

اثرات کاربرد سویه‌های بومی پseudomonas فلورسنس بر مقدار جذب عناصر غذایی در گندم

علی ریحانی تبار^۱، ناهید صالح راستین^۲، حسینعلی علیخانی^۳ و مجتبی محمدی^۴
۱، ۲، ۳، ۴، دانشجوی دوره دکتری، دانشیار، دانشجوی دوره دکتری و استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران
تاریخ پذیرش مقاله ۸۱/۸/۸

خلاصه

این پژوهش با هدف تعیین توان سویه‌های بومی پseudomonas فلورسنس در بهبود جذب عناصر غذایی توسط گندم، انجام گرفت. به این منظور در یک آزمایش گلخانه‌ای و براساس طرح RCBD، گندم بهاره رقم مغان ۱، با ۴۰ سویه بومی پseudomonas فلورسنس در ۴ تکرار مایه‌زنی گردید. هنگام برداشت، گیاهان مایه زنی شده با ۱۷ سویه که به لحاظ شاخص‌های رشد گندم پاسخ بهتری نشان داده بودند، انتخاب شدند و غلظت عناصر غذایی شامل آهن، روی، منگنز، فسفر و پتاسیم در اندام‌های هوایی آنها مورد سنجش قرار گرفت. داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری MSTAT-C مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. بر اساس نتایج حاصل، مایه زنی گیاه با سویه‌های مختلف پseudomonas فلورسنس، موجب بهبود جذب عناصر غذایی توسط گندم گردید ولی اثر کلی تیمارهای مایه زنی شده تنها برای غلظت آهن ($P < 0.01$) و منگنز ($P < 0.05$) به سطح معنی‌دار رسید. سویه‌های B_3 و B_4 بالاترین غلظت و بیشترین مقدار جذب آهن را موجب شدند و بطور معنی‌دار ($P < 0.05$) بر شاهد مایه زنی نشده برتری داشتند. عملکرد بیولوژیک بالاترین همبستگی معنی‌دار را با مقدار جذب آهن ($R^2 = 0.91^{**}$) و پائین‌ترین همبستگی را با مقدار جذب پتاسیم ($R^2 = 0.22^*$) نشان داد.

واژه‌های کلیدی: پseudomonas فلورسنس، عناصر غذایی، گندم بهاره

مقدمه

برخوردار باشند و بتوانند این توان را در بلندمدت حفظ کنند، استفاده هرچه بیشتر از کودهای بیولوژیک در کنار کودهای شیمیایی بعنوان یک اصل ضروری مورد توجه قرار گرفته است. در بین موجودات مفید خاکزی باکتری‌های محرک رشد گیاه که به اختصار^۱ PGPR نامیده می‌شوند، بسیار حائز اهمیت هستند. اصطلاح PGPR ابتدا برای باکتریهای فراریشه‌ای (ریزوسفری) متعلق به گروه پseudomonas‌های فلورسنت شامل گونه‌های فلورسنس^۲ و پوتیدا^۳ به کار گرفته شد. در بررسیهای مقدماتی، نقش این باکتریها بطور غیرمستقیم و از طریق کنترل بیماری‌گره‌هایی مانند عامل پوسیدگی نرم سیب‌زمینی و قارچهای

گیاهان برای رشد و تولید محصول نیاز به انواع عناصر غذایی دارند که عمدتاً از طریق خاک و همچنین کودهای شیمیایی در اختیار آنها قرار می‌گیرد. در قرن اخیر کودهای شیمیایی نقش اساسی در تولید محصولات کشاورزی داشته‌اند و در حال حاضر نیز یکی از مهمترین نهاده‌های کشاورزی محسوب می‌شوند. اما یکی از مهمترین تغییرات اساسی که در سیاستهای تولید غذا و همچنین در تحقیقات کشاورزی بوجود آمده این است که برخلاف گذشته افزایش تولید و رساندن آن به بالاترین سطح ممکن، بعنوان تنها هدف محسوب نمی‌شود. بلکه امروزه تلاش برای دستیابی به افزایش محصول بر مبنای اصول و اهداف «کشاورزی پایدار» برنامه‌ریزی می‌شود. از جمله برای اینکه سیستم‌های کشاورزی از توانایی تولید بالایی

1. Plant Growth Promoting Rhizobacteria
2. Pseudomonas fluorescens
3. P. putida

اسیدهای آمینه گلوسین، لوسین و لیزین کاهش اما مقادیر سیستین، گلوتامیک اسید و هیستیدین در محیط ریشه‌ای افزایش یافت. همینگ (۱۹۸۶) گزارش کرد که حضور پسودوموناس فلورسنس در محیط ریشه‌ای مقادیر اسیدهای آلی و اسیدهای آمینه را تغییر می‌دهد. این تغییرات ممکن است در جهت تحریک ریشه و افزایش ترشحات ریشه‌ای و یا کاهش مواد ترشح شده بدلیل مصرف شدن توسط باکتری و تجزیه سریع آنها و همینطور بدلیل اضافه شدن مواد مترشحه بوسیله باکتری باشد که البته تعیین سهم هر یک از اینها بسیار مشکل است (۴).

نیسبای و همکاران (۱۹۹۷) فعالیت‌های آنزیمی را در ریزوسفر چغندر کشت شده در مزرعه و مایه زنی شده با پسودوموناس فلورسنس سویه F113 مورد بررسی قرار دادند. این سویه یک ترکیب ضد میکروبی بنام ۲ و ۴ دی‌استیل فلوروگلوکوسینول تولید می‌کند و از لحاظ کنترل بیولوژیک حائز اهمیت می‌باشد (۱۱). این محققین گزارش کردند که در پی مایه زنی گیاه با این باکتری، هیچیک از آنزیم‌های اندازه‌گیری شده بطور معنی‌دار تحت تأثیر قرار نگرفتند. همچنین pH و عناصر غذایی که با ^۱ EUF اندازه‌گیری شده بودند بطور معنی‌دار تحت تأثیر تلقیح با باکتری قرار نگرفتند (۱۱).

موتن - لوکوز و همکاران (۱۹۹۸) همین سویه پسودوموناس فلورسنس F113 را به چغندر کشت مایه زنی کردند و میزان عناصر غذایی در خاک و محصول بعدی در تناوب زراعی را که شبدر قرمز بود، بررسی نمودند. فرضیه این محققین این بود که سویه F113 که ترکیب ضد میکروبی ۲ و ۴ دی‌استیل فلوروگلوکوسینول را تولید می‌کند و اثر بازدارنده بر روی قارچهای بیمارگر گیاهی خاکزاد دارد، ممکن است بر روی میکروارگانیسم‌های غیرهدف که نقش مفیدی در چرخه عناصر غذایی در خاک دارند نیز تأثیر بگذارد. برای سنجش این تأثیر احتمالی، اندازه‌گیری مقدار عناصر غذایی در خاک فراریشه‌ای و گیاه شبدر بوسیله دستگاه EUF صورت گرفت. نتایج نشان داد که مقدار کل فسفر در گیاه شبدر در تیمار مایه زنی شده با F113 و شاهد مایه زنی نشده مشابه هم بودند. مایه زنی با F113 منجر به افزایش مقدار سدیم و کاهش مقادیر روی و منگنز در گیاه شبدر در مقایسه با شاهد تیمار نشده گردید (۹).

بیماری‌ها مانند عامل مرگ گیاهچه یا پوسیدگی سیاه ریشه و همچنین متوقف ساختن فعالیت بیمارگرهای ضعیف مانند انواع تولیدکننده هیدروژن سیانید شناخته شد (۶، ۷، ۸). مطالعات بعدی نشان دادند که بین شدت کنترل بیماریها و مقدار سیدروفور تولید شده توسط این باکتریها ارتباط مستقیمی وجود دارد. سیدروفورهای میکروبی، ملکولهای آلی نسبتاً درشتی هستند که در شرایط کمبود آهن قابل جذب در محیط ترشح می‌شوند و میل ترکیبی شدیدی با Fe^{3+} دارند. به دلیل اینکه این نوع کلاتهای آهن برای اکثر عوامل بیماری‌زا قابل استفاده نیستند، فعالیت این انواع در اثر محروم شدن از آهن، محدود و متوقف می‌شود. در سالهای اخیر سیدروفورهای میکروبی در ارتباط با تأثیر مستقیم در تغذیه گیاه از نظر تأمین آهن قابل جذب مطرح شده‌اند. جورکوویچ و همکاران (۵) گزارش کردند که میزان سیدروفور-Fe لازم برای جلوگیری از کلروز آهن در بادام زمینی برابر با ۱۹۰ میلی‌گرم آهن در کیلوگرم خاک است که معادل تأثیر ۱/۲ میلی‌گرم آهن در کیلوگرم خاک، بصورت Fe-EDDHA می‌باشد و چنین نتیجه گرفتند که سیدروفورها می‌توانند حامل‌های مؤثر Fe برای تغذیه گیاه باشند. اگرچه بازده سیدروفورهای مورد آزمایش فعلاً کمتر از کلات‌های مصنوعی مانند Fe-EDDHA است ولی احتمال دارد که در آینده با بهبود بازده آنها بتوان کلروز ناشی از آهک را در خاکهای آهکی بر طرف نمود (۵). ریشه گیاهان مواد آلی بسیار متعددی را ترشح می‌کنند که برخی از آنها می‌توانند بر قابلیت دسترسی عناصر غذایی همانند Fe و P, Mn تأثیر بگذارند و بسیاری از میکروارگانیسم‌های فراریشه‌ای و از جمله پسودوموناس فلورسنس قادرند ترشح این مواد آلی را تحریک کنند. بعلاوه این باکتریها خود می‌توانند مواد آلی کلات‌کننده مانند اسیدهای آلی رادر ریزوسفر ترشح کنند و از این طریق هم، بر قابلیت دسترسی یا جذب بعضی عناصر غذایی مانند آهن و فسفر تأثیر بگذارند (۸). مظفر و همکاران (۱۹۹۲) گزارش کردند که افزودن باکتری پسودوموناس فلورسنس به محیط رشد ریشه گوجه‌فرنگی، مقدار گلوکز و فروکتوز مترشحه را کاهش و مقدار سوکروز را در محیط ریشه‌ای افزایش داد (۱۰). بعلاوه، اسیدهای آمینه شناسایی شده در محیط ریشه‌ای در حضور این باکتری بشدت تحت تأثیر قرار گرفتند، بعنوان مثال، مقادیر

مناسبی بذر گندم بهاره رقم مغان ۱ از گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی کرج تهیه شد. بذور سالم با دست انتخاب شدند و به منظور ضدعفونی سطحی ابتدا به مدت ۳۰ ثانیه در الکل ۹۶ درجه طبی و سپس به مدت ۵ دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم ۲ درصد قرار داده شدند و پس از آن چندین بار با آب مقطر سترون شستشو شدند. بذره‌های ضدعفونی شده در داخل تشتک‌های پتری سترون روی سطح کاغذ صافی مرطوب شده با آب مقطر سترون بطور یکنواخت توزیع گردیدند و به منظور جوانه‌زنی به مدت ۴۸ ساعت در انکوباتور با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. سپس در هر گلدان ۸ بذر جوانه زده کاشته شد و بر روی هر بذر یک میلی‌لیتر از مایه سویه مورد نظر اضافه گردید و حفرات با خاک گلدان پوشیده شدند. در طول دوره رشد گیاه در گلخانه، دمای روز و شب به ترتیب ۳۰ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد، طول دوره روشنایی بین ۱۴-۱۲ ساعت و مقدار نور بین ۱۴-۱۲ هزار لوکس از طریق لامپ‌های بخار سدیم و هلیوم تنظیم شد. با آبیاری منظم گلدانها با آب مقطر و توزین آنها رطوبت خاک بین FC ۰/۸ تا FC تأمین گردید. برای جلوگیری از آلودگیهای سطحی، سطح گلدانها با پرلیت سترون پوشانده شد. بعد از دو هفته رشد، گیاهان تنک شدند و در هر گلدان ۴ بوته نگهداشته شد. پس از ۳ ماه از زمان کاشت، در مرحله‌ای که اکثر خوشه‌ها رسیده بودند و گیاهان حالت زردی پیدا کرده بودند، برداشت آنها انجام گرفت. از بین ۴۰ سویه پسودوموناس فلورسنس مایه زنی شده به گندم، ۱۷ سویه که به لحاظ صفات زراعی عملکرد نسبتاً بهتری را نشان داده بودند به همراه شاهد برای تجزیه عناصر انتخاب شدند. عملکرد بیولوژیک براساس وزن خشک مجموع اندام‌های هوایی گیاه تعیین گردید. برای اندازه‌گیری عناصر غذایی در اندام‌های هوایی گیاه، پس از آسیاب کردن آن از پودر حاصل به روش سوزاندن خشک و استفاده از اسیدکلریدریک ۲ مولار عصاره تهیه شد و مقدار آهن، روی و منگنز توسط دستگاه جذب اتمی قرائت شدند. فسفر در نمونه‌های گیاهی به روش رنگ‌سنجی (رنگ زرد مولیبدات - وانادات) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر ویتاسیم با فلیم‌فتومتر قرائت شدند (۱ و ۲). داده‌های حاصل با استفاده از برنامه کامپیوتری MSTAT-C مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند.

از نتایج تحقیقاتی که به آنها مختصراً اشاره شد چنین برمی‌آید که ممکن است مایه زنی گیاه با این باکتریها در قابلیت جذب برخی از عناصر غذایی برای گیاه مؤثر واقع شود. هدف از انجام این پژوهش، مطالعه تعدادی از سویه‌های بومی پسودوموناس فلورسنس از نظر توان افزایش قابلیت جذب برخی از عناصر غذایی (فسفر، آهن و...) برای گیاه گندم است. با توجه به اینکه سویه‌های بومی خاکهای ایران از نظر نقش مفیدی که احتمالاً می‌توانند بطور مستقیم در رشد و تغذیه گیاه داشته باشند، مورد بررسی قرار نگرفته‌اند و نیز بدلیل توان بالقوه این باکتریها در تأمین سلامت گیاه و بهبود رشد آن، ضرورت انجام این تحقیق مشخص می‌گردد.

مواد و روش‌ها

خاک مناسب برای انجام این بررسی با این هدف که علاوه بر بافت و pH مناسب، مقدار عنصر آهن آن نیز کم باشد تا تأثیر احتمالی جدایه‌های مورد آزمایش در افزایش جذب این عنصر یا عدم تأثیر آن بهتر مشخص شود، انتخاب گردید. خاک به مقدار کافی از عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتری برداشته شده و پس از هوا خشک کردن و گذراندن از الک ۴ میلی‌متری به مقدار ۱/۲ کیلوگرم در گلدانهای آزمایشی توزیع گردید. به دلیل فقیر بودن خاک از نظر عناصر غذایی پرمصرف، کودهای فسفوری، پتاسی و نیتروژنی طبق توصیه کودی برای گندم بصورت محلول به گلدانها اضافه شدند. تیمارهای آزمایشی شامل ۴۰ تیمار تلقیح با سویه‌های باکتری و شاهد مایه زنی نشده بودند که در قالب طرح RCBD با ۴ تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. باکتریهای مورد استفاده در این آزمایش، براساس طرح جداگانه‌ای قبلاً از ریزوسفر گندم کشت شده در خاکهای زراعی استان تهران و دشت قزوین جداسازی و سپس با انجام بررسیهای میکروسکوپی، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در سطح گونه شناسایی شده بودند. برای تهیه مایه تلقیح در داخل هود سترون، هر یک از ارلن‌های حاوی محیط کشت N.B¹ با یکی از جدایه‌های مورد بررسی مایه زنی و سپس به مدت ۴۸ ساعت بر روی بهم‌زن الکتریکی با ۱۵۰ دور در دقیقه گذاشته شدند و با استفاده از محلولهای استاندارد مک فارلند کدورت آنها در سطح تراکم حدود ۱۰^۶ سلول در میلی‌لیتر تنظیم گردید. مقدار

جدول ۱- برخی از ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در کشت گلدانی

K	P	Na	Cu	Zn	Mn	Fe	FC	O.M.	N(Total)	CaCO ₃	EC _e **	pH _e *	بافت	مشخصات خاک مورد آزمایش
mg.kg-1							%	%	%	%	(dS/m)			
۱۸۵/۷	۱۰/۰۲	۴/۱	۱۶/۶	۰/۹۵	۱۲/۸	۳/۵	۱۹/۹	۱	۰/۰۶	۵/۹	۱/۲	۷/۵	لوم	

گندم تأثیر معنی‌دار نداشته است (جدول ۲) جدول مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که در اثر مایه زنی با اکثر سویه‌ها جذب روی توسط گیاه افزایش یافته است. در مورد سویه B₂ هرچند این مقدار افزایش به حدود ۵۰ درصد روی جذب شده در گیاه شاهد می‌رسد، ولی با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد این تفاوت معنی‌دار نشده است (جدول ۳). در عین حال آزمون LSD حاکی از معنی‌دار بودن تفاوت این تیمار نسبت به شاهد در سطح ۵ درصد می‌باشد (شکل ۲).

۳- منگنز

نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن است که تأثیر مایه زنی با سویه‌های پَسودوموناس فلورسنس بر روی جذب منگنز توسط گیاه در سطح ۱۰ درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن نشان می‌دهد که دو سویه B₂₀ و B₃₄ بیشترین تأثیر را در جذب منگنز توسط گیاه داشته‌اند و تفاوت تیمار آنها نسبت به شاهد مایه زنی نشده در سطح ۵ درصد (جدول ۳) و بر اساس آزمون LSD در سطح ۱ درصد (شکل ۳) معنی‌دار می‌باشد. بعلاوه، مایه زنی گیاه با اکثر سویه‌ها موجب افزایش جذب منگنز در گیاه نسبت به شاهد شده است (شکل ۳).

نتایج

اثرات مایه زنی گندم با سویه‌های پَسودوموناس فلورسنس بر روی جذب برخی عناصر غذایی به شرح زیر خلاصه شده‌اند.

۱- آهن

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که مایه زنی با سویه‌های پَسودوموناس فلورسنس با حدود اطمینان بیش از ۹۹٪ بر روی مقدار جذب آهن توسط گندم اثر گذاشته است (جدول ۲). بر اساس جدول مقایسه میانگین‌ها، در اکثر تیمارهای مایه زنی شده با باکتری، غلظت آهن در گیاه نسبت به شاهد مایه زنی نشده افزایش یافته است. بیشترین میزان جذب آهن در گیاهانی است که با سویه‌های B₁₇, B₉, B₃₁ و B₃₆ مایه زنی شده‌اند که اختلاف تیمار با این سویه‌ها نسبت به شاهد در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۳). بعلاوه مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن نشان می‌دهد که حتی در سطح اطمینان ۹۹ درصد نیز افزایش غلظت آهن در گیاه در مورد دو سویه B₉ و B₃₆ به لحاظ آماری معنی‌دار می‌باشد (شکل ۱).

۲- روی

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که مایه زنی با سویه‌های پَسودوموناس فلورسنس بر میزان جذب روی توسط

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر سویه‌های مختلف پَسودوموناس فلورسنس بر غلظت عناصر غذایی جذب شده در اندام هوایی گندم

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS) برای صفات مورد بررسی				
		Mn	Fe	Zn	K	P
بلوک	۳	۱۰۲/۵ ^{n.s.}	۱۶۰۱/۶ ^{n.s.}	۵۳/۹ ^{n.s.}	۰/۴۹۹ ^{n.s.}	۰/۰۱۲ ^{n.s.}
تیمار	۱۷	۱۵۳/۸۲*	۱۵۹۱/۹***	۶۳/۱۵ ^{n.s.}	۰/۴۵۲ ^{n.s.}	۰/۰۰۲ ^{n.s.}
(سویه‌های پَسودوموناس فلورسنس)						
خطا	۵۱	۹۷/۶۶	۶۱۰/۳	۷۱/۶	۰/۴۵	۰/۰۰۲
CV%	-	۱۶/۷	۲۷/۶	۲۹/۲	۲۵/۳	۲۰/۰

n.s., **, *** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۱۰، ۵ و ۱ درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین تیمارها برای عناصر غذایی جذب شده توسط گندم مایه زنی شده با پَسودوموناس فلورسنس در شرایط گلخانه‌ای

عاملکرد بیولوژیک (گرم)	P (%)	K (%)	Zn میلی‌گرم در کیلوگرم	Fe میلی‌گرم در کیلوگرم	Mn میلی‌گرم در کیلوگرم	عناصر / سویه‌ها
۴/۹۶۶ABCDE	۰/۱۹۴۱B	۲/۴۴۴A	۲۶/۴۲AB	۶۸/۵۵DE	۵۱/۷۵ C	B0
۵/۳۵۳ABCD	۰/۲۴۶۸AB	۲/۴۶۴A	۳۹/۷۵A	۱۰۵/۳ABCD	۶۰/۶۲ ABC	B2
۵/۵۴۸ABC	۰/۲۲۴۶AB	۲/۴۵۱A	۳۰/۳۳AB	۷۷/۴۳CDE	۶۶/۰۰ ABC	B4
۵/۲۰۵ABCDE	۰/۲۰۲۴AB	۲/۹۰۵A	۲۶/۹۸AB	۶۴/۴۰DE	۵۵/۹۹ ABC	B5
۴/۵DE	۰/۲۵۰۳AB	۲/۴۶۹A	۲۶/۴۲AB	۶۷/۰۷DE	۶۲/۷۵ ABC	B8
۴/۹۳۸ABCDE	۰/۲۲۳۳AB	۲/۴۳۰A	۲۸/۰۵AB	۱۱۹/۸AB	۶۱/۹۷ ABC	B9
۴/۸۵۸ABCDE	۰/۲۳۵۱AB	۲/۲۴۸A	۲۵/۳۸AB	۵۹/۴۰E	۵۶/۷۲ ABC	B10
۵/۲۵ABCDE	۰/۲۱۰۵AB	۲/۵۵۲A	۳۶/۵۳AB	۷۶/۷۵CDE	۵۵/۹۹ ABC	B14
۵/۳۰۹ABCD	۰/۲۴۴۸AB	۲/۴۹۸A	۲۵/۹۲AB	۷۸/۹۵BCDE	۵۰/۶۲ C	B16
۵/۲۸۳ABCDE	۰/۲۳۵۱AB	۲/۱۸۸A	۲۳/۵۵B	۱۱۴/۹ABC	۵۷/۵۷ ABC	B17
۴/۹۴ABCDE	۰/۲۳۷۴AB	۲/۵۴۵A	۲۷/۹۲AB	۸۷/۶۵ABCDE	۵۴/۲۲ C	B19
۵/۴۹۴ABC	۰/۲۴۰۹AB	۳/۰۷۱A	۲۹/۷۵AB	۹۷/۱۵ABCDE	۷۱/۷۹ AB	B20
۵/۲۷۲ABCDE	۰/۲۷۷۲A	۲/۷۸۴A	۲۶/۷۵AB	۹۲/۶۵ABCDE	۵۳/۴۶ C	B21
۴/۹۶۵ABCDE	۰/۲۴۱۰AB	۲/۱۸۲A	۲۸/۱۵AB	۷۷/۰۰CDE	۵۵/۲۱BC	B23
۴/۹۷۸ABCDE	۰/۲۶۶۳AB	۳/۲۵۳A	۲۸/۲۰AB	۱۰۰/۴ABCDE	۵۶/۳۵ ABC	B30
۴/۹۵۵ABCDE	۰/۲۶۴۳AB	۳/۰۷۶A	۳۱/۸۸AB	۱۱۲/۹ABC	۵۸/۷۹ ABC	B31
۵/۳۹۹ABCD	۰/۲۳۳۹AB	۳/۱۲۵A	۲۷/۳۰AB	۸۶/۶۷ABCDE	۷۲/۴۲ A	B34
۴/۹۵۸ABCDE	۰/۲۳۳۹AB	۲/۸۸۹A	۳۱/۱۷AB	۱۲۳/۵A	۶۲/۶۰ ABC	B36

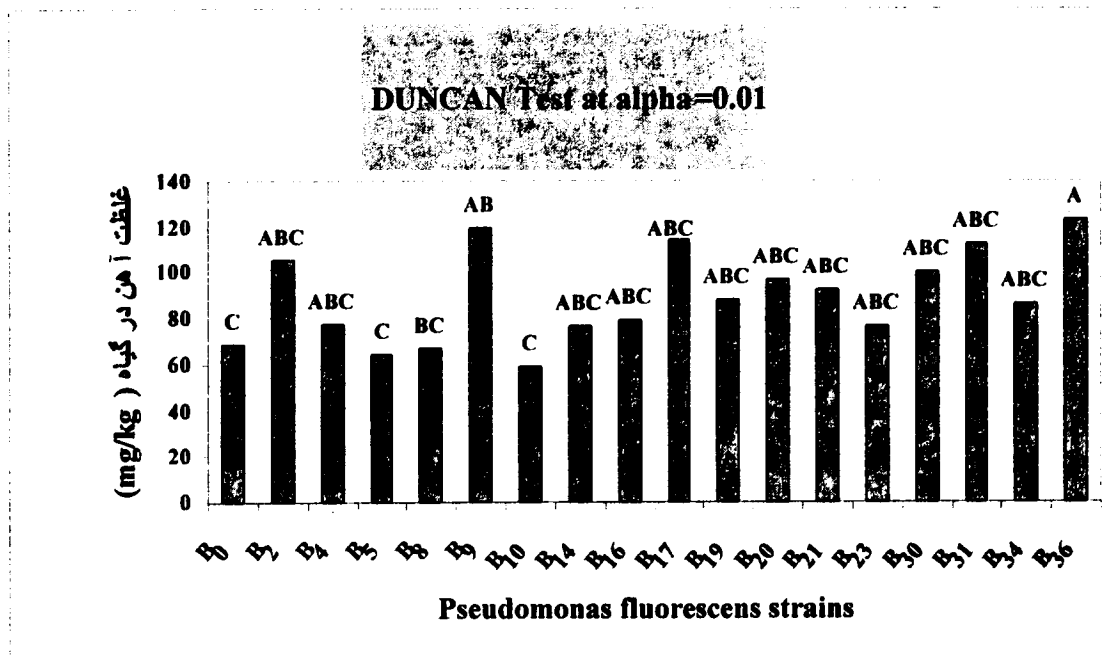
مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت. میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند. B0 تیمار شاهد

۴- فسفر

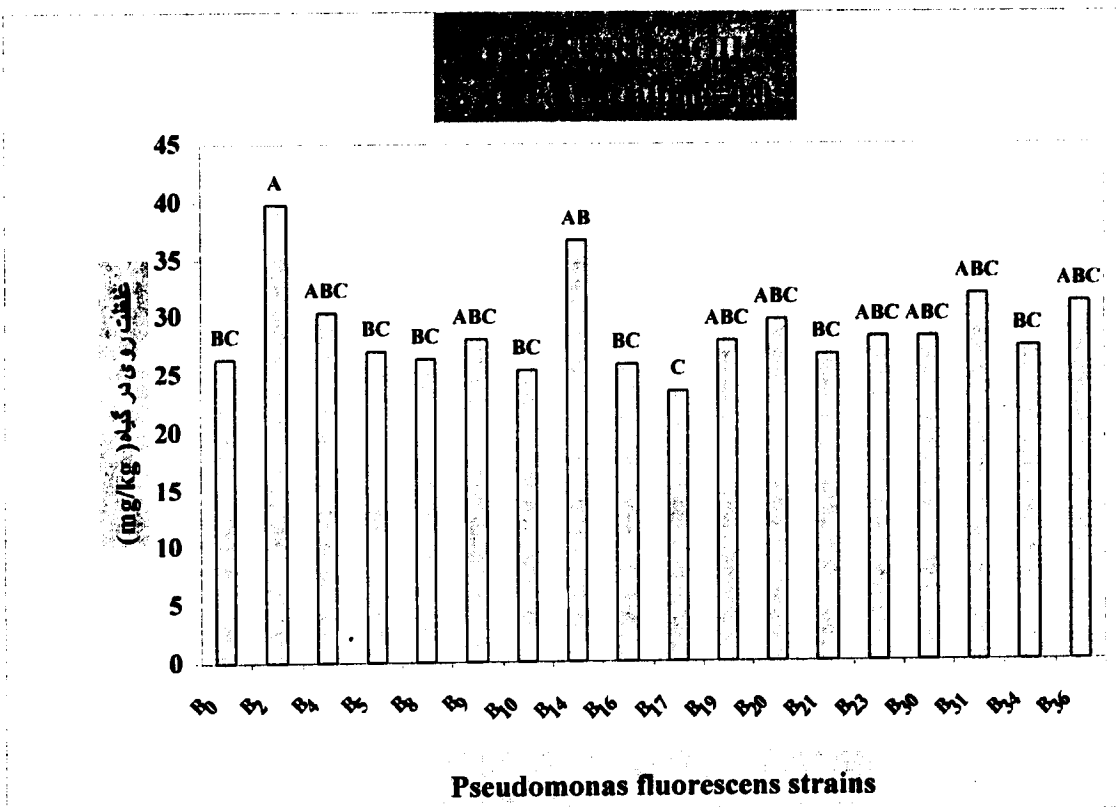
نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که تیمارهای مایه زنی گیاه با باکتری در مجموع تأثیر معنی‌داری بر جذب فسفر توسط گیاه نداشته‌اند (جدول ۲). پائین‌ترین درصد فسفر مربوط به گیاه شاهد مایه زنی نشده و بالاترین درصد آن مربوط به تیمار مایه زنی شده با سویه B21 است. که براساس آزمون دانکن با شاهد مایه زنی نشده اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) نشان می‌دهد (جدول ۳).

۵- پتاسیم

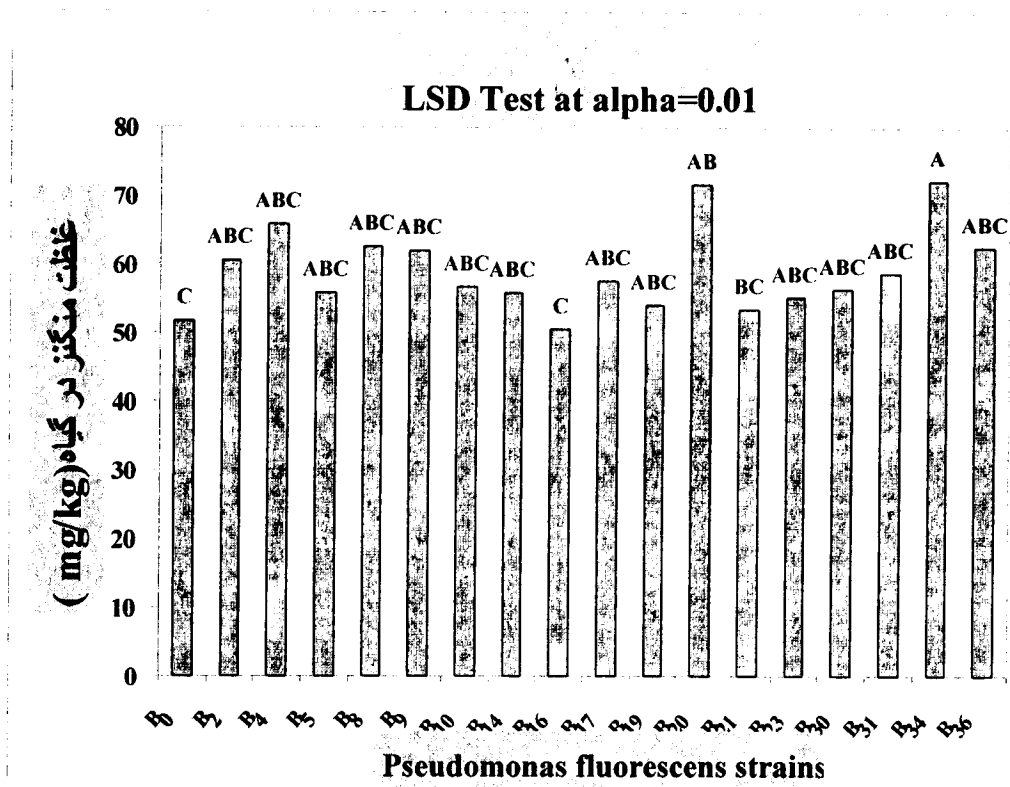
جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که تیمار مایه زنی شده با باکتری در مجموع تأثیر معنی‌داری بر درصد پتاسیم در گیاه نداشته است (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نیز نشان می‌دهد که هرچند غلظت پتاسیم در اکثر گیاهان مایه زنی شده نسبت به شاهد، افزایش یافته ولی به لحاظ آماری با شاهد تفاوت معنی‌دار پیدا نکرده است (جدول ۳).



شکل ۱- اثرمایه زنی سویه‌های پseudوموناس فلورسنس بر جذب عنصر آهن در بخش هوایی گندم



شکل ۲- اثرمایه زنی سویه‌های پseudوموناس فلورسنس بر جذب عنصر روی در بخش هوایی گندم



شکل ۳- اثرمایه زنی سویه‌های پseudomonas فلورسنس بر جذب عنصر منگنز در بخش هوایی گندم

همبستگی معنی‌دار هستند. آهن جذب شده در بخش هوایی بالاترین ضریب همبستگی را بخود اختصاص داده است و این همبستگی در سطح ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد. بین فسفر و روی جذب شده، همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح ۵ درصد مشاهده می‌شود که با اطلاعات موجود در زمینه اثرات متقابل این عناصر مطابقت دارد.

بحث

نتایج این بررسی حاکی از این است که مایه زنی گندم با سویه‌های بومی باکتری پseudomonas فلورسنس در اکثر موارد موجب بهبود جذب عناصر غذایی در مقایسه با گیاه شاهد گردیده، هرچند این افزایش تنها در مورد مقدار آهن و منگنز گیاه از لحاظ آماری به سطح معنی‌دار رسیده است. این نتایج تا حدودی قابل توجیه هستند، زیرا حلالیت و در نتیجه، جذب بهتر عناصری مانند فسفر و روی بستگی زیادی به کاهش pH دارند. از آنجا که این باکتری‌ها، pH ریزوسفر را بطور قابل توجه کاهش نمی‌دهند، لذا طبیعی است که جذب عناصر فوق‌الذکر هم بطور معنی‌دار تحت تأثیر آنها قرار نگیرند (۷، ۸).

بررسی روابط همبستگی بین پارامترهای اندازه‌گیری شده در گیاه در روابط رگرسیونی بین پارامترهای اندازه‌گیری شده در گیاه که متعاقباً ارائه می‌شوند، DM عملکرد بیولوژیک و Zn_{II} ، Fe_{II} ، K_{II} ، P_{II} و Mn_{II} به ترتیب مقدار فسفر، پتاسیم، آهن، روی و منگنز جذب شده در اندام‌های هوایی گندم می‌باشند (جدول ۴ و ۵).

جدول ۴- روابط همبستگی ساده بین عملکرد بیولوژیک و غلظت عناصر غذایی در گندم

R^2	روابط همبستگی
۰/۶۹**	$DM=۲/۶۲۹+۰/۰۳۹۸۴ Mn_{II}$
۰/۹۱**	$DM=۳/۶۹۵+۰/۰۱۳۷۳ Fe_{II}$
۰/۶۵**	$DM=۳/۱۸۲+۰/۰۱۹۹۶ Zn_{II}$
۰/۲۲*	$DM=۳/۷۷+۰/۰۴۰۸ K_{II}$
۰/۶**	$DM=۳/۳۲۸+۵/۵۷ P_{II}$

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد

همانطور که در جداول ۴ و ۵ مشاهده می‌شود، همه عناصر غذایی اندازه‌گیری شده با عملکرد بیولوژیک گیاه دارای ضرایب

جدول ۵- ماتریس ضرائب همبستگی ساده بین صفات مورد بررسی

صفت	X1	X2	X3	X4	X5	X6
منگنز جذب شده در بخش هوایی (X1)	۱					
آهن جذب شده در بخش هوایی (X2)	۰/۷۹۳**	۱				
روی جذب شده در بخش هوایی (X3)	۰/۷۰۲**	۰/۷۶۳**	۱			
پتاسیم جذب شده در بخش هوایی (X4)	۰/۴۸۷*	۰/۴۹۰*	۰/۲۴۴ ^{n.s.}	۱		
فسفر جذب شده در بخش هوایی (X5)	۰/۶۷۰*	۰/۷۶۹**	-۰/۵۶۱*	۰/۸۷۱**	۱	
عملکرد بیولوژیک (X6)	۰/۸۳**	۰/۹۵۶**	۰/۸۱۲**	۰/۴۷۹**	۰/۷۷۶**	۱

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد

جذب آن مؤثر بوده است (۸).

روابط همبستگی ارائه شده در جدول های ۴ و ۵ نیز با اطلاعات موجود در زمینه تغذیه معدنی گیاهان کاملاً هماهنگی دارند.

با توجه به نتایج مثبت حاصل از این تحقیق، پی گیری اهدافی چون جمع آوری سویه های برتر پسودوموناس ها به منظور تحریک رشد، بهبود تغذیه و تأمین سلامت گیاهان زراعی و نیز ادامه بررسیهای گلخانه ای در شرایط طبیعی مزرعه و استفاده از این باکتریهای مفید برای تولید کودهای بیولوژیک، قابل توصیه هستند.

سپاسگزاری

این پژوهش مستخرج از «طرح بررسی جمعیت پسودوموناس های فلورسنت در ریزوسفر گندم کشت شده در خاکهای زراعی استان تهران و تعیین پتانسیل آنها برای افزایش رشد گیاه» به شماره ۷۱۴/۱۳۰۳ می باشد که بدینوسیله از حمایت مالی معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تهران قدردانی می شود.

در مورد پتاسیم هم به دلیل کافی بودن مقدار این عنصر در خاک، بین تیمارهای مایه زنی شده و شاهد تفاوتی پیدا نشده است. اما در مورد آهن بدلیل توان سویه های این باکتری در تولید سیدروفورهایی که تمایل زیادی به پیوند شدن با آهن دارند و این کمپلکس سیدروفور- آهن ممکن است برای گیاهان هم قابل استفاده باشد، طبیعی است که باکتری بیشترین تأثیر را بر جذب این عنصر داشته باشد. نقش مؤثر گونه پسودوموناس فلورسنس در تولید سیدروفور توسط بسیاری از محققین به اثبات رسیده است (۴، ۵، ۸). در ابتدا کلپر و همکاران به نقش سیدروفورهای تولید شده توسط پسودوموناس فلورسنس در تحریک رشد گیاه اشاره کردند (۳). از آن پس، موارد متعدد دیگری در خصوص تأثیر سیدروفورهای میکربی در بهبود جذب آهن در گیاه، گزارش شده است که بطور مثال می توان به نتایج تحقیقات جورکوویچ و همکاران (۵) و مظفر و همکاران (۱۰) استناد نمود.

در مورد منگنز نیز ممکن است تشکیل کمپلکس این عنصر با برخی مواد آلی ترشح شده توسط باکتری، در افزایش قابلیت

REFERENCES

مراجع مورد استفاده

۱. احیایی، م. و ع.ا. بهبهانی زاده، ۱۳۷۲. شرح روشهای تجزیه شیمیایی خاک. نشریه فنی شماره ۸۹۳ مؤسسه تحقیقات خاک و آب.
۲. امامی، ع. ۱۳۷۵. روشهای تجزیه گیاه. جلد اول، نشریه فنی شماره ۹۸۲، مؤسسه تحقیقات خاک و آب
۳. علوی، ا. و ع. آهون منش. ۱۳۷۶. ترجمه. کنترل بیولوژیکی عوامل بیماریزای گیاهی خاکزاد. جلد اول، نشر آموزش کشاورزی.
4. Hemming, B.C. 1986. Microbial - iron interactions in the plant rhizosphere : An overview. J.Plant Nutr. 9 : 505-521

5. Jurkvitch, E., Y.Hadar and Y.Chen. 1988. Involvement of bacterial siderophores in the remedy of lime induced chlorosis in peanut. *Soil. Sci. Soc. Am.J.* 52 : 1032-1037.
6. Kapulnik, Y. 1991. Plant – Growth – Promoting Rhizobacteria, In : *Plant Roots, The Hidden Half*, Waisel, Y.et al. (Eds) Marcel Dekker, Newyork, 717-729.
7. Lynch, J.M. 1993. *Soil Biotechnology, Microbiological Factors in Crop Productivity* , Blackwell, Oxford, 191 P.
8. Lynch, J.M., Ed. 1990. *The Rhizosphere*, John wiley, Chichester, 458 P.
9. Moenne – Loccoz, Y., J.Powell, P.Higgins, J.Britton and F.O’Gara.1998. Effect of the biocontrol agent *Pseudomonas fluorescens F 113* released as sugarbeet inoculant on the nutrient contents of soil and foliage of a red clover rotation crop. *Biol . Fertil. Soils .* 27 : 380-385.
10. Mozafar, A., F.Duss. and J.J.Oertli. 1992. Effect of *Pseudomonas fluoresens* on the root exudates of two tomato mutants differently sensitive to Fe chlorosis. *Plant and Soil.* 144 : 167-176.
11. Naseby, D.C., Y.Moenne-Loccoz, J.Powell, F.O’Gara and J.M.Lynch. 1998. Soil enzyme activities in the rhizosphere of field –grown sugar beet inoculated with the biocontrol agent *Pseudomonas fluorescens F113*. *Biol. Fertil. Soils.* 27:39-43.

Effects of Native *Pseudomonas Fluorescens* Strains on the Nutrient Uptake by Wheat

A. REIHANI TABAR¹, N. SALEH RASTIN², H. A. ALIKHANI³
AND M. MOHAMMADI⁴

1, 2, 3, 4, Ph.D. Student, Associate Professor, Ph.D. Student and Assistant Professor,
Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran

Accepted Oct. 30, 2002

SUMMARY

Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) specially some strains of *Pseudomonas fluorescens* produce siderophores, and ionophores that chelate some nutrient elements thereby improving their uptake. Also, these bacteria may produce growth regulator substances which affect availability of nutrient elements. This study was carried out to determine the potential of native *P. fluorescens* strains to improve nutrient uptake by wheat. For this purpose, 40 strains of *P. fluorescens* were used to inoculate the spring wheat, Moghan 1 variety, in a RCBD experiment with four replications, under greenhouse conditions. The data were analyzed using MSTATC program. Based on results, inoculation with different strains improved the nutrient uptake by wheat, but increase was significant ($P < 0.01$) only in Fe and Mn content ($P < 0.05$) in inoculated plants. The B9 and B36 Strains presented the upper concentration and amount of Fe uptake with their differences with control being significant ($P < 0.05$). Biological yield presented the highest significant correlation with Fe – uptake ($R^2 = 0.91^{**}$) and lowest for K-uptake ($R^2 = 0.22^*$).

Key words: *Pseudomonas fluorescens*, Nutrient elements, Spring wheat