ارزیابی پتانسیل توان انحلال فسفات باکتری های جدا شده از ریزوسفر گندم دیم

حسینعلی علیخانی*، حسن اعتصامی و لیلا محمدی

به ترتیب استاد، استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران،

halikhan@ut.ac.ir

چکیده

این پژوهش با هدف ارزیابی پتانسیل توان انحلال فسفات باکتری های جدا سازی شده از ریزوسفر گندم دیم انجام گرفت. ۹۴ جدایه باکتریایی از ریزوسفر گیاه گندم رشد کرده در دیم زارهای قزوین و زنجان جداسازی گردید و توانایی انحلال فسفات معدنی و مقاومت آنها به شوری و خشکی بررسی شد. اثر جدایه های برتر روی شاخص های رشد و مقدار فسفر گندم تحت شرایط تنش شوری و خشکی ارزیابی شد. نتایج نشان داد ۲۱ درصد جدایه ها قادر به حل کردن فسفات از منابع مختلف فسفات بودند. این جدایه ها قادر به تحمل درصدهای مختلف نمک کلرید سدیم (۱ تا ۷ درصد) و تنش های کم آبی (پتانسیل های آبی ۰، ۵- ، ۱۵- و ۲۵- بار) بودند. علاوه بر این، دو سویه برتر ، *Pseudomonas* sp. Rh_1 و *Pseudomonas baetica* Rh_2 ، توانستند بطور معنی داری منجر به افزایش رشد و مقدار فسفر گیاه تحت شرایط تنش گردند.

واژه های کلیدی: باکتری های حل کننده فسفات، دیم زار، گندم، تنش خشکی و شوری

مقدمه

امنیت غذایی یکی از نیازهای اساسی جامعه بشری بوده که نمی تواند توسط هیچ جامعه ای نادیده گرفته شود. با توجه به رشد روز افزون جمعیت و کاهش باروری سطح خاک های مناسب کشاورزی، نسبت سطح خاک کشاورزی مطلوب به جمعیت، به شدت در حال کاهش بوده و یکی از نیازهای عمده، افزایش عملکرد در واحد سطح به ویژه در شرایط تنش کم آبی و در خاک های شور می باشد. گندم، مهم ترین گیاه زراعی بوده و در تأمین غذای بخش عمده ای از مردم جهان نقش اساسی دارد. بیش از ۵۳ درصد کالری دریافتی انسان ها از مصرف نان و دیگر فرآورده های گندم تأمین می شود. سطح زیر کشت گندم کشور حدود ۷ میلیون هکتار برآورد شده که بیش از ۵۶ درصد زمین های زیر کشت گندم در ایران به صورت دیم بوده و با توجه به بارندگی کم و غیر یکنواخت در بیشتر مناطق، تنش کم آبی جزء لاینفک این مناطق است. در کشت های آبی، محدود بودن منابع آبی و بویژه بهره وری پایین آن، آب در حد بهینه در اختیار گیاه قرار نمی گیرد. لذا در بیشتر موارد، گیاه با تنش کم آبی روبرو است (مومنی، ۱۳۸۹). با توجه به افزایش روز افزون تقاضا برای غذا، کافی نبودن اراضی غیر شور و دچار تنش کم آبی، به ناچار باید از پتانسیل خاک های مبتلا به تنش کم آبی و شور برای تولید بیشتر به ویژه در مورد محصولات استراتژیک مانند گندم استفاده کرد. در سال های اخیر توجه مسئولین کشور نیز به این مسئله جلب شده و افزایش عملکرد در این خاک ها جزء برنامه های کلان کشور قرار گرفته است. بخش عمده ای از کشور ایران (۶۱ درصد از مساحت ۱۶۵۰۰۰۰ کیلومتر مربع کشور) جزء مناطق خشک و نیمه خشک می باشد و وجود مشکل تغذیه فسفر در گیاه و نیز تنش های محیطی شدید به ویژه تنش کم آبی و شوری خاک از جمله چالش های مهم در تولید بخش کشاورزی محسوب می گردند (مومنی، ۱۳۸۹). یکی از راه های دستیابی به تولید بیشتر محصولات استراتژیک مانند گندم، افزایش توان گیاه گندم برای رشد و تحمل آن به شرایط تنش کم آبی و شوری و کارایی پایین مصرف کود های فسفره است که استفاده از پتانسیل باکتری های حل کننده فسفات های نامحلول یکی از این راهکاره است (Khan et al., 2014). برخی از عوامل غیر زیستی از جمله تنش های کم آبی و شوری در دیم زارها و کاهش کارایی عناصر غذایی ضروری خصوصا

فسفر، بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی اثر می گذارند (Kavamura et al., 2013). در بخش های عمده ای از مناطق غربی استان قزوین و شرق استان زنجان (به عنوان یکی از قطب های مهم دیم زار های گندم) کمبود فسفر قابل جذب که تا حدود زیادی متاثر از تنش های کم آبی و شور بودن خاک ها می باشد، منجر به کاهش شاخص های رشد و عملکرد گیاهان زراعی و به ویژه گندم به عنوان یک محصول راهبردی شده است (مومنی، ۱۳۸۹). با توجه به موارد ذکر شده، هدف از این پژوهش، جمع آوری و جداسازی جدایه های باکتری های حل کننده فسفات نامحلول خاک و متحمل به شرایط سخت محیطی از جمله شرایط کم آبی و شوری حاکم بر دیم زار های گندم بود. غربالگری و کاربرد چنین باکتری هایی می تواند برخی از محدودیت های تولید گندم در دیم زارها را کاهش دهند.

مواد و روش ها

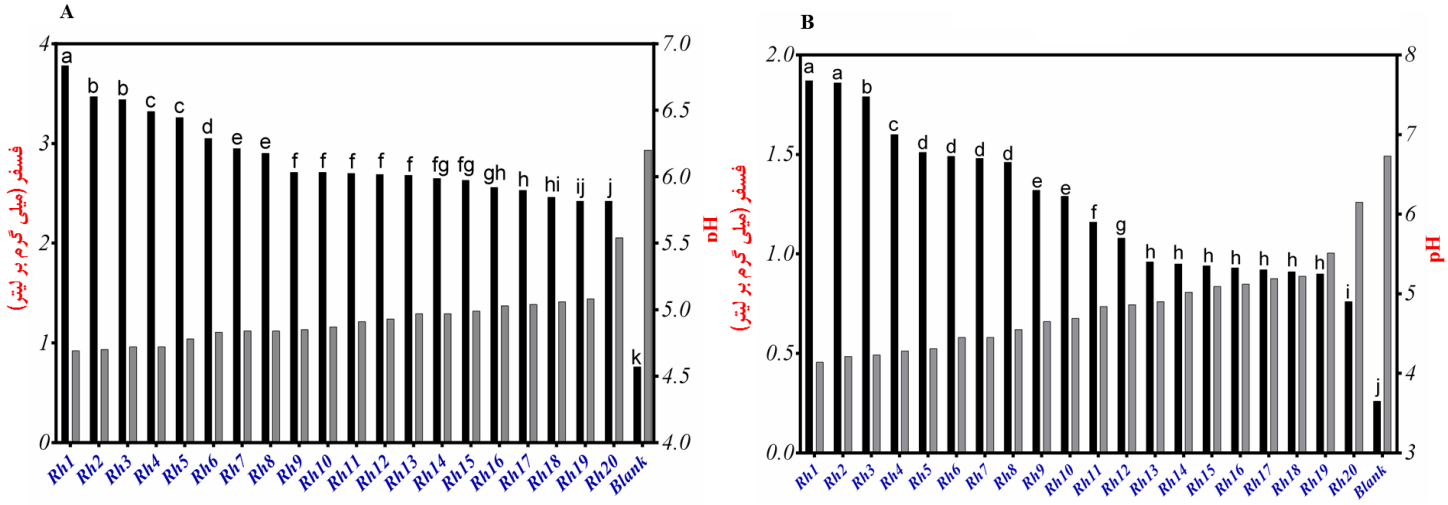
تعداد ۲۸ نمونه خاک ریزوسفری از گیاهان سالم گندم رشد کرده در دیم زارهای زنجان و قزوین در مرحله گلدهی بطور تصادفی از موقعیت های مختلف جمع‌آوری شد. در نمونه برداری از خاک های ریزوسفری سعی شد تا محل برداشت نمونه ها، نماینده مزارع دیم زار ها آن منطقه باشد. گیاهان گندم در جعبه های مخصوص حاوی یخ فورا به آزمایشگاه انتقال یافتند تا جهت جداسازی و خالص‌سازی باکتری ها در کوتاه ترین زمان از آنها استفاده شود. باکتری های ریزوسفری بر اساس روش ارائه شده در یک مطالعه قبلی (Kavamura et al., 2013) بر روی محیط آگار مغذی (Nutrient agar) جدا سازی شدند. علاوه بر این، برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نمونه برداری شده بر طبق روش های رایج اندازه گیری شد. در ابتدا به منظور تعیین توان کیفی جدایه ها در انحلال فسفات های معدنی نامحول، از محیط کشت اسپربر (Sperber, 1995) استفاده گردید. ظهور هاله شفاف در پیرامون کلونی باکتری به عنوان نشانه حل فسفات در نظر گرفته شد. قطر کلونی رشد یافته (CD) و نیز قطر هاله شفاف حاصل از انحلال فسفات (HD) که در اطراف هر کلنی تشکیل شده بود به دقت اندازه گیری شدند. برای ارزیابی انحلال فسفات نسبت متوسط قطر هاله به قطر کلونی (HD/CD) بعد از ۵ روز محاسبه گردید. توان حل کنندگی فسفات های آلی نیز توسط جدایه هایی برتر (HD/CD، بیش از ۱/۵) بر روی محیط کشت ISP (محیط کشت اصلاح شده اسپربر) انجام گرفت که در آن به جای ترکیب شیمیایی تری کلسیم فسفات از یک منبع آلی به نام اینوزیتول هگزافسفات استفاده شد (علیخانی، ۱۳۸۲). برای بررسی دقیق تر تعیین توان انحلال فسفات های نامحلول، جدایه برتر منتخب با استفاده از محیط اسپرپر حاوی منبع تری کلسیم فسفات و خاک فسفات مورد سنجش کمی قرار گرفتند. ۵ روز بعد از تلقیح باکتری ها، مقدار فسفر آزاد (حل) شده (میلی گرم بر لیتر) توسط هر جدایه براساس میزان جذب نور (با استفاده اسپکتروفتومتر در ۴۷۰ نانومتر) مربوط به آن با استفاده از منحنی استاندارد تهیه شده از KH_2PO_4 محاسبه گردید. علاوه بر این تغییرات pH در محیط اسپربر در طی رشد هر جدایه توسط pH متر قرائت شد. به منظور ارزیابی میزان تحمل جدایه های برتر به سطوح مختلف تنش خشکی، از توان رشد آن ها در محیط کشت NB حاوی غلظت های مختلف پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ استفاده شد (غلظت های صفر، ۲۰۲/۲، ۳۶۷/۷ و ۴۸۱/۹ گرم پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ به ازاء هر لیتر محیط کشت NB که معادل پتانسیل های آبی صفر، ۵-، ۱۵- و ۲۵- بار می باشد). میزان رشد جدایه ها با اندازه گیری OD محیط رشد آن ها در طول موج ۶۰۰ نانومتر، توسط دستگاه Absorbance Microplate Readers مدل Bio-Tek Elx800 USA تعیین و درصد کاهش رشد هر جدایه در سطوح مختلف پلی اتیلن گلیکول در مقایسه با میزان رشد همان جدایه در محیط NB بدون PEG6000 محاسبه گردید. علاوه بر این، تحمل جدایه ها به سطوح مختلف شوری (۱ تا ۷ درصد از املاح NaCl) با مشاهده کیفیت کلنی رشد یافته در پلیت های شاهد (NA بدون نمک) ارزیابی گردید. در پایان اثر جدایه های برتر (جدایه های حل کننده فسفات و مقاوم به شوری و خشکی) بر روی مقدار فسفر و شاخص رشد گیاه گندم (رقم روشن) رشد کرده در درون لوله های آزمایش (20 mm × 200) استریل شده ی حاوی ۲۰ میلی لیتر محلول هوگلند، ۰/۵ درصد نمک NaCl و فشار اسمزی (PEG ۵- بار تحت شرایط درون ریشه ای به مدت ۶۰ روز بر طبق روش ارائه شده در یک مطالعه قبلی (Etesami and Alikhani, 2016)

انجام گرفت. علاوه بر این جدایه های برتر بر اساس آزمون های بیوشیمیایی و از طریق مقایسه توالی های 16S rRNA شناسایی شدند. آزمون های انجام شده در این تحقیق بصورت طرح های کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام گرفتند. تجزیه واریانس (ANOVA) و محاسبات آماری با استفاده از برنامه‌های کامپیوتری MSTAT و SAS (SAS Institute, Cary, NC, USA) و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزارهای GeraphPad prism 6 انجام گردید. مقایسه میانگین داده ها به روش آزمون چند دامنه دانکن در سطح ۵٪ انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

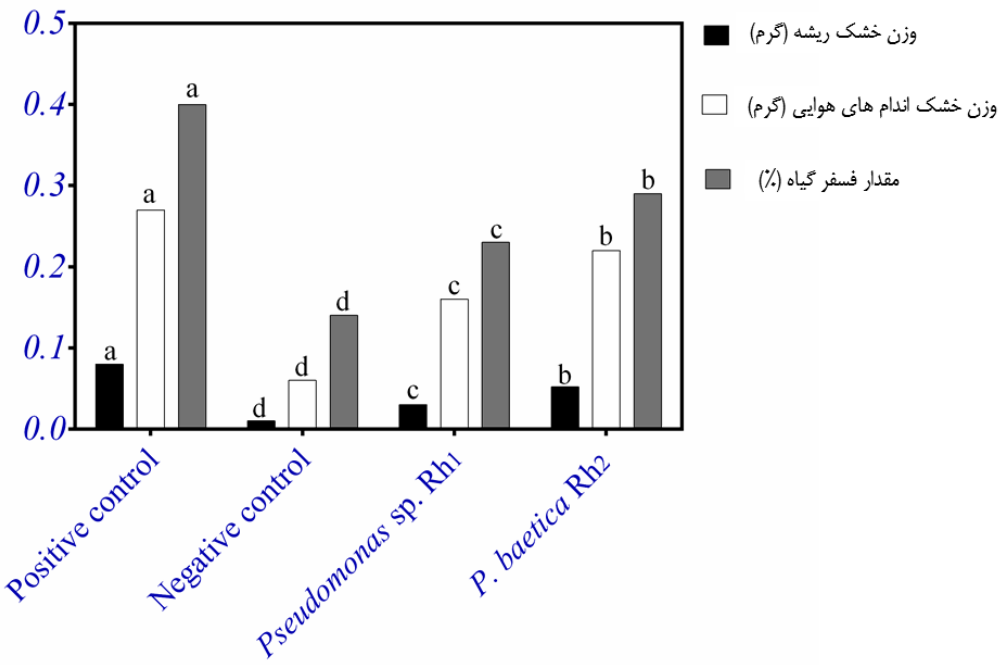
نتایج آنالیز خاک های نمونه برداری شده نشان دادند که واکنش خاک (pH) از ۷/۶۳ تا ۸/۳؛ قابلیت هدایت الکتریکی خاک (dS/m) از ۰/۴۷ تا ۱۰/۱۵؛ کربنات کلسیم معادل (٪) از ۰ تا ۱۱/۶۹؛ غلظت سدیم محلول خاک (mg/l) از ۵/۹۸ تا ۵۹/۳۴ ؛ غلظت پتاسیم محلول خاک (mg/l) از ۹۵/۶ تا ۵۷۳/۷؛ غلظت فسفر قابل جذب (mg/l) از ۲/۱۰ تا ۱۲/۴۳؛ و کربن آلی خاک (٪) از ۰/۱ تا ۰/۹۲ متغییر بودند. در مجموع ۹۴ جدایه باکتری ریزوسفری از گیاهان گندم رشد کرده در دیم زارهای مورد مطالعه جدا سازی شد. اندازه جمعیت باکتری های ریزوسفری گندم ازحداقل ۳/۵۹ = Log CFU/g تا حداکثر ۵/۹۹= Log CFU/g متغییر بود. نتایج میانگین توان انحلال فسفات نامحلول معدنی بر حسب HD/CD در باکتری های ریزوسفری، نشان دادند که از مجموع ۹۴ نمونه باکتری ریزوسفری، تعداد ۲۰ جدایه (۲۱ ٪) دارای بالاترین شاخص قطر هاله (HD، هاله های شفاف ناشی از انحلال فسفات های نامحلول) به قطر کلنی های باکتری رشد کرده (CD) بودند. این شاخص از HD/CD برابر ۱/۵ تا ۲ (یعنی قطر هاله ۱/۵ تا ۲ برابر قطر کلنی باکتری) متغییر بود. لذا این ۲۰ جدایه به عنوان جدایه های برتر با حداکثر توان انحلال فسفات های معدنی نامحلول برای ادامه کار و انجام آزمون های بعدی مورد توجه و استفاده قرار گرفت. تعداد ۳۴ (۳۶٪) جدایه نیز در مرتبه دوم با شاخص HD/CD بین ۱/۲ تا ۱/۵ بودند (یعنی قطر هاله حداقل ۲۰٪ بیشتر از قطر کلنی بود). در مابقی جدایه ها (۳۸ جدایه، ۴۱ ٪) قطر هاله به کلنی از ۰/۳۳ تا ۱/۲ متغییر بود. تعداد ۲ جدایه فاقد توان انحلال فسفات های نا محلول بودند. علاوه بر این، تفاوت معنی داری از نظر توان حل کنندگی فسفات بین جدایه ها ($p <$ ۰/۰۵) وجود داشت (نتایج نشان داده نشده است). نتایج آزمون کیفی توان حل کنندگی فسفات آلی نشان داد که ۷۵ درصد از جدایه های برتر قادر به حلالیت فسفات آلی بودند (۴ جدایه دارای HD/CD بین ۳ تا ۳/۴؛ ۸ جدایه دارای HD/CD بین۲ تا ۳؛ و ۳ جدایه دارای HD/CD بین ۱ تا ۲). علاوه بر این، این جدایه ها همچنین توانایی متفاوتی در حل کردن فسفات آلی نشان دادند (نتایج نشان داده نشده است). نتایج حاصل از ارزیابی توان انحلال فسفات های معدنی (تری کلسیم فسفات و خاک فسفات) در محیط مایع نشان داد که هر ۲۰ جدایه ی انتخاب شده قادر به حل هر دو منبع فسفات معدنی در محیط های کشت مایع بودند (شکل ۱ A و B) .

بطوری که در شکل ۱ دیده می شود در هر دو منبع فسفات رابطه معکوسی بین مقدار فسفر آزاد شده و pH وجود دارد. این یافته نشان می دهد که کاهش pH می تواند مکانیسم این جدایه ها در حل فسفات های نامحلول معدنی از هر دو منبع فسفات باشد. علاوه براین، جدایه های توانمند در حل فسفات معدنی از منبع تری کلسیم فسفات همان جدایه های توانمند در حل فسفات معدنی از منبع خاک فسفات بودند. مواد ترشح شده به وسیله باکتری های حل کننده فسفات مانند اگزالات، لاکتات، سیترات، سوکسینات، آنیون های کربوکسیلیک و پروتون ها که منجر به کاهش پ- هاش محیط می شوند در افزایش حلالیت ترکیبات فسفات کلسیم نقش دارند (Deubel and Merbach, 2005; Shahab and Ahmed, 2008). در پژوهش دیگر نیز تمامی جدایه های *سودوموناس فلورسنس* موجب انحلال تری کلسیم فسفات در محیط مایع و جامد و کاهش pH شدند (آذرمی و همکاران، ۱۳۹۳). تجریه واریانس اثر تنش کم آبی بر جمعیت باکتری های برتر حل کننده فسفات نیز نشان داد که بین باکتری ها از نظر توان رشد در سطوح مختلف پتانسیل اسمزی (PEG 6000) در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی داری وجود دارد (جدول تجزیه واریانس نشان داده نشده است).



شکل ۱ – مقایسه میانگین توان کمی انحلال فسفات نامحلول معدنی با منبع تری کلسیم فسفات (A) و خاک فسفات (B) و تغییرات pH در محیط اسپربر در طی رشد هر جدایه های برتر بعد از ۵ روز. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد آزمون دانکن است.

نتایج این ارزیابی همچنین نشان داد که در فشار صفر تمام باکتری ها و در فشار ۵- بار تنها ۱۱ جدایه باکتری رشد داشتند. این تعداد در فشار اسمزی ۱۵- بار برابر ۵ جدایه و در فشار اسمزی ۲۵- بار تعداد ۲ جدایه بود. بطور کلی، جمعیت باکتری ها (OD600) در تنش کم آبی ۵- ، ۱۵- و ۲۵- بار نسبت به شاهد منفی PEG=0 بشدت کاهش یافت و این کاهش با افزایش تنش کم آبی دارای رابطه مستقیم داشت. نتایج تحمل به شوری نشان داد که تمامی جدایه ها قادر به تحمل غلظت ۱، ۲ و ۳ درصد کلرید سدیم بودند در حالیکه که فقط ۱۴، ۷، ۶ و ۲ جدایه به ترتیب قادر به تحمل کلرید سدیم ۴، ۵، ۶ و ۷ درصدی بودند. استفاده از باکتری های حل کننده فسفات در خاک های شور از اهمیت خاصی برخوردار است. بدین منظور باکتری های مورد استفاده باید توانایی رشد و فعالیت در شرایط شور را نیز دارا باشند .چن و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که بیشترین میزان تحمل شوری باکتری های جدا شده از ریزوسفر چند گیاه زراعی ۴ درصد کلرید سدیم بوده است (Chen et al., 2002) .در تحقیق حاضر، برخی از جدایه ها قادر بودند بیشتر از ۴ درصد کلرید سدیم را نیز تحمل کردند. گزارش شده است که باکتری های حل کننده فسفات همچنین از محیط دارای تنش جداسازی شده اند به عنوان مثال باکتری نمک دوست *Kushneria sinocarni* جداسازی شده از رسوبات دریاچه نمکی در سواحل شرقی در چین جدا سازی شد که می تواند در خاک های کشاورزی شور مورد استفاده قرار گیرد (Zhu et al., 2011). بر اساس قابلیت های جدایه های باکتری و با تاکید بر (به ترتیب) توان انحلال فسفات های نامحلول معدنی و آلی، توان تحمل به تنش شوری و تنش کم آبی، دو جدایه باکتری (Rh_1 و Rh_2) از بین ۲۰ باکتری برتر اولیه انتخاب و شناسایی شد. پایگاههای اطلاعاتی در بانک ژن برای توالی های مشابه توالی ژن 16S rRNA این جدایه بررسی گردید. شناسایی ژن 16S rRNA این جدایه ها نشان داد که جدایه Rh_1 و جدایه Rh_2 بطور نزدیکی با *Pseudomonas* sp. و *Pseudomonas baetica* به ترتیب مرتبط است. باکتری های *سودوموناس* پتانسیل قابل توجهی در بهبود کارآیی جذب فسفر از خود نشان داده اند و به علت وسعت انتشار، توان کلونیزاسیون بالای ریشه اکثر گیاهان، تنوع گونه ای، مقاوم بودن به تنش های محیطی از جمله شوری و کم آبی، توانایی بالای آنها در رقابت با سایر ریزسازواره های برای عناصر غذایی و سازگاری سریع با شرایط محیطی مختلف توانسته اند به عنوان کود زیستی مناسب از جایگاه و اهمیت ویژ ه ای برخوردار گردند(Vyas and Gulati, 2009). به دنبال تلقیح این دو سویه، یک افزایش معنی داری (p <۰/۰۵) در وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام های هوایی و مقدار فسفر گیاه در مقایسه با گیاهان کنترل تلقیح نشده (شاهد منفی) مشاهده شد (شکل ۲). این جدایه ها به عنوان برترین جدایه محرک رشد گیاه معرفی شدند.



شکل ۲- مقایسه میانگین ارزیابی پاسخ های مورفولوژیکی مختلف گندم (رقم روشن) و مقدار فسفر گیاه در شرایط درون شیشه ای به مدت ۶۰ روز در محلول هوگلند با ۰/۵ درصد نمک کلرید کلسیم و پتانسیل آبی ۵- بار بعد از تلقیح با ۲ جدایه ریزوسفری حل کننده فسفات و مقاوم به شوری و خشکی . حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد آزمون دانکن است.

ذبیحی و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی خود نشان دادند که تلقیح بذور با سویه های باکتری *سودوموناس* باعث افزایش معنی داری در عملکرد و اجزاء عملکرد گندم شده است. تحقیقات زیادی در زمینه باکتری های حل کننده فسفات انجام شده است. بسیاری از این مطالعات نشان می دهند که استفاده از این باکتری ها می تواند سبب افزایش عملکرد و رشد محصولات مختلف گردند (Chen et al., 2008; Deubel and Merbach, 2005). نتایج به دست آمده از این پژوهش حاکی از آن است که ریزوباکتری های گندم دیم از توانایی زیادی در انحلال فسفات معدنی برخوردارند. علاوه براین، این باکتری ها مقاوم به شوری و خشکی نیز می باشند. از آنجایی که در شرایط دیم مصرف کود های شیمیایی موجب افزایش مضاعف شوری خاک می گردد و کاربرد کود های شیمیایی و از جمله کود های فسفره معمول نمی باشد و یا در حداقل مقدار ممکن انجام می شود، استفاده از چنین باکتری هایی می تواند برخی از محدودیت های تولید گندم در دیم زارها را کاهش دهند.

منابع

آذرمی، ف.، مظفری، و.، عباس زاده دهجی، پ.، حمیدپور، م.، ۱۳۹۳.جداسازی باکتریهای سودوموناس فلورسنس از ریزوسفر درختان پسته و تعیین برخی خصوصیات محرک رشدی آنها. نشریه زیست شناسی خاک. جلد ۲، صفحه ۱۸۶-۱۷۳.

ذبیحی، ح.، ثواقبی، غ.، خاوازی، ک. ر. گنجعلی، ع.، ۱۳۸۸ .بررسی تأثیر کاربرد سویه هایی از سودوموناس های فلورسنت بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم در سطوح مختلف شوری خاک. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ج ۲۳ ،ش ۱ ،ص ۲۰۸-۱۹

علیخانی، ح. ۱۳۸۲. بررسی پتانسیل کاربرد سویه های بومی ریزوبیومی به عنوان عوامل محرک رشد گیاهی (PGPR)و تعیین اثرات تلقیح انواع برتر آنها بر شاخص های رشد گندم، ذرت و یونجه، دانشگاه تهران.

مومنی، ع .۱۳۸۹. پراکنش جغرافیائی و سطوح شوری منابع خاک ایران. پژوهش های خاک، شماره ۳، صفحه¬های ۱۵-۱.

Chen, L., Figueredo, A., Villani, H., Michajluk, J., Hungria, M., 2002. Diversity and symbiotic effectiveness of rhizobia isolated from field-grown soybean nodules in Paraguay. Biology and Fertility of Soils 35, 448-457.

Chen, Z., Ma, S., Liu, L.L., 2008. Studies on phosphorus solubilizing activity of a strain of phosphobacteria isolated from chestnut type soil in China. Bioresource Technology 99, 6702-6707.

Deubel, A., Merbach, W., 2005. Influence of microorganisms on phosphorus bioavailability in soils, Microorganisms in soils: roles in genesis and functions. Springer, pp. 177-191.

Etesami, H., Alikhani, H.A., 2016. Co-inoculation with endophytic and rhizosphere bacteria allows reduced application rates of N-fertilizer for rice plant. Rhizosphere 2, 5-12.

Kavamura, V.N., Santos, S.N., da Silva, J.L., Parma, M.M., Ávila, L.A., Visconti, A., Zucchi, T.D., Taketani, R.G., Andreote, F.D., de Melo, I.S., 2013. Screening of Brazilian cacti rhizobacteria for plant growth promotion under drought. Microbiological Research 168, 183-191.

Khan, M.S., Zaidi, A., Ahmad, E., 2014. Mechanism of phosphate solubilization and physiological functions of phosphate-solubilizing microorganisms, Phosphate Solubilizing Microorganisms. Springer, pp. 31-62.

Shahab, S., Ahmed, N., 2008. Effect of various parameters on the efficiency of zinc phosphate solubilization by indigenous bacterial isolates. African Journal of Biotechnology 7.

Sperber, J.I., 1995. The incidence of apatite –solubilizing organisms in the rhizosphere and soil. Aust J Agric Res 9, 778.

Vyas, P., Gulati, A., 2009. Organic acid production in vitro and plant growth promotion in maize under controlled environment by phosphate-solubilizing fluorescent Pseudomonas. BMC Microbiology 9, 174.

Zhu, F., Qu, L., Hong, X., Sun, X., 2011. Isolation and characterization of a phosphate-solubilizing halophilic bacterium Kushneria sp. YCWA18 from Daqiao Saltern on the coast of Yellow Sea of China. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine 2011.

Evaluation of phosphate-solubilizing potential of bacteria isolated from rhizosphere of dryland wheat

H. A. Alikhani, H. Etesami and L. Mohammadi

Professor, Assistant Professor, and MS.c Student of Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Iran (halikhan@ut.ac.ir), (hassanetesami@ut.ac.ir),(lemohammadi@ut.ac.ir) respectively.

Abstract

The aim of this study was to evaluate phosphate-solubilizing potential of bacteria isolated from rhizosphere of dryland wheat. The 94 bacterial isolates were isolated from wheat plants grown in drylands of Ghazvin and Zanjan and their ability to solubilize inorganic and organic phosphates and their tolerance to salinity and drought were assayed in vitro. In addition, the effect of superior isolates on growth indices and content of plant P was studied under salinity and drought stress in vitro. The results of this study showed that 21% of isolates was able to solubilize phosphate from different P sources. These isolates also showed the resistance to diffract concentrations of NaCl (1 to 7 %) and water stress (water potential; 0, -5, -15, and -25 bar). Two superior strains identified, Pseudomonas sp. Rh1 and Pseudomonas baetica Rh2, increased significantly plant growth and P content compared to un-inoculated plants under salinity and drought stress.

Keywords: Phosphate-solubilizing bacteria (PSB); dryland farming crops; wheat; salinity and drought stress