تأثیر باکتری *Pseudomonas fluorescens* strain 103 به همراه کود فسفر بر غلظت عناصر غذایی و عملکرد زیستی دو رقم جو در شرایط گلخانه

سید محمدرضا احتشامی[1*]، محیل پورابراهیمی[1] و کاظم خاوازی[2]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۷/۱۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۲/۲۳)

چکیده

به منظور بررسی اثر مدیریت تلفیقی کود فسفر و ریزجانداران حل‌کننده فسفات بر غلظت عناصر غذایی و عملکرد دو رقم جو، آزمایشی گلخانه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۸۹ اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی شامل دو رقم جو (بهمن و فصیح) و پنج نوع مدیریت کود فسفر (تلقیح بذر با باکتری *Pseudomonas fluorescens* strain 103 و ۱۰۰٪ توصیه کودی فسفر، تلقیح بذر با باکتری و ۷۵٪ توصیه کودی فسفر، تلقیح بذر با باکتری و ۵۰٪ توصیه کودی فسفر، تلقیح بذر با باکتری و بدون استفاده از کود شیمیایی فسفر و تیمار بدون تلقیح بذر و بدون استفاده از کود شیمیایی فسفر (شاهد)) بودند. نتایج نشان داد که با افزایش سطح کود فسفر، ارتفاع و قطر ساقه اصلی، کلروفیل a و b و عملکرد دو رقم جو به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بیشترین ارتفاع ساقه اصلی، کلروفیل b، غلظت عناصر غذایی و وزن خشک بوته از تیمار تلقیح با باکتری و در سطح کود فسفر زیاد (۱۰۰٪ توصیه شده) به‌دست آمد. بیشترین قطر ساقه و کلروفیل a از تیمار تلقیح با باکتری و سطح کود فسفر ۷۵٪ به‌دست آمد. هم‌چنین، رقم بهمن از نظر تولید علوفه برتر از رقم فصیح بود. با توجه به نتایج آزمایش، می‌توان بیان کرد که استفاده توأم از باکتری محرک رشد و کود شیمیایی فسفره سبب افزایش عملکرد جو و غلظت عناصر غذایی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: مدیریت تلفیقی، تلقیح بذر، سودوموناس، کلروفیل

مقدمه

در صورت کاهش تولید محصول گیاهان علوفه‌ای چندساله ویژه فصول سرد، وجود ظرفیت تولید زیاد علوفه با کیفیت عالی در جو سبب می‌شود که این گیاه از اهمیت زیادی برخوردار باشد (۱). سطح زیر کشت جو در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در ایران حدود ۱/۶۸ میلیون هکتار و میزان تولید آن حدود ۳/۶۵ میلیون تن گزارش شده است (۷).

استفاده از ریزجانداران مفید که ثبات و بهره‌وری زیست‌بوم‌های کشاورزی را در پی دارند، مفید واقع می‌شوند. این جوامع میکروبی شامل گروهی از ریزجانداران از قبیل ریزوباکترهای محرک رشد گیاه، سیانوباکترهای تثبیت‌کننده نیتروژن، باکتری‌ها و قارچ‌های جلوگیری کننده از بیماری‌های گیاهی، باکتری‌های کاهش‌دهنده سمیت خاک، اکتینومیست‌ها و سایر باکتری‌های سودمند می‌باشند (۳۴).

۱. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

۲. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: smrehteshami@yahoo.com

باکتری‌های محرک رشد نقش مهمی در سامانه‌های کشاورزی، خصوصاً در حاصلخیزی خاک، دارند (۲۹). تلقیح گیاهان با گونه‌های خاصی از باکتری‌های محرک رشد در مراحل اولیه نمو، تولید زیست‌توده را از طریق اثر مستقیم بر رشد ریشه و شاخه‌ها بهبود می‌بخشد. باکتری‌های مختلفی در فهرست انواع باکتری‌های محرک رشد قرار گرفته‌اند که متداول‌ترین انواع شناسایی‌شده آنها عبارت از جنس‌های *Azotobacter*، *Azospirillum*، *Pseudomonas*، *Acinetobacter*، *Acetobacter*، *Burkholderia*، *Bacillus*، *Enterobacter*، *Rhizobium*، *Serratia*، *Erwinia*، *Alcaligenese* و *Flavobacterium* می‌باشد (۱۲). تحقیقات مختلف نشان داده که برخی از باکتری‌های محرک رشد توسط مجموعه‌ای از سازوکارها بر رشد، عملکرد و جذب عناصر تأثیر می‌گذارند (۳۲).

در بین باکتری‌های محرک رشد گیاه، باکتری‌های جنس سودوموناس و باسیلوس به‌دلیل توزیع گسترده آنها در خاک، توانایی کلونیزه کردن ریزوسفر بسیاری از گیاهان و تولید طیف متنوعی از متابولیت‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. باکتری‌های سودوموناس، باکتری‌های گرم منفی، میله‌ای شکل، راست یا کمی خمیده، با طول ۲-۴ میکرون و قطر ۱-۸ میکرون، دارای یک تاژک قطبی و چند تاژک جانبی، شیمیوارگانوتروف و هوازی هستند (۱۳). این باکتری‌ها در اطراف ریشه و بیشتر در ناحیه ریشه‌های فرعی و تارهای مویین یافت می‌شوند و علاوه بر سطح ریشه، درون سلول‌های لایه کورتکس، فضاهای بین سلول‌های این لایه، آندودرم و آوندهای آبکش ریشه زندگی و رشد می‌کنند (۱۴). این باکتری‌ها با تولید متابولیت‌هایی نظیر مواد تنظیم‌کننده رشد یا انواع ویتامین‌ها و نیز بهبود فراهمی عناصر غذایی به‌طور مستقیم سبب افزایش رشد و نمو می‌گردند و یا از طریق تولید مواد پادزی، سیدروفورها و سیانید هیدروژن، که فعالیت بیمارگرهای گیاهی یا سایر ریزجانداران خاک‌زی را کاهش می‌دهد، به‌طور غیرمستقیم اثر افزایندگی بر رشد و نمو گیاه دارند (۲۲). هم‌چنین، گزارش شده که این باکتری‌ها فعالیت‌های آنزیمی، بیوماس میکروبی، تنفس خاک زارعی، احیای ویژگی‌های میکروبیولوژیک و میکروفلور فعال در تجزیه مواد آلی را بهبود می‌بخشند (۳۱). در آزمایشی، تلقیح لوبیا با باکتری سودوموناس فلورسنس و قارچ آربوسکولار نه‌تنها موجب کنترل بیماری پوسیدگی ریشه ناشی از قارچ رایزوکتونیا سولانی شد، بلکه عملکرد را نیز افزایش داد (۲۸). در آزمایشی دیگر، کاربرد باکتری‌های محرک رشد و قارچ مایکوریزا موجب افزایش کارایی مصرف فسفر و عملکرد دانه گندم شد (۲۴). نتایج آزمایش یو و همکاران (۳۹) نیز نشان داد که تلقیح مشترک سودوموناس و آرتروباکتر به همراه کاربرد سنگ فسفات موجب افزایش ارتفاع بوته، وزن خشک ساقه و ریشه، جذب نیتروژن و فسفات توسط نهال‌های گردو و حداکثر دسترسی به فسفر و نیتروژن خاک گردید. تلقیح بذرهای کلزا با باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلوم منجر به افزایش عملکرد دانه‌ها، تعداد خورجین در بوته، تعداد ساقه‌های فرعی، وزن هزار دانه، محتوای روغن و پروتئین دانه کلزا در مقایسه با تیمارهای بدون تلقیح با باکتری و هم‌چنین افزایش تجمع عناصر غذایی در دانه در مقایسه با تیمارهای بدون کود شیمیایی گردید (۳۸).

از آنجا که مدیریت کود از عوامل اصلی در رسیدن به کشاورزی پایدار محسوب می‌گردد، لذا جایگزینی تدریجی کودهای شیمیایی، خصوصاً کودهای فسفاته، با کودهای زیستی به‌دلیل مزایای این کودها و به‌علاوه ارزانی آنها، امری کاملاً اجتناب‌ناپذیر است. در این آزمایش، تأثیر مدیریت تلفیقی کود بر صفات کمی و کیفی دو رقم جو علوفه‌ای بررسی شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان انجام شد. تیمارهای مورد بررسی شامل دو رقم جو (بهمن و فصیح) و پنج نوع مدیریت کود فسفر (تلقیح بذر با باکتری *Pseudomonas fluorescens* strain 103 و ۱۰۰٪ توصیه کودی فسفر (برای هر گلدان معادل ۱۶۰ کیلوگرم در

جدول ۱. برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

بافت خاک	اسیدیته گل اشباع	کربن آلی (٪)	فسفر قابل‌جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم)	پتاسیم قابل‌جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم)	نیتروژن کل (٪)
لوم سیلتی	۶/۴	۲/۹	۹/۲	۱۷۵	۰/۱۵

هکتار)، تلقیح بذر با باکتری و ۷۵٪ توصیه کودی فسفر، تلقیح بذر با باکتری و ۵۰٪ توصیه کودی فسفر، تلقیح بذر با باکتری و بدون استفاده از کود شیمیایی فسفر و تیمار بدون تلقیح بذر و بدون استفاده از کود شیمیایی فسفر به‌عنوان شاهد) بودند. ریزجانداران حل‌کننده فسفات مورد نظر ابتدا در آزمایشگاه بیولوژی مؤسسه تحقیقات خاک و آب فرموله و تهیه شدند. جمعیت باکتری‌ها در هر میلی‌لیتر مایه تلقیح، $۹/۸ \times ۱۰^{۷}$ برآورد گردید. ماده حامل نیز پرلیت بود. برای کشت باکتری‌ها از محیط کشت Sperber استفاده شد (۱۰). پس از کشت انفرادی باکتری‌ها، بعد از ۴۸ ساعت جمعیت آنها به روش Plate Count و روی محیط‌های اختصاصی شمارش گردید و سپس حجم مساوی از آنها با یکدیگر مخلوط شده و مجدداً جمعیت در محیط کشت شمارش شده و مایه تلقیح آماده شد. در تیمارهایی که بایستی بذرها با این ریزجانداران تلقیح می‌شدند، پس از محاسبه میزان بذر برای هر تیمار و ریختن بذرهای جو در داخل یک کیسه پلی‌اتیلنی، مقدار ۲۰ میلی‌لیتر محلول شکر ۲۰٪ به آن اضافه گردید. آنگاه کیسه حاوی بذر و ماده چسباننده برای مدت ۳۰ ثانیه به شدت تکان داده شدند تا سطح کلیه بذرها به‌طور یکنواخت چسبناک گردد. پس از آن مقدار ۲۰ گرم از مایه تلقیح به بذرهای چسبناک اضافه شد و پس از ۴۵ ثانیه تکان دادن و اطمینان از چسبیدن یکنواخت مایهٔ تلقیح به بذرها، بذرهای آغشته به مایه تلقیح روی ورقه آلومینیومی تمیز در زیر سایه پهن گردید تا بذرها خشک شدند. خاک مورد استفاده این آزمایش لوم سیلتی با pH=۶/۴ بود که از مزرعه‌ای در شهرستان فومن از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری برداشت گردیده و در آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان آنالیز شده بود (جدول ۱). خاک از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد و سپس به گلدان‌های ۸ کیلوگرمی منتقل گردید. دمای گلخانه ۱۸ تا ۲۰ درجه سلسیوس، طول دوره روشنایی ۱۱ تا ۱۲ ساعت در روز و میزان رطوبت نسبی ۸۲٪ بود.

پس از جوانه‌دار شدن بذرها در دمای ۲۵ درجه سلسیوس، در هر گلدان ۵ بذر جوانه‌دار کاشته شد (هر تیمار شامل یک گلدان بود) و دو هفته بعد با تنک کردن بوته‌ها، تعداد آنها به سه بوته تقلیل یافت. یک سوم نیتروژن و تمامی پتاسیم با توجه به تجزیه خاک و براساس مدل توصیه کودی برای جو و کود فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل براساس طرح آزمایش، به‌صورت مخلوط در آب [برای هر گلدان به‌ترتیب ۲-۱-۱ گرم (۳۲۰-۱۶۰-۱۶۰ کیلوگرم در هکتار)] به گلدان‌ها اضافه شد. البته لازم به ذکر است که اضافه کردن کود فسفره به‌صورت محلول تنها به نیم کیلوگرم خاک گلدان (بسته به تیمار و میزان فسفر لازم) به‌صورت مجزا صورت گرفت و پس از خشک شدن، خاک در داخل یک کیسه ریخته شده و کاملاً با هم مخلوط شد و سپس این میزان مجدداً با بقیه خاک مخلوط شد تا به این ترتیب فسفر به‌صورت یکنواخت در تمام گلدان پخش شود. بقیه نیتروژن در دو نوبت (شروع پنجه‌دهی و شروع ساقه‌دهی) به مصرف رسید. میانگین ارتفاع سه بوته به‌عنوان ارتفاع گیاه در آن تیمار در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری قطر ساقه از کولیس استفاده گردید. برای اندازه‌گیری کلروفیل، ابتدا برگ مشخصی (برگ چهارم) در هر بوته در ابتدای مرحله به ساقه رفتن (حدود ۴ ماه پس از کاشت)، انتخاب و با نیتروژن مایع پودر شد و با ۱۰ سی‌سی استون ۸۰٪ مخلوط گردید. سپس نمونه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در یخچال قرار داده شدند و پس از سانتریفیوژ، با دستگاه طیف‌سنج نوری در طول موج‌های

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات مورد اندازه‌گیری دو رقم جو تحت تأثیر سطوح مختلف کود

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع ساقه	قطر ساقه	کلروفیل a	کلروفیل b	فسفر	آهن	کلسیم	عملکرد زیستی
تکرار	۲	۴/۱۸^{ns}	۰/۳۹^{ns}	۰/۱۶^{ns}	۰/۷^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۰۴^{ns}	۰.۰۰۴^{ns}	۰/۵۱^{ns}
رقم	۱	۲۹/۷۸*	۰/۸۷*	۰/۰۳^{ns}	۷/۳۷**	۱۴/۹۴**	۰/۰۰۶^{ns}	۰/۰۲*	۳۵/۸۱**
کود	۴	۶۰۶/۴۹**	۳/۳۱**	۱۹۳/۹۲**	۵۲/۴۷**	۱۰/۱۹**	۳/۲۲**	۹/۳۲**	۱۲۲۵/۸۶**
رقم×کود	۴	۴/۷۸^{ns}	۰/۰۵^{ns}	۱/۱**	۰/۴**	۰/۵۶**	۰/۲۹**	۱/۴۶**	۵/۶۲**
خطا	۱۸	۴/۲۳	۰/۱۸	۰/۰۸	۰/۱۵	۰/۳۷	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۵۴
CV (٪)	–	۳/۵	۷/۹۲	۱/۴۳	۳/۲۹	۴/۲۹	۴/۰۱	۱/۰۵	۱/۸۳

**، * و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

۶۶۳/۲ و ۶۴۶/۲ نانومتر قرائت شدند. در پایان، با استفاده از فرمول‌های زیر، مقادیر کلروفیل‌های a و b محاسبه شدند (۱۵):

$$Chl\,a = 12/25A_{663/2} - 2/79A_{646/2} \quad [۱]$$

$$Chl\,b = 21/50A_{646/2} - 5/10A_{663/2} \quad [۲]$$

که Chl a میزان کلروفیل a و Chl b میزان کلروفیل b است. برای اندازه‌گیری میزان عناصر معدنی موجود در اندام هوایی قبل از ظهور خوشه، یک بوته از هر گلدان برداشت شده و پس از شستشو به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجهٔ سلسیوس خشک شد. برای اندازه‌گیری فسفر گیاه از روش رنگ‌سنجی و محلول آمونیوم مولیبدو وانادات استفاده شد (۶). برای اندازه‌گیری غلظت منیزیم، آهن و کلسیم از کیت‌های زیست‌شیمی استفاده شد. غلظت کلسیم توسط دستگاه طیف‌سنج نوری و در طول موج ۵۷۰ نانومتر و با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد (۳):

$$Ca(mg/dl) = (Rb/Rs)\times 10 \quad [۳]$$

که *dl* دسی‌لیتر، *Rb* قرائت توسط طیف‌سنج در مقابل بلانک معرف و *Rs* قرائت استاندارد است.

غلظت منیزیم توسط دستگاه طیف‌سنج نوری و در طول موج ۵۲۰ نانومتر با استفاده از رابطه ۴ محاسبه شد:

$$Mg(mg/dl) = (Rb/Rs)\times 2/5 \quad [۴]$$

هم‌چنین، پس از قرائت توسط دستگاه طیف‌سنج نوری و در طول موج ۵۹۳ نانومتر، غلظت آهن با استفاده از رابطه (۵) به‌دست آمد:

$$Ca(mg/dl) = (Rb/Rs)\times 200 \quad [۵]$$

در زمان برداشت (قبل از گل‌دهی)، کلیه بوته‌های سبز در هر گلدان از سطح خاک قطع و برداشت شدند. سپس به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سلسیوس خشک و برای اندازه‌گیری عملکرد زیستی توزین شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام گرفت. برای مقایسه میانگین تیمارها نیز از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ استفاده شد.

نتایج و بحث

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، مشاهده می‌گردد که تأثیر کود بر ارتفاع ساقه اصلی در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. به‌طوری‌که بیشترین و کمترین ارتفاع ساقه اصلی به‌ترتیب در تیمار استفاده از ۱۰۰٪ کود شیمیایی فسفر و تلقیح با باکتری سودوموناس سویه ۱۰۳ و تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۳). اثر رقم نیز در سطح ۵٪ بر ارتفاع ساقه اصلی معنی‌دار بود (جدول ۲). به گونه‌ای که رقم بهمن ساقه اصلی بلندتری نسبت به رقم فصیح داشت (جدول ۴). اثر متقابل کود در رقم معنی‌دار نشد (جدول ۲). با توجه به این واقعیت که جیبرلین‌ها در رشد طولی سلول‌ها، به‌ویژه میانگره‌های ساقه و نیز اکسین و سیتوکینین در تقسیم سلولی نقش دارند، لذا به‌نظر می‌رسد که باکتری‌های مورد استفاده، با تولید هورمون‌های مزبور (۱۷)

جدول ۳. مقایسه میانگین صفات مورد اندازه‌گیری بین سطوح مختلف کود در دو رقم جو

تیمار کودی	ارتفاع ساقه (سانتی‌متر)	قطر ساقه (میلی‌متر)	کلروفیل a (mg/m^2)	کلروفیل b (mg/m^2)	فسفر (mg/dl)	آهن (mg/dl)	کلسیم (mg/dl)	عملکرد زیستی (گرم در بوته)
تلقیح+ ۱۰۰٪ کود فسفر	۶۸/۹۸ a	۶/۰۱ a	۲۲/۷۱ b	۱۴/۹۷ a	۶/۰۵ a	۲/۱۶ b	۴/۳۲ a	۵۷/۵۵ a
تلقیح+ ۷۵٪ کود فسفر	۶۵/۴۷ b	۶/۰۱ a	۲۸/۳۷ a	۱۴/۱۹ b	۵/۱۴ b	۲/۳۷ a	۴/۲۳ b	۵۰/۳۰ b
تلقیح+ ۵۰٪ کود فسفر	۶۰/۴۲ c	۵/۶۳ ab	۱۹/۳۵ c	۱۲/۳۸ c	۴/۵۹ c	۱/۵۵ c	۳/۴۷ c	۴۱/۵۴ c
تلقیح+ بدون کود فسفر	۵۵/۸۱ d	۴/۹۶ bc	۱۷/۶۱ d	۱۰/۷۸ d	۳/۷۸ d	۱/۰۹ d	۲/۷۵ d	۲۸/۷۷ d
بدون تلقیح+ بدون کود فسفر	۴۳/۱۶ e	۴/۵ c	۱۳/۲۱ e	۷/۵۵ e	۲/۵۱ e	۰/۴۷ e	۱/۰۴ e	۲۳/۴۱ e

اعداد داخل هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارند. میانگین‌ها به روش آزمون دانکن و در سطح ۵٪ مقایسه شده‌اند.

جدول ۴. مقایسه میانگین صفات مورد اندازه‌گیری دو رقم جو

ارقام	ارتفاع ساقه اصلی (cm)	قطر ساقه اصلی(mm)	کلروفیل a (mg/m^2)	کلروفیل b (mg/m^2)	آهن (mg/dl)	فسفر (mg/dl)	کلسیم (mg/dl)	عملکرد زیستی (گرم در بوته)
فصیح	۵۷/۷۷a	۵/۳۱a	۲۰/۲۸a	۱۱/۴۸b	۲/۴۶a	۳/۲۸a	۵/۱۲a	۳۰/۲۲b
بهمن	۵۹/۷۶a	۵/۶۵a	۲۰/۲۲a	۱۲/۴۷a	۱/۰۷b	۳/۱۹b	۳/۸b	۴۱/۴۱a

اعداد داخل هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارند. میانگین‌ها به روش آزمون دانکن و در سطح ۵٪ مقایسه شده‌اند.

سبب افزایش ارتفاع بوته شده‌اند. به‌طوری‌که می‌توان اثر باکتری بر افزایش رشد ساقه را به تولید اکسین و جیبرلین تعمیم داد. تلقیح سویه‌های سودوموناس فلورسنس سبب افزایش ارتفاع گیاهان تلقیح شده در مقایسه با شاهد گردید (۲۱). نتایج نوید و همکاران (۲۷) نیز حاکی از اثر افزاینده این ریزجانداران بر ارتفاع گیاه ذرت می‌باشد. هم‌چنین، مشخص شد که سودوموناس فلورسنس سبب افزایش ارتفاع گیاهانی چون گوجه‌فرنگی و برنج شده است (۲۵).

قطر ساقه در پاسخ به سطوح کودی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. اثر رقم نیز در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار گزارش شد. اما اثر متقابل کود در رقم معنی‌دار نبود (جدول ۲). تلقیح بذر با باکتری+ ۱۰۰٪ کود شیمیایی فسفر، تلقیح بذر با باکتری+ ۷۵٪ کود شیمیایی فسفر و تلقیح بذر با باکتری+ ۵۰٪ کود شیمیایی فسفر در یک گروه آماری قرار گرفتند و دارای بیشترین قطر ساقه بودند. تبمار شاهد نیز از قطر کمتری برخوردار بود (جدول ۳). دلیل افزایش قطر ساقه در تیمار حاوی باکتری را می‌توان به تجمع مواد و وزن خشک بیشتر گیاه نسبت داد (۵). این امر می‌تواند مربوط به تولید و ترشح ترکیبات تحریک‌کننده رشد گیاه و یا برخی هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد باشد که توسط ریزموجودات در خاک تولید شده و رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۵). حمیدی و همکاران (۴) نیز اثر مثبت باکتری‌های محرک رشد بر قطر ساقه ذرت را ارائه کرده‌اند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که اثر رقم بر کلروفیل a معنی‌دار نبود؛ هر چند که اثر رقم بر کلروفیل b در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. اثر کود و اثر متقابل کود در رقم بر هر

دو کلروفیل a و b در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین میزان کلروفیل a در تیمار تلقیح بذر با ۷۵٪ کود شیمیایی فسفر به‌دست آمد. بیشترین میزان کلروفیل b نیز در تیمار تلقیح بذر با ۱۰۰٪ کود شیمیایی فسفر مشاهده شد؛ هر چند که با تیمار تلقیح بذر با ۷۵٪ کود شیمیایی فسفر اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۳). رقم فصیح نسبت به رقم بهمن میزان کلروفیل a بیشتری داشت (هر چند که این اختلاف معنی‌دار نبود). اما از نظر کلروفیل b در سطح پائین‌تری قرار گرفت (جدول ۴). در ضمن بیشترین میزان کلروفیل a در تیمار تلقیح بذر با ۷۵٪ کود شیمیایی فسفر و رقم بهمن مشاهده شد (جدول ۵). به نظر می‌رسد که دلیل این افزایش جذب بیشتر عناصری چون آهن و منیزیم باشد که نقشی اساسی در ساختمان کلروفیل دارند. بیان شده که باکتری سودوموناس بر میزان کلروفیل تأثیر معنی‌داری داشته است. این افزایش کلروفیل را به افزایش فعالیت آنزیم‌هایی مانند کاتالاز و پراکسیداز نسبت داده‌اند (۲۱). نقش این آنزیم‌ها در سنتز کلروفیل یک فاکتور مهم محسوب می‌شود. بنابراین می‌توان گفت که با ازدیاد میزان کلروفیل، فتوسنتز و در نهایت میزان اسیمیلاسیون و کربوهیدرات در جو افزایش یافته و بر تجمع مواد خشک تولیدی مؤثر واقع می‌شود. حیدری و گلپایگانی (۱۸) عنوان کردند که تلقیح بذر *Ocimum basilicum* با سودوموناس باعث افزایش میزان کلروفیل برگ می‌شود.

تأثیر رقم، کود و برهمکنش رقم در کود بر میزان فسفر گیاه در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین و کمترین میزان فسفر به‌ترتیب در تیمارهای تلقیح بذر+ ۱۰۰٪ کود شیمیایی فسفر و شاهد به‌دست آمد (جدول ۳). رقم فصیح نیز از نظر میزان فسفر بر رقم بهمن برتری داشت (جدول ۴). تیمار تلقیح بذر+ ۱۰۰٪ کود شیمیایی فسفر و رقم فصیح دارای بیشترین میزان فسفر بود، هر چند که با تیمار تلقیح بذر+ ۷۵٪ کود شیمیایی فسفر و رقم فصیح اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۵). افزایش غلظت فسفر باعث افزایش خطی عملکرد زیستی گیاه شد (شکل ۱). افزایش هورمون‌های گیاهی باعث جذب بیشتر عناصر می‌شود. جذب عناصر غذایی توسط گیاه تابع دو عامل رشد سامانه ریشه و فراهمی عناصر غذایی در خاک می‌باشد. محققین زیادی نقش اتیلن در تغییرات مورفولوژیک سیستم ریشه‌ای را بیان کرده‌اند که خود می‌تواند بر جذب عناصر غذایی توسط ریشه مؤثر باشد (۸). زیست‌ساخت اتیلن تا حد زیادی تحت تأثیر قابلیت استفاده عناصر غذایی و به‌ویژه فراهمی فسفر می‌باشد (۳۳). افزایش غلظت فسفر در عدس تلقیح شده با باکتری *P. diminuta* به میزان ۳۸٪ گزارش شده است (۲۳). نیمان و همکاران (۲۶) نیز نشان دادند که برخی سویه‌های باکتری جنس سودوموناس قادر به تولید سیتوکینین و فسفر آلی محلول می‌باشند.

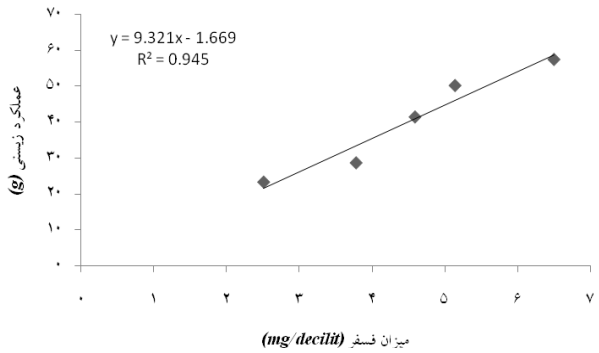
تأثیر کود و برهمکنش رقم در کود بر غلظت آهن بافت گیاهی در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. اما رقم اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). بیشترین و کمترین غلظت آهن به‌ترتیب در تیمارهای تلقیح بذر+ ۷۵٪ کود شیمیایی فسفر و شاهد به‌دست آمد (جدول ۳). رقم فصیح نیز از نظر غلظت آهن بر رقم بهمن برتری داشت (جدول ۴). تیمار تلقیح بذر+ ۷۵٪ کود شیمیایی فسفر و رقم فصیح دارای بیشترین غلظت آهن بود (جدول ۵). میزان آهن جذب شده توسط گیاه نیز رابطه نمائی با عملکرد زیستی داشت (شکل ۲). این نتایج دور از انتظار نیست، زیرا باکتری‌های محرک رشد توانایی تولید سیدروفور و افزایش سطح آهن را در گیاه دارند (۳۰). این نتایج با نتایج پراشان و همکاران (۳۰) مطابقت دارد. آنها بیان کردند که باکتری‌های محرک رشد قادر به تولید سیدروفور (ماده‌ای با وزن مولکولی کم) در پاسخ به کمبود عنصر آهن، برای جذب بهتر این عنصر می‌باشد. در ضمن اختر و همکاران (۹) متوجه اثر افزایشی باکتری‌های محرک رشد بر سطح سیدروفور در گندم شدند که در رشد گیاه مؤثر بود.

تأثیر کود و برهمکنش رقم در کود بر میزان کلسیم بافت گیاهی در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. اما اثر رقم در سطح ۵٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین و کمترین میزان کلسیم به‌ترتیب در تیمارهای تلقیح + ۱۰۰٪ کود فسفر و شاهد به‌دست

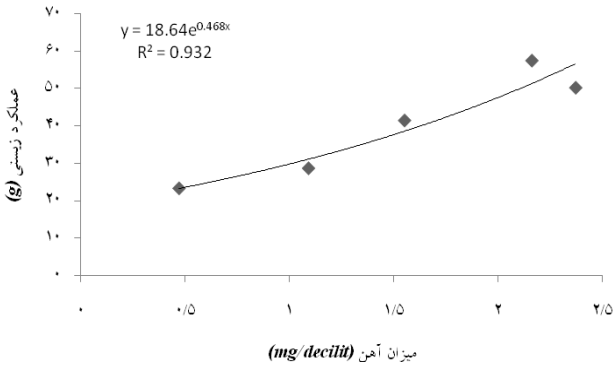
جدول ۵. مقایسه میانگین برهمکنش دو رقم جو در سطوح مختلف کودی بر صفات مورد اندازه‌گیری

سطح کود	کلروفیل a (mg/m^2)	کلسیم (mg/dl)	آهن (mg/dl)	فسفر (mg/dl)	عملکرد زیستی (گرم در بوته)
تلقیح+۱۰۰٪کود فسفر+فصیح	۲۲/۴۴d	۴/۲۳b	۱/۸d	۶/۴۳a	۵۵/۹۲b
تلقیح+۷۵٪کود فسفر+ فصیح	۲۷/۸۶b	۵/۱۳a	۲/۶a	۶/۳۴a	۴۸/۶d
تلقیح+۵۰٪کود فسفر+ فصیح	۱۹/۹۲e	۳/۳۴e	۱/۵f	۵/۳۸c	۳۹/۶۹f
تلقیح+بدون کود فسفر+ فصیح	۱۷/۸۴g	۲/۲g	۱/۱۵g	۴/۵d	۲۹/۲۴g
بدون تلقیح+بدون کود فسفر+ فصیح	۱۳/۳۶i	۱/۰۴h	۰/۵۲i	۲/۹۵h	۲۲/۶۷j
تلقیح+۱۰۰٪کود فسفر+بهمن	۲۲/۹۸c	۴/۲۳b	۲/۵۲b	۵/۶۱b	۵۹/۱۸a
تلقیح+۷۵٪کود فسفر+بهمن	۲۸/۸۹a	۳/۵۱d	۲/۱۳c	۳/۹۴e	۵۲c
تلقیح+۵۰٪کود فسفر+بهمن	۱۸/۷۷f	۳/۵۹c	۱/۶۱e	۳/۸f	۴۳/۳۸e
تلقیح+بدون کود فسفر+بهمن	۱۷/۳۸h	۳/۳f	۱/۰۴h	۳/۰۷g	۲۸/۳۱h
بدون تلقیح+بدون کود فسفر+بهمن	۱۳/۰۷j	۱/۰۴h	۰/۴۲j	۱/۶۲i	۲۴/۱۶i

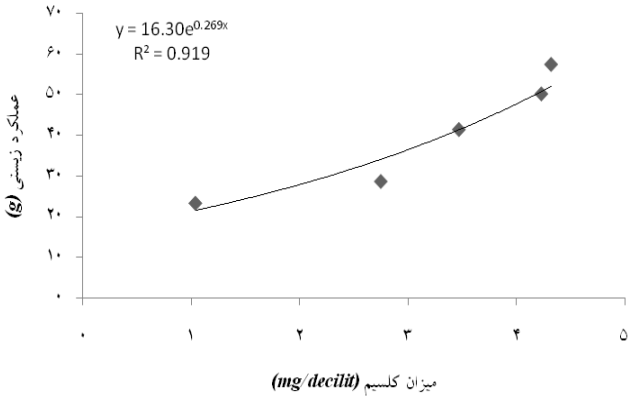
اعداد داخل هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارند. میانگین‌ها به روش آزمون دانکن و در سطح ۵٪ مقایسه شده‌اند.



شکل ۱. رابطه بین میزان فسفر جذب شده و عملکرد زیستی



شکل ۲. رابطه بین میزان آهن جذب شده و عملکرد زیستی



شکل ۳. رابطه بین میزان کلسیم جذب شده و عملکرد زیستی

آمد (جدول ۳). رقم فصیح نیز از نظر میزان کلسیم بر رقم بهمن برتری داشت (جدول ۴). تیمار تلقیح + ۷۵٪ کود فسفر و رقم فصیح دارای بیشترین میزان کلسیم بود (جدول ۵). میزان کلسیم جذب شده توسط گیاه رابطه نمائی با عملکرد زیستی داشت (شکل ۳). وسی (۳۶) بیان نمود که باکتری‌های محرک رشد، نقش زیادی در جذب مواد غذایی در گیاه دارند و باعث افزایش قابلیت دسترسی عناصر می‌شوند. افزایش کلسیم می‌تواند ناشی از تأثیر باکتری در توسعه سیستم ریشه و متعاقب آن جذب بهتر کلسیم باشد (۱۱). افزایش جذب کلسیم به‌دلیل تولید اکسین در گیاهچه‌های پنبه که با سودوموناس تلقیح شده بودند نیز گزارش شده است (۳۷). دارسون و همکاران (۱۶) بیان نمودند که باکتری‌های محرک رشد سبب افزایش سطح منیزیم در خیار و گوجه شدند. کاراکورت و اسلانتاس (۲۰) بیان کردند که باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش جذب عناصر در گیاهان می‌شوند. به نظر می‌رسد که تولید هورمون‌های گیاهی و تأثیر باکتری بر رشد و توسعه سیستم ریشه‌ای، عامل مؤثر در افزایش جذب عناصر غذایی باشد. به‌طوری‌که دلیل افزایش عملکرد به جذب عناصری مانند فسفر، منیزیم، کلسیم و آهن نسبت داده می‌شود (۱۹). تلقیح بذر پنبه با سودوموناس نیز منجر به افزایش جذب منیزیم شده است (۳۷).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر کود، رقم و برهمکنش کود در رقم بر عملکرد زیستی گیاه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمار تلقیح بذر به همراه ۱۰۰٪ کود شیمیایی فسفر دارای بیشترین عملکرد زیستی گیاه بود و کمترین آن در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۳). رقم بهمن نیز از نظر میزان عملکرد زیستی بر رقم فصیح برتری داشت (جدول ۴). افزایش وزن خشک بوته بیانگر افزایش رشد رویشی است و میزان وزن خشک بیشتر از نظر ذخیره مواد قابل انتقال اهمیت دارد (۵). افتخاری و همکاران (۲) نیز گزارش دادند که سودوموناس باعث افزایش عملکرد دانه و ماده خشک تولیدی در جو می‌شود. توران و همکاران (۳۵) بیشترین میزان وزن خشک اندام هوائی در گوجه‌فرنگی را در تیمار استفاده توأم از کود شیمیائی و تلقیح با باسیلوس عنوان کردند. پیرومیو و همکاران (۲۹) به این نتیجه رسیدند که تلقیح بذر ذرت علوفه‌ای با سودوموناس و باسیلوس باعث افزایش وزن خشک گیاه می‌شود.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد باکتری‌های محرک رشد تا حدی سبب افزایش رشد و میزان جذب عناصر غذایی در گیاه جو شد. به نظر می‌رسد این افزایش عمدتاً به‌دلیل تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه توسط باکتری و اثر آنها بر رشد ریشه بود که جذب آب و مواد غذایی از خاک را بهبود بخشید.

افزایش میزان جذب عناصر غذایی توسط گیاه باعث افزایش تجمع ماده خشک گیاه شد. شرایط تغذیه‌ای خاک و متعاقب آن، تعادل کاتیون‌ها و آنیون‌ها و توانایی جذب عناصر در ریزوسفر، نقش مهمی در ترکیب و مقدار تراوه‌های ریشه، به‌خصوص اسیدهای آلی، رشد ریزجانداران و تأثیر آنها بر گیاه میزبان دارد. حتی عناصر غذایی به‌طور مستقیم نیز موجب افزایش رشد و توسعه سامانه ریشه می‌شوند. یافته‌های این تحقیق نشان داد که رقم بهمن در شرایط شمال کشور بهتر از رقم فصیح است.

هم‌چنین، باکتری‌های محرک رشد همراه با کاربرد ۱۰۰٪ کود شیمیایی، به‌دلیل تأثیر بر افزایش جذب عناصر غذایی به‌ویژه فسفر، می‌توانند منجر به افزایش وزن خشک گردند. البته با توجه به این‌که نتایج این تحقیق در شرایط خاک اسیدی ضعیف به‌دست آمده است و از آنجا که اکثر خاک‌های کشور دارای اسیدیته قلیایی می‌باشند، لذا پیشنهاد می‌گردد که این آزمایش در خاک با شرایط قلیایی نیز اجرا گردد.

منابع مورد استفاده

۱. امام، ی. ۱۳۸۶. زراعت غلات. انتشارات دانشگاه شیراز، ۱۷۳صفحه.

۲. افتخاری، س. ق.، ع. ر. فلاح نصرت آباد، غ. ع. اکبری، ع. محدثی و ا. اله دادی. ۱۳۸۸. اثر باکتری‌های حل‌کننده فسفات و کودهای فسفاته بر چگونگی رشد گیاه برنج. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب) ۲۳(۲): ۲۲۹-۲۳۸.

۳. حجازی، ا.، م. شاهوردی و ج. آردفروش. ۱۳۸۳. روش‌های شاخص در تجزیه گیاهی. (ترجمه). انتشارات دانشگاه تهران، ۳۰۱ صفحه.

۴. حمیدی، آ.، ا. اصغرزاده، ر. چوگان، م. دهقان شعار، ا. قلاوند و م. ج. ملکوتی. ۱۳۸۸. اثر استفاده از باکتری‌های افزاینده رشد گیاه (*PGPR*) بر فنولوژی دورگ‌های دیررس ذرت. مجله علوم زراعی ایران ۱۱(۳): ۲۴۹-۲۷۰.

۵. کوچکی، ع.، ل. تبریزی و ر. قربانی. ۱۳۸۷. ارزیابی اثر کودهای بیولوژیکی بر ویژگی‌های رشد، عملکرد و خصوصیات کیفی گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis*). مجله پژوهش‌های زراعی ایران ۶(۱): ۱۲۷-۱۳۷.

۶. ملکوتی، م. ج. و م. همائی. ۱۳۷۲. حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک: مشکلات و راه‌حل‌ها. چاپ اول، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ۴۹۴ صفحه.

۷. نتایج طرح آمارگیری نمونه‌ای گندم و جو سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷. معاونت امور برنامه‌ریزی، اقتصادی و بین‌المللی، دفتر آمار و فناوری اطلاعات، وزارت جهاد کشاورزی، ۵۰ صفحه.

8. Afzal, A., M. Ashraf, S.A. Asad and M. Farooq. 2005. Effect of phosphate solubilizing microorganisms on phosphorus uptake, yield and yield traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) in rainfed area. Intl. J. Agric. Biol. 7: 207-209.
9. Akhtar, M.J., H.N. Asghar, K. Shahzad and M. Arshad. 2009. Role of plant growth promoting rhizobacteria applied in combination with compost and mineral fertilizers to improve growth and yield of wheat. Pak. J. Bot. 41(1): 381-390.
10. Alef, K. and P. Nannipieri. 1995. Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. Academic Press, N. Y.
11. Alikhani, H.A. and B. Yakhchali. 2009. Potential use of Iranian rhizobial strains as plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) and effects of selected strains on growth characteristics of wheat, corn and alfalfa. Desert, online at http://jdesert.ut.ac.ir.
12. Antoun, H. and J. Kloepper. 2001. Plant Growth Promotion Rhizobacteria. Academic Press, USA.
13. Bashan, Y. and G. Holguin. 1997. *Azospirillum*-plant relationships: Environmental and physiological advances. Can. J. Microbiol. 43: 103-121.
14. Bashan, Y. and G. Holguin. 1998. Proposal for the division of plant growth-promoting rhizobacteria into two classifications: Biocontrol-PGPB (Plant Growth-Promoting Bacteria) and PGPB. Soil Biol. Biochem. 30: 1225-1228.

15. Dere, S., T. Gunes and R. Sivaci. 1998. Spectrophotometric determination of chlorophyll - A, B and total carotenoid contents of some algae species using different solvents. Turk. J. Bot. 22: 13-17.
16. Dursun, A., M.E. Kinci and M.F. Donmez. 2010. Effects of foliar application of plant growth promoting bacterium on chemical contents, yield and growth of tomato (*Lycopersicom esculentus* L.) and cucumber (*Cucumis sativus* L.). Pak. J. Bot. 42(5): 3349-3356.
17. Gutierrez-Manero, F.J., B. Ramos-Solano, A. Probanza, J. Mehouachi, F.R. Tadeo and M. Talon. 2001. The plant-growth-promoting Rhizobacteria *Bacillus pumilus* and *Bacillus licheniformis* produce high amounts of physiologically active gibberellins. Plant Physiol. 111: 206-211.
18. Heidari, M. and A. Golpayegani. 2011. Effects of water stress and inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on antioxidant status and photosynthetic pigments in basil (*Ocimum basilicum* L.). J. Saudi Soc. Agric. Sci. 23: 1-5.
19. Kant, C., A. Aydlen, M. Turan and Y. Huang. 2010. Mitigation of N and P leaching from irrigated wheat area as influence plant growth promoting rhizobacteria (PGPR). Romanian Biotechnological Letters Copyright, University of Bucharest.
20. Karakurt, H. and R. Aslantas. 2010. Effects of some plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) strains on plant growth and leaf nutrient content of apple. J. Fruit Ornament. Plant Res. 18(1): 101-110.
21. Kavino, M., S. Harish, N. Kumar, D. Saravanakumar and R. Samiyappan. 2010. Effect of chitinolytic PGPR on growth, yield and physiological attributes of banana (*Musa spp.*) under field conditions. Appl. Soil Ecol. 45: 71-77.
22. Kloepper, J.W., R.M. Zablowicz, B. Tipping and R. Lifshitz. 1991. Plant growth mediated by bacterial rhizosphere colonizers. PP. 315-326. *In*: Keister, D.L. and B. Gregan (Eds.), The Rhizosphere and Plant Growth, BARC Symposium.
23. Kumar, R. and R. Chandra. 2008. Influence of PGPR and PSB on *Rhizobium leguminosarum* Bv. *viciae* strain competition and symbiotic performance in lentil. World J. Agric. Sci. 4(3): 297-301.
24. Mader, P., F. Kaiser, A. Adholeya, R. Singh, H.S. Uppal, A.K. Sharma, R. Srivastava, V. Sahai, M. Aragno, A. Wiemken, B.N. Johri and P.M. Fried. 2011. Inoculation of root microorganisms for sustainable wheat– rice and wheat– black gram rotations in India. Soil Biol. Biochem. 43: 609-619.
25. Minorsky, P.V. 2008. On the inside. Plant Physiol. 146: 323-324.
26. Naiman, A.D., I.E. Alejandra Latronico and G. de Salamone. 2009. Inoculation of wheat with *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens*: Impact on the production and culturable rhizosphere microflora. Eur. J. Soil Biol. 45: 44-51.
27. Naveed, M., M. Khalid, D.L. Jones, R. Ahmad and Z.A. Zahir. 2008. Relative efficacy of *Pseudomonas spp.* containing ACC-deaminase for improving growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in the presence of organic fertilizer. Pak. J. Bot. 40(3): 1243-1251.
28. Neeraj, K. and J.S. Singh. 2011. Organic amendments to soil inoculated arbuscular mycorrhizal fungi and *Pseudomonas fluorescens* treatments reduce the development of root-rot disease and enhance the yield of *Phaseolus vulgaris* L. Eur. J. Soil Biol. 47: 288-295.
29. Piromyou, P., B. Buranabanyat, P. Tantasawat, P. Tittabutr, N. Boonkerd and N. Teaumroong. 2011. Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) inoculation on microbial community structure in rhizosphere of forage corn cultivated in Thailand. Eur. J. Soil Biol. 47: 44-45.
30. Prashan, S.D., R. Makarand, C. Bhushan and C. Sudhir. 2009. Sidrophor *geniacinetobacter calcoaceticus* isolated from wheat rhizosphere with strong PGPR activity. Malaysian J. Microbiol. 5(1): 6-12.
31. Rejili, M., M. Mahdhi, A. Fterich, S. Dhaoui, I. Guefrachi, R. Abdeddayam and M. Mars. 2012. Symbiotic nitrogen fixation of wild legumes in Tunisia: Soil fertility dynamics, field nodulation and nodules effectiveness. Agric., Ecosys. Environ., In Press, Corrected Proof Available Online, 13 Feb. 2012.
32. Saharan, B.S. and V. Nehra. 2011. Plant growth promoting rhizobacteria: A critical review. Life Sci. Med. Res. 21: 1-29.
33. Shaharoona, B., M. Arshad, Z.A. Zahir and A. Khalid. 2006. Performance of *Pseudomonas spp.* containing ACC-deaminase for improving growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in the presence of nitrogenous fertilizer. Soil Biol. Biochem. 38: 2971-2975.
34. Singh, J.S., V.C. Pandey and D.P. Singh. 2011. Efficient soil microorganisms: A new dimension for sustainable agriculture and environmental development. Agric. Ecosys. Environ. 140: 339–353.
35. Turan, M., N. Ataoglu and F. Sahin. 2006. Evaluation of the capacity of phosphate solubilizing bacteria and fungi on different forms of phosphorus in liquid culture. Sustain. Agric. 28: 99-108.
36. Vessey, F. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant Soil 255 (2): 571-586.

37. Yao, L., Z. Wu, Y. Zheng, I. Kaleem and C. Li. 2010. Growth promotion and protection against salt stress by *Pseudomonas putida* Rs-198 on cotton. Eur. J. Soil Biol. 46: 49-54.
38. Yasari, E., A.M. Patwardhan, V.S. Ghole, O. Ghasemi Chapi and A. Asgarzadeh. 2007. Biofertilizers impact on canola (*Brassica napus* L.) seed yield and quality. Asian J. Microbiol. Biotechnol. Environ. Sci. 9(3): 701-707.
39. Yu, X., X. Liu, T.H. Zhu, G.H. Liu and C. Mao. 2012. Co-inoculation with phosphate-solubilizing and nitrogen-fixing bacteria on solubilization of rock phosphate and their effect on growth promotion and nutrient uptake by walnut. Eur. J. Soil Biol. 90: 112-117.

Effect of *Pseudomonas fluorescens* strain 103 integrated with phosphorus fertilizer on nutrients concentration and biological yield of two barley cultivars in greenhouse conditions

S. M. R. Ehteshami[1]*, M. Pourebrahimi[1] and K. Khavazi[2]

(Received: 01 Oct-2012 ; Accepted: 13 May-2013)

Abstract

In order to investigate the effect of integrated management of phosphorus (P) fertilizer and phosphate solubilizing microorganisms on nutrients concentration and yield of two barley cultivars, a factorial greenhouse experiment was carried out based on randomized complete blocks design with three replications in 2011. Treatments consisted of two barley cultivars (Bahman and Fasih) and five types of P fertilizer management (seed inoculation with *Pseudomonas fluorescens* strain 103 + 100% recommended P fertilizer, seed inoculation with *P. fluorescens* strain 103 + 75% recommended P fertilizer, seed inoculation with *P. fluorescens* strain 103 + 50% recommended P fertilizer, seed inoculation with *P. fluorescens* strain 103 + no use of P fertilizer, and no inoculation and no use of P fertilizer as control). The results showed that increasing P fertilizer application increased significantly the plant height, main stem diameter, chlorophyll *a* and *b* and biological yield of the two barley cultivars. The highest main stem height, chlorophyll *b* content, nutrients concentration and plant dry weight was obtained at seed inoculation + 100% recommended P fertilizer treatment. Maximum stem diameter and chlorophyll *a* was observed at seed inoculation + 75% recommended P fertilizer. Also, Bahman cultivar had the highest forage production as compared to Fasih cultivar. According to the results, it can be stated that integrated management of growth promoting bacteria and improves yield and nutrients' concentration.

Keywords: Integrated management, Seed inoculation, Pseudomonas, Chlorophyll.

1. Dept. of Agron., College of Agric., Univ. of Guilan, Rasht, Iran.
2. Soil and Water Res. Inst., Karaj, Iran.
*: Corresponding Author, Email: smrehteshami@yahoo.com