illustrated that salinity significantly decreased shoot and root dry weight of pistachio seedlings, but inoculation with PGPR increased these parameters. Also, with incresing of salinity, uptake of P and K reduced, but uptake of Na, Cl and Ca increased. However, inoculation with PGPR significaltly increased the uptake of P, K and Ca by shhot of pistachio seedlings.

Keywords: PGPR, Pistachio, Nutrient uptake, Salinity.