اثر باکتری باسیلوس سوبتلیس و مقادیر کودشیمیایی سوپرفسفات تریپل بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم برنج (علی کاظمی و هاشمی)

نسیم نکیسا[1]، حسین بشارتی و حمید رضا دورودیان

کارشناس ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاداسلامی واحد لاهیجان، لاهیجان ایران؛ R.ra1387@yahoo.com

دانشیار بیولوژی خاک، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج ، ایران؛ Besharati1350@yahoo.com

استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی لاهیجان، لاهیجان، ایران؛ Darya717@gmail.com

دریافت: 91/9/19 و پذیرش: 94/3/26

چکیده

به منظور بررسی اثر باکتری‌های حل کننده فسفات و کود شیمیایی فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم برنج (علی کاظمی و هاشمی) آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در 3 تکرار در سال زراعی 1390 در شهرستان سیاهکل اجراء شد. فاکتورهای آزمایشی شامل ارقام (علی کاظمی و هاشمی)، کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل در 3 سطح (شاهد، 25، 50 کیلوگرم) و باکتری حل کننده فسفات در 2 سطح (شاهد و باکتری *Bacillus subtilis*) بودند. نتایج آزمایش نشان داد که اثر سطوح مختلف باکتری و اثرات متقابل رقم وکود فسفره، رقم و باکتری، و کود شیمیایی فسفره و باکتری بر عملکرد شلتوک معنی دار شد. بیشترین عملکرد شلتوک در تیمار کاربرد باکتری *Bacillus subtilis* در رقم هاشمی بدست آمد. بالاترین شاخص برداشت در رقم هاشمی با مصرف 25 کیلوگرم کود فسفر و با کاربرد باکتری مشاهده شد. بیشترین تعداد پنجه در بوته با کاربرد 50 کیلوگرم کود شیمیایی فسفر در رقم هاشمی بدست آمد و شلتوک های رقم علی کاظمی که باکتری حل کننده فسفات دریافت کرده بودند بیشترین وزن هزار دانه را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: باکتری‌های حل کننده فسفات، شلتوک، کود فسفر

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: لاهیجان، دانشگاه آزاد لاهیجان، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نبات

مقدمه

برنج به عنوان یکی از مهم‌ترین غلات دنیا، غذای اصلی بیش از دو میلیارد نفر را در آسیا و صدها میلیون نفر را در آفریقا و آمریکای لاتین تشکیل می‌دهد، بطوری‌که این محصول، پروتئین و کالری حدود 40 درصد از مردم جهان را تأمین می‌کند (اسلیپر و همکاران، 2006). مصرف غیراصولی و غیرعلمی کودهای مختلف در شالیزار بدون برنامه‌ریزی و مطالعه موجب بر هم خوردن تعادل و بروز یکسری اختلالات تغذیه‌ای در گیاه برنج می‌گردد که این امر در نهایت ناپایداری تولید را بدنبال خواهد داشت (شکری واحد، 1386). فسفر یکی از مهمترین عناصر ضروری مورد نیاز گیاهان است که باعث افزایش رشد و قوی‌تر شدن ریشه ها، قوی و ضخیم شدن ساقه ا، پرحجم شدن دانه ها، افزایش میزان عملکرد و زودرسی محصول شده و در تلقیح گل‌ها دخالت دارد (ایران نژاد،1381). مصرف زیاد و مداوم فسفر باعث مسمومیت خاک می‌شود و علاوه بر کاهش جذب بعضی عناصر غذایی بویژه روی، بعلت به همراه داشتن عنصر کادمیم (عنصری سنگین و خطرناک)، مشکلاتی را برای سلامتی انسان به همراه دارد (ویلچ، 2003). نتایج برخی بررسی ها نشان می‌دهد که افزایش مصرف کودهای فسفره در برخی موارد به علت برهم زدن تعادل عناصر غذایی، حتی موجب کاهش عملکرد گردیده است (کریمیان، 1377).

وایت‌لا (2000) گزارش داد که مقادیر زیادی از فسفر موجود در کودهای شیمیایی بعد از ورود به خاک نامحلول شده به طوری‌که در خاک‌های آهکی به ترکیبات نامحلول کلسیم (رحمت الله و همکاران، 1994) و منیزیم و در خاک‌های اسیدی به فسفات آهن و آلومنیوم غیر قابل جذب (ونس، 2003 و امیر آبادی، 1388) تبدیل شده و از دسترس گیاه خارج می‌شود.

استفاده بهینه از میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات یک راه کار سازگار با محیط‌زیست و اقتصادی و عملی برای بهبود محصول در خاک‌هایی با کمبود فسفرقابل جذب می‌باشد. این میکروارگانیسم‌ها می‌توانند شکل نامحلول فسفر را به شکل محلول مورد استفاده گیاه تبدیل نماید (بانیک وهمکاران، 1982). میکروارگانیسم-های حل کننده فسفات به گروهی از ریز جانداران خاکزی اطلاق می‌گردد که بعنوان اجزا مکمل چرخه فسفر قادرند از طریق مکانیسم‌های مختلف فسفر را از منابع نامحلول آزاد کنند (صالح راستین،1380). باکتری‌ها و قارچ‌های حل کننده فسفات که ساکن ریزوسفر هستند (بارا و همکاران، 1975) قادرند با مکانیسم‌هایی مانند تولید و ترشح اسیدهای آلی در حلالیت فسفات‌های معدنی کم محلول، مؤثر باشند. علاوه بر آن بسیاری از آنها با تولید آنزیم های فسفاتاز، آزاد شدن فسفر از ترکیب‌های آلی فسفردار را موجب می‌شوند (بوون و همکاران، 1999). نتایج تلقیح گیاهان زراعی مانند گندم، برنج، سیب‌زمینی با انواعی از باکتری‌ها همراه با افزودن سنگ فسفات موجب افزایش معنی‌داری در میزان تولید محصول آنها شد (فلاح نصرت آباد،1382). نتایج آزمایش جعفر زاده (1389) نشان داد که اثر متقابل بین فسفر و باکتری‌ها بر میزان جذب عناصر کم مصرف معنی‌دار بوده و به نحو مطلوبی نسبت به شاهد افزایش نشان می‌دهند. میزان جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی و مس نیز در پی تلقیح مضاعف باکتری‌های حلال فسفر به طور معنی‌داری افزایش یافت (نظارت، 1388).

کاربرد باکتری حل کننده فسفر سودوموناس پوتیدا باعث افزایش عملکرد، تعداد پنجه در بوته، عملکرد ماده خشک علوفه، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه گیاه جو شده است (حسن زاده، 1381). جعفر زاده (1389) نیز گزارش کرد که اثر متقابل بین کود فسفر و باکتری‌های PGPR با خاصیت حل کنندگی فسفات بر میزان جذب عناصر میکرو وجود دارد و کاربرد باکتری بهمراه 50 کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل بیشترین تأثیر بر جذب عناصر ریزمغذی داشته است. نتایج حاصل از مصرف کودهای بیولوژیک فسفاته (سودوموناس و باسیلوس) در مقایسه با کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل در مورد ذرت، سویا و گندم موید اثرات رضایت بخش این باکتری‌ها می‌باشد؛ بطوریکه مشخص گردید باکتری‌های سودوموناس و باسیلوس نه تنها بازده جذب کود را افزایش داد بلکه باعث افزایش قابل ملاحظه عملکرد نیز شد (صالح راستین،1380).

مصرف کود میکروبی فسفاته سودوموناس و باسیلوس به جای کود شیمیایی فسفاته در سطح 7 استان گندم خیز کشور نشان داد که این کود به راحتی قابلیت رقابت با کودهای شیمیایی فسفاته را دارد و بطور متوسط موجب افزایش عملکرد دانه به میزان 576 کیلوگرم در هکتار نسبت به کود سوپرفسفات تریپل می‌شود (ملکوتی، 1378). گوون و همکاران (1997) در مطالعه جذب فسفر و تحریک رشد گیاه نخود توسط تلقیح باکتری‌های حل کننده فسفات معدنی و ریزوبیوم اعلام داشتند که رشد گیاه و غلظت فسفر و نیتروژن و همچنین راندمان گرهک زایی و فعالیت آنزیم نیتروژناز در اثر تلقیح باکتری‌های حل کننده فسفات بطور معنی‌داری افزایش یافت. مصرف سرک کود زیستی فسفاته یک ماه پس از انتقال نشاء برنج رقم هاشمی به مزرعه‌ای که 50% میزان توصیه شده کود

شیمیایی فسفاته دریافت کرده بود، 8 درصد معادل 462 کیلوگرم در هکتار نسبت به تیمار کود فسفر کامل افزایش محصول در پی داشت (شکری واحد، 1386).

تأمین و حفظ تعادل مواد غذایی گیاه و بهبود جذب نیتروژن و فسفر توسط ریشه گیاه، مهمترین مکانیسم متقابل بین گیاه و باکتری می‌باشد (کیانی راد، 1374). مطالعات صورت گرفته به منظور مقایسه اثرات کودهای شیمیایی و بیولوژیک حل کننده فسفات بر شاخص‌های رشد گیاه برنج نشان می‌دهد که منابع نامحلول فسفر مانند آپاتیت نه تنها منجربه افزایش رشد برنج نمی‌گردند بلکه کاهش صفات مهمی چون وزن اندام هوایی را در پی دارند و کاربرد کودهای بیولوژیک و یا شیمیایی برای برطرف کردن نیاز فسفر گیاه اجتناب ناپذیر است (افتخاری و همکاران، 1388). کاربرد باکتری‌های حل کننده فسفات جهت حلالیت منابع نامحلول ضروری است که در صورت کاربرد توأمان منجربه افزایش رشد گیاه می‌گردند. بیشترین عملکرد دانه گندم در تیمار ترکیب باکتری های آزاد کننده فسفر و قارچ آسپرژیلوس به همراه فسفات معدنی بدست آمد (بابانا و آنتون، 2006).

اثر باکتری‌های حل کننده ترکیبات فسفاته بر شاخص‌های رشدی و عملکردی گیاهان از جمله برنج به خوبی نشان داده شده است. نکته شایان توجه که در بسیاری از این بررسی‌ها به آن اشاره شده این است که اثربخشی کودهای زیستی حاوی میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات به نوع میکروارگانیسم (کارایی آن در انحلال ترکیبات آلی و معدنی فسفاته)، نوع گیاه، شرایط خاک و اقلیم و نیز نحوه مدیریت زراعی بستگی دارد. بنابراین اثربخشی یک باکتری بر روی یک گیاه در شرایط خاک و اقلیم و مدیریت خاص در بسیاری از موارد قابل تعمیم به سایر گیاهان و شرایط نبوده و برای پاسخ قاطع بایستی از طریق آزمایش در شرایط مورد نظر مشخص گردد.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که تحقیقات کاربردی که جنبه‌های زراعی تأثیرات باکتری باسیلوس سابتلیس در مزارع برنج و مقایسه آن با کودهای شیمیایی را در استان گیلان بررسی کرده باشد، انجام نشده است. با توجه به شرایط متفاوت خاک اراضی شالیزاری مورد آزمایش، اهمیت دو رقم برنج هاشمی و علی کاظمی و نیز شرایط متفاوت کشت برنج با سایر گیاهان زراعی، در آزمایش حاضر اثر باکتری‌های حل کننده فسفات (*Bacillus subtilis*) در گیاه برنج در شرایط مزرعه در مقایسه با کودهای شیمیایی فسفری مورد ارزیابی قرار گرفت.

تلفیق مناسب کودهای شیمیایی و کودهای بیولوژیک ضمن کاهش مصرف کودهای شیمیایی فسفره در ارقام بومی و حتی پرمحصول برنج باعث کاهش آلودگی محیط زیست می‌گردد و در نهایت می‌توان به عملکرد مورد انتظار نیز دست پیدا کرد. این آزمایش به منظور بررسی کارایی باکتری تسهیل کننده جذب فسفر به همراه مقادیر مختلف کودهای شیمیایی بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم برنج در استان گیلان اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی 1390 در مزرعه‌ای واقع در استان گیلان شهرستان سیاهکل انجام گرفت. میانگین بارندگی 6 ماه اول سال در هر ماه 83/3 میلی‌متر، میانگین حداقل درجه حرارت 16/7، میانگین حداکثر درجه حرارت25/6 سانتی‌گراد گزارش شده‌است. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 3 فاکتور در 3 تکرار در کرت‌هایی به ابعاد 4 × 5 متر اجراء شد. فاکتورهای آزمایش شامل رقم برنج در دو سطح (هاشمی و علی‌کاظمی)، کود شیمیایی سوپرفسفات تریپل با توجه به آزمون خاک و فسفر موجود (جدول 1) در سه سطح (0 و 25 و 50 کیلوگرم در هکتار) و باکتری در دو سطح (شاهد و باکتری *Bacillus subtilis*) بودند، که باکتری با جمعیت 10^7 سلول در هر میلی‌لیتر از موسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شد. با وجود حدود 11 میلیگرم فسفر محلول در هر کیلوگرم خاک، مصرف 50 کیلوگرم سوپرفسفات در خاک توصیه شده که نصف این میزان نیز از دیدگاه سیستم کم نهاده مورد استفاده قرار گرفت. کودهای شمیایی و مقادیر مورد استفاده از آنها با توجه به آزمون خاک (جدول 1) در این آزمایش عبارتند از: کود سولفات پتاسیم به میزان 200 کیلوگرم در هکتار به صورت پایه قبل از نشاءکاری و نیتروژن از منبع کود شیمیایی اوره در سه مرحله جمعاً به میزان 50 کیلوگرم در هکتار در زمان‌های پس از نشاءکاری، پنجه‌زنی و گلدهی به زمین داده‌شد. مقادیر کود سوپر فسفات تریپل در تیمارهای مربوطه بصورت پایه در زمان شخم در کرت‌های انتخابی داده شد.

با توجه به اینکه نیاز کودی ارقام محلی متفاوت است، واکنش ارقام علی کاظمی و هاشمی به عنوان دو رقم محلی بازارپسند و مورد توجه کشاورزان، در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت.

شخم اول در زمین حدود 2 ماه قبل از اجرای آزمایش انجام گرفت. بذرهای جوانه دار شده با تراکم 250 گرم در متر مربع در خزانه پاشیده شدند. انتقال نشاء

و آغشته ریشه گیاه با باکتری ها 26 اردیبهشت صورت گرفت. برای آغشته نمودن ریشه با باکتری، دسته‌های نشاء در محلول باکتری به مدت چند دقیقه فرو برده شده و بعد برای نشا کاری به زمین اصلی منتقل و در فواصل 20×20 سانتی متر کشت شد. صفات مورد اندازه‌گیری عبارت بودند از تعداد پنجه در هر بوته، تعداد خوشه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، شاخص برداشت. با مشاهده علائم رسیدگی برداشت از هر کرت بصورت سنتی انجام شد. همانطور که در جدول 1 آمده است فسفر خاک (10/96میلی‌گرم در گیلوگرم) در حد بحرانی برای برنج بوده و بیش بود فسفر در این آزمایش مزرعه به نظر می‌رسد.

فسفر برگ نیز در این اندازه‌گیری شد که با توجه به بالا بودن ضریب تغییرات و عدم اطمینان نتایج حاصله از ارائه آن خودداری شد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار MSTATC و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال یک و پنج درصد انجام شد.

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

درصد اجزای خاک			بافت	pH	شوری (dS/m)	کربن آلی %	موادخنثی شونده %	فسفرقابل جذب $mgkg^{-1}$	پتاسیم قابل جذب $mgkg^{-1}$
شن	سیلت	رس							
26/5	35	38/5	رس لوم	7/56	0/818	3/51	3/5	10/96	166/67

جدول 2- تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایش بر شاخص‌های اندازه‌گیری شده در دو رقم برنج

	درجه آزادی	وزن هزار دانه(گرم)	تعداد خوشه در هر بوته	تعداد پنجه در هر بوته	تعداد دانه	عملکرد شلتوک (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت(%)
تکرار	2	0/03 ns	4/31 ns	2/50 ns	38/35 ns	79570 ns	43/40*
ارقام	1	0/54**	0/14 ns	10/6 ns	145/24 ns	693 ns	7/08ns
سطوح کودشیمیایی فسفر	2	0/ 08*	1/68 ns	1/52 ns	119/54 ns	48855 ns	28 ns
اثر متقابل رقم و کودفسفره	2	0/01 ns	5/86*	8/24**	15/03 ns	619461**	146/89*
سطوح مختلف باکتری	1	0/08*	30/87**	412/2**	85/22 ns	2159920**	245/65 **
اثر متقابل رقم و وباکتری	1	0/07*	0/947**	1/24 ns	35/22 ns	188066*	53/68*
اثر متقابل کودشیمیایی فسفره وباکتری	2	0/04*	2/60 ns	0/11 ns	42/01 ns	135688*	108/83 **
اثر رقم و باکتری وکود فسفر	2	0/03 ns	0/25 ns	0/23 ns	9/72 ns	11128 ns	955/15 **
خطا	22	0/01	1/60	61/2	72/47	31239/80	9/938
ضریب تغییرات %		4/64	10/53	8/20	10/49	4/32	5/23

*و**و ns:به ترتیب معنی‌دار در سطح 5 و 1 درصد و بدون تفاوت معنی‌دار

جدول 3 - مقایسه میانگین اثرات اصلی در آزمایش

	تعداد خوشه در هر بوته	تعداد پنجه در هر بوته	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد شلتوک (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (%)
علی کاظمی	a11/95	a13/81 a13/55	a27/9	a4114	a58/83
هاشمی	a12/07		b25/4	a4146/33	a61/33
شاهد	a12/30	a14	b26	a4167/25	a59
25کیلوگرم فسفر در هکتار	a11/59	a13/3	a27/6	a4162/75	a63/75
50کیلوگرم فسفر در هکتار	a12/14	a13/75	ab26/3	a4060/5	a57/5
باکتری حل کننده فسفات	a12/94	a14/27	a27/1	a4387	a63/83
بدون باکتری حل کننده فسفات	b11/08	b13/2	b26/2	b3873	b56/33

در هر ستون اعدادی که دارای حروف مشترک هستند، تفاوت معنی‌دار (در سطح 5%) با یکدیگر ندارند.

ادامه جدول 3- مقایسه میانگین اثرات متقابل مورد بررسی در آزمایش

	تعداد خوشه	تعداد پنجه در هر بوته	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (%)
رقم×کود					
علی کاظمی × شاهد	b11/45	a13/95	a26/9	cd3951/5	c57
علی کاظمی ×25کیلوگرم کود	ab11/78	c14/32	a29/1	bc4094	a62/5
علی کاظمی ×50کیلوگرم کود	ab12/60	a13/15	a27/6	ab4296/5	c57
هاشمی × شاهد	a13/15	bc14/04	a25	a4383/3	bc61
هاشمی در 25 کیلوگرم کود	b11/39	a12/26	a26	ab4231	a65
هاشمی در 50 کیلوگرم کود	b11/66	b14/35	a25/1	d3824/5	c58
رقم × باکتری					
علی کاظمی × باکتری	a12/71	a13/95	a28/8	b4262	b62
علی کاظمی × شاهد	a11/18	ab15/13	b27	c3966	c55/66
هاشمی × باکتری	a13/16	a14/58	c25/4	a4412	a65/66
هاشمی × شاهد	a10/98	b13/04	c25/4	c3953	c57
کود × باکتری					
باکتری×شاهد	a12/85	a14/48	b25/8	a4413/33	b66/5
باکتری×25کیلوگرم کود	a11/75	a13/51	b26/2	b3921/5	d51/5
باکتری×50 کیلوگرم کود	a12/37	a13/88	a28/5	a4336/5	a70/5
بدون باکتری ×شاهد	a10/80	a12/70	b26/6	b3989	cd57
بدون باکتری×25 کیلوگرم کود	a13/58	a14/42	ab27	a4411/5	d54/5
بدون باکتری × 50 کیلوگرم کود	a10/69	a13/07	b25/7	c3709/5	c60/5

در هر ستون اعدادی که دارای حروف مشترک هستند، تفاوت معنی دار (در سطح 5%) با یکدیگر ندارند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایشی در جدول 2 نشان داده شده است.

تعداد پنجه

اثر باکتری بر تعداد پنجه در بوته در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار بود (جدول2). بیشترین تعداد پنجه در تیمار باکتری با میانگین 14/27 عدد پنجه در بوته بدست آمد (جدول 3). پامیلا (1982) اثر مصرف باکتری حل کننده فسفر را بر افزایش تعداد پنجه در جو گزارش داد و افزایش تعداد پنجه را به افزایش سطح فسفر که می‌تواند به کاهش مرگ و میر پنجه و امکان تولید پنجه بیشتر نسبت داد. این ممکن است بدلیل نقش فسفر در فعالیت سوخت و ساز، رشد ریشه و افزایش مواد مغذی باشد. این نتایج با یافته‌های استوارت و همکاران (1981) و زانگ و همکاران (1996) در گیاه برنج مطابقت دارد. در آزمایشی که توسط شکری واحد (1388) روی گیاه برنج هاشمی انجام شد تأثیر بیوفسفر نیز باعث افزایش تعداد پنجه شد.

اثر متقابل کود فسفر و رقم بر تعداد پنجه نیز معنی‌دار بود (جدول2). بیشترین تعداد پنجه در بوته با کاربرد 50 کیلوگرم کود شیمیایی فسفر در رقم هاشمی با میانگین 14/35 عدد در بوته و کمترین تعداد پنجه در بوته در رقم هاشمی با مصرف 25 کیلوگرم کود شیمیایی فسفر و با میانگین 12/26 عدد پنجه در بوته بدست آمد (جدول3). این یافته با نتایج هورست (1993) که با مصرف 60 کیلوگرم در هکتار کود فسفر بالاترین تعداد پنجه رابدست آورد، مطابقت می‌نماید. از اینرو کود فسفر می تواند در ایجاد پنجه دهی و تراکم بهینه مدنظر قرار گیرد (سپهر، 1388).

تعداد خوشه

تحت شرایط مناسب، تعداد خوشه در واحد سطح عامل اصلی تعیین کننده عملکرد دانه برنج است. اثر متقابل کود شیمیایی فسفر و رقم بر تعداد خوشه در متر مربع در سطح احتمال 1 درصد معنی‌داری بود (جدول2). کاربرد باکتری باعث افزایش تعداد خوشه در بوته با میانگین 12/94عدد شد. تعداد خوشه در واحد سطح به

تراکم بوته‌ها، خصوصیات پنجه‌زنی رقم و حاصل خیزی خاک بستگی دارد. اثرمتقابل کود و رقم نشان داد که بیشترین تعداد خوشه در رقم هاشمی بدون مصرف کود شیمیایی فسفره با میانگین 13/15 خوشه در متر مربع بدست آمد (جدول3).

وزن هزار دانه

وزن هزار دانه رقم علی کاظمی به طور میانگین 27/8 گرم و بطور معنی‌داری بیش از رقم هاشمی است. کاربرد 25 کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفره وزن هزاردانه را با میانگین 27/6 گرم نسبت به شاهد با میانگین 26 وزن هزار دانه 14درصد افزایش داد. رقم علی کاظمی با کاربرد باکتری بیشترین وزن هزار دانه با میانگین 28/8 را نشان داد. مصرف 50 کیلوگرم کود فسفر و کاربرد باکتری با میانگین 28/5 گرم نسبت به شاهد با میانگین 25/8 گرم وزن هزار دانه بیشتری دارا بود (جدول3). هر چند وزن هزاردانه یک صفت وابسته به ژنتیک می باشد اما تحت تأثیر عوامل زراعی می تواند تغییر نماید. افزایش وزن هزار دانه در گیاه را می‌توان بواسطه نقش مثبت این میکروارگانیسم ها در جذب آب و عناصر غذایی و بؤیژه فسفر و انتقال آنها به سلول‌های گیاه دانست که سبب بهبود رشد و افزایش فتوسنتز گیاه شده است (فریتاز، 1997)، در نتیجه در مرحله پر شدن دانه، شیره پرورده به دانه ها انتقال یافت و دانه‌های درشت با وزن قابل قبول تولید شد، بنابراین وزن هزار دانه نیز افزایش یافته است.

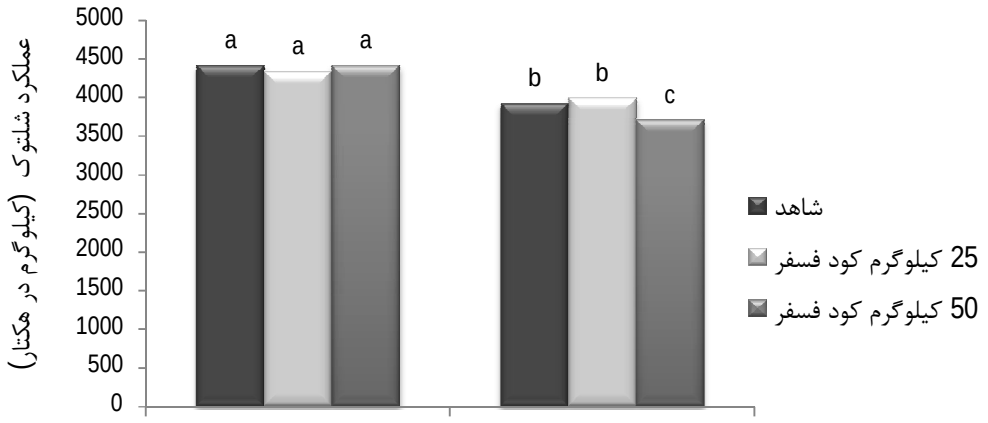
عملکرد شلتوک

رقم هاشمی با میانگین 4383 کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد شلتوک ولی مصرف 50 کیلوگرم کود فسفر در رقم هاشمی موجب کمترین عملکرد شلتوک با میانگین 3824/5 کیلوگرم در هکتار گردید. (جدول2). که این کاهش عمدتاً می‌تواند به دلیل تثبیت بالای فسفر در خاک و از دسترس خارج شدن در خاک‌های آهکی و عدم مصرف کود بیولوژیک و ماده آلی در خاک باشد که با یافته‌های کریمیان (1377) و بدرودین (1999) و آرنوت (2001) تطابق داشت.

کاربرد باکتری به همراه مصرف 50 کیلوگرم کود شیمیایی فسفر با میانگین عملکرد 4411/5 کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد شلتوک را سبب شد که با مصرف باکتری در دو سطح دیگر کود شیمیایی فسفر تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل1). با توجه به میزان فسفر قابل جذب خاک، اثر متقابل کودهای فسفره و باکتری‌های مورد استفاده و نیز ویژگی‌های محرک رشدی باکتری‌ها، احتمالاً بخشی از اثر باکتری‌ها به مکانیسم‌هایی غیر از تأمین فسفر مربوط می‌شود. افزایش جذب مواد معدنی توسط عوامل بیولوژیکی خاک موجب افزایش ماده خشک گیاه شده و در نهایت عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد (رائی پر، 1386). بلیموف و همکاران (1995) گزارش کردند که مصرف همزمان تثبیت کنندگان نیتروژن و باکتری‌های حل کننده فسفر باعث افزایش عملکرد جو گردید. افتخاری و همکاران (1388) گزارش کردند که عملکرد گیاه برنج در تیمار ترکیبی سنگ فسفات و باکتری حل کننده فسفات در سطح 5% با تیمار سوپرفسفات تریپل تفاوت معنی‌داری نشان داد.

شکری واحد (1388) گزارش کرد تأثیر بیوفسفر با کود شیمیایی فسفر باعث افزایش عملکرد دانه شد و نیز مشخص شد مصرف باکتری حل کننده فسفر به روش‌های مختلف موجب افزایش عملکرد شلتوک نسبت به تیماری که فقط شامل مصرف کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل بود، شده است. حلالیت فسفر توسط باکتری با تولید اسیدهای آلی، موجب بهبود فسفر در خاک و توانایی مراحل آخر رشد محصول و در نتیجه افزایش عملکرد دانه می‌شود. مطالعه بابانا و آنتون (2006) نشان داد که بیشترین عملکرد دانه گندم از ترکیب باکتری‌های آزاد کننده فسفر و قارچ آسپرژیلوس به همراه فسفات معدنی بدست آمد. ردی و اهلوات (1998) در نخود فرنگی، پاتیدا (2001) در گندم و سورگوم و حسن زاده (1381) در جو افزایش عملکرد دانه را در پی کاربرد باکتری‌های حل کننده فسفات گزارش کردند. لازم به ذکر است بعلت اینکه بیشتر جنبه کاربردی و اثر کلی این باکتری‌ها بر عملکرد و اجزای عملکرد و صفات زراعی برنج در شرایط مزرعه مد نظر بود از آوردن غلظت فسفر خودداری شد.

سلیسپور و همکاران (1382) و سلیح و همکاران (1989) گزارش کردند که میکروارگانیزم‌های حل کننده فسفات از طریق کاهش تثبیت فسفر در خاک و افزایش قابلیت دسترسی آن برای گیاه، عملکرد دانه گندم را بهبود بخشیدند که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. کاربرد باکتری در رقم هاشمی بطور معنی‌داری موجب افزایش عملکرد دانه گردید. آزاد سازی فسفر از منابع نامحلول سبب بهبود استقرار گیاه، گسترش سیستم ریشه‌ای، توسعه اندام‌های گیاهی، افزایش پنجه‌زنی و شکل‌گیری دانه و نهایتاً موجب افزایش عملکرد دانه می‌شود. عملکرد دانه عمدتاً ناشی از افزایش تعداد دانه درخوشه، وزن هزار دانه و همچنین کاهش درصد پوکی دانه می‌باشد (گوینه، 1997).



شکل1-اثر باکتری و سطوح کودفسفره بر عملکرد شلتوک

شاخص برداشت

بیشترین شاخص برداشت در کاربرد باکتری و مصرف 25 کیلوگرم کود شیمیایی فسفره و با میانگین 70/5 درصد و کمترین مقدار در تیمار 50 کیلوگرم کود فسفر و بدون کاربرد باکتری بدست آمد (جدول3). افتخاری (1388) نتایج مشابه‌ای را در تیمار ترکیبی باکتری حل کننده فسفات و سوپرفسفات تریپل نشان داد.

نتیجه‌گیری نهایی

تحلیل داده‌های حاصل از این آزمایش نشان داد کاربرد باکتری حل کننده فسفات (*Bacillus subtilis*) عملکرد هردو رقم برنج مورد مطالعه را بطور معنی‌دار افزایش داد. باکتری *B. subtilis* علاوه بر عملکرد شلتوک، صفات تعداد خوشه در هر بوته، تعداد پنجه در هر بوته، وزن هزار دانه و شاخص برداشت را نیز در مقایسه با شاهد بطور معنی‌داری افزایش داد. بیشترین عملکرد شلتوک در تیمار کاربرد باکتری باسیلوس سوبتلیس در رقم هاشمی بدست آمد. بالاترین شاخص برداشت در رقم هاشمی با مصرف 25 کیلوگرم کود فسفر و با کاربرد باکتری مشاهده شد. بیشترین تعداد پنجه در بوته با کاربرد 50 کیلوگرم کود شیمیایی فسفر در رقم هاشمی بدست آمد و شلتوک های رقم علی کاظمی که باکتری حل کننده فسفات دریافت کرده بودند بیشترین وزن هزار دانه را نشان داد. کاربرد توأم کود شیمیایی و بیولوژیک فسفر منجربه افزایش وزن هزار دانه شد که علاوه بر نقش تعیین کننده در افزایش عملکرد، منجربه بازارپسندی بیشتر برنج نیز می‌گردد. مصرف کود شیمیایی فسفر به تنهایی در هیچ یک از ارقام باعث افزایش وزن هزار دانه نشد. پیشنهاد می‌شود در شرایط کاملاً کنترل شده جزئیات اثر این باکتری‌ها بر پارامترهای ادافیک و فیزیولوژیک برآورد گردد.

فهرست منابع:

1. افتخاری، ق. ع. فلاح نصرت آباد، غ. ع. اکبری، ع. محدثی و ا. اله دادی، 1388. اثر باکتری‌های حل کننده فسفات وکودهای فسفاته بر چگونگی رشد گیاه برنج . مجله علوم خاک و آب. جلد 23. شماره 2. ص 229-238.
2. امیر آبادی، م. 1388. تأثیر کاربرد مایه تلقیح نیتروژنو باکتر و قارچ میکوریزی بر جذب برخی عناصرمعدنی توسط ذرت علوفه ای (هیبرید سینگل کراس 704) در سطوح مختلف فسفر. مجله علوم خاک و آب. جلد 23. شماره 1. ص 107-115.

3. ایران نژاد، ح. و ن، شهبازیان. 1381. زراعت غلات جلد دوم. انتشارات کارند.
4. جعفرزاده، ح. 1389. بررسی تأثیر باکتری محرک رشد (PGPR) با توانایی حلالیت فسفات بر جذب عناصر میکرودر برنج رقم فجر(*Oriza sativa* L.) در شرایط گلخانه‌ای. پنجمین همایش ملی ایده‌های نو در کشاورزی. خوراسگان. اصفهان. ص4.
5. حسن زاده، ا. و د، مظاهری.1381.کارایی مصرف باکتری‌های تسهیل کننده جذب فسفر و کود شیمیایی فسفر بر عملکرد و اجزاء عملکرد جو. زراعت و باغبانی. زمستان 1386.ص 111-118.
6. راثی پور، ل و ن. ع.اصغرزاده، 1386. اثرات متقابل باکتری‌های حل کننده فسفات و*Bradirhizobium japanicum* برشاخص‌های رشد، غده‌بندی و جذب برخی عناصر غذایی در سویا. علوم فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال یازدهم، شماره40. ص 63.
7. سپهر، ا، م، ملکوتی، ب. خلد برین، ن.، کریمیان، ع.، صمدی، ح.، رسولی، ف.، نور قلی پور، ح.، رضایی و ز. خادمی، 1388. بررسی کارایی ارقم مختلف غلات از لحاظ جذب فسفر. مجله پژوهش‌های خاک(علوم خاک وآب). جلد23. شماره2. ص 125-134.
8. سلیمانی، ع و ب، امیری لاریجانی. 1383. اصول بهزراعی برنج. نشر آرویج. 303 صفحه.
9. شکری واحد، ح. 1386. تأثیر کود بیولوژیک حاوی باکتری‌های حل کننده فسفر (بارور 2) بر میزان جذب فسفر و عملکرد گیاه برنج. مؤسسه تحقیقات برنج کشور. معاونت گیلان (رشت).
10. صالح راستین، ن.1380. کود های بیولوژیک ونقش آن در راستای نیل به کشاورزی پایدار. ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور. نشر آموزش کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی، کرج. ایران.
11. فلاح نصرت آباد، ع. رحیمیان، ح، صالح راستین، ن و ملکوتی، م. (1382). بررسی پراکنش ریز جانداران حل کننده فسفات در تعدادی از خاک‌های استان گیلان. علوم خاک و آب. 162-176.
12. کریمیان، ن. 1377. پیامدهای زیاده روی در مصرف کودهای شیمیایی فسفره، نشریه علمی پژوهشی خاک وآب، جلد 12، شماره 4، موسسه تحقیقات آب وخاک، تهران، ایران.
13. کیانی راد، م. 1374. بررسی میکروارگانیسم های حل کننده فسفات و تأثیر آنها در کاهش مصرف کودهای فسفره درکشت سویا .پایان نامه دانشگاه تهران دانشکده کشاورزی.117 صفحه.
14. ملکوتی، م. ج. 1378. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران. چاپ دوم. نشر آموزشی کشاورزی.420 صفحه.
15. نظارت، س. و ا، غلامی. 1388. نقش تلقیح مضاعف باکتری های آزوسپریلوم و سودوموناس در بهبود جذب عناصر غذایی در ذرت. نشریه بوم شناسی کشاورزی. جلد 1، شماره 1، پاییز 1388. ص 25-32.
16. Arnout,V. D. 2001. Yield and growth components of potato and wheat under organic Nitrogen Management. Agr. J. 93: 1370-1385.
17. Babana, A. H. and Antoun, H. 2006. Effect of Ti1emsi phosphate rock solubilizing microorganisms on phosphorus uptake and yield offield grown wheat (*Triticum aestivum* L.) in mail. Plant soil. 287(1- 2):51- 58.
18. Badaruddin, M.,Reynolds, M.P. and Osman, A. 1999. Effect of organic and Inorganic fertilizer, Irrogaction efrequency and mulching. Agr. J. 91: 975-983.
19. Banik, S.and B. K. Dey. 1982. Available phosphate content of an alluvial soil as influenced by inoculation of some isolated phosphate solubilizing microorganisms. Plant soil, 6: 353- 364.

20. Barea, J. M. and Azcon, R. 1975. Possible synergistic interactions between endogone and phosphatesolubilizing bacteria in low-phosphate soils. p. 409-417
21. Belimov, A. A., Kojemiakov, A. P. and Chuvarliyeva, C. V. 1995. Interaction between barley and mixed cultures of nitrogen-fixing and phosphate-solubilizing bacteria. Plant soil. 173(1): 29-37.
22. Bowen, G. D. and Rovira, A. D. 1999. The rhizosphere and its management to improve plant growth. In: Advance. Agron. Vol. 66; p. 1-102.
23. Freitas, J.R.de., Banerjee, M.R., Germida, J.J., 1997. Phosphate-solubilizing rhizobacteria enhance the growth and yield but not phosphorus uptake of canola (*Brassica napus* L.). Biol. Fert. Soils. 24, 358-364.
24. Goyne, P. J. 1997. The influence of day length on sunflower growth, sunflower. (J.Aust. Sin. Assn).3, 3 & 6.
25. Horst, W. J., M. Abdou, and F. Wiesler. 1993. Genotypic differences in phosphorus efficiency of wheat. Plant Soil. 155/156: 293–296.
26. Kumar. N. and R. Prasad. 2004; Effect of levels and source of nitrogen onconcentration and uptake of nitrogen by a high yielding and a hybrid of rice. Archives Agro. Soil Scis. 50:447-454.
27. Pamella, A. C., S. H. Steven. 1982. Inorganic phosphate soubilization by rhizosphere in a zostera marine community. Canadian J. Microbio., 28: 605 – 610.
28. Panhwar Q. A., R. Othman, Z. Abdul Rahman, S. Meon and M. Razi Ismail . 2011 Effect of Phosphatic Fertilizer on Root Colonization of Aerobic rice by
29. Phosphate-Solubilizing Bacteria. International Conference on Food Engineering and Biotechnology. IPCBEE vol.9. IACSIT Press, Singapoore
30. Patidar. M. 2001; Integrated nutrient management in sorghum (*Sorghum bicolor*) and its resideul effect on wheat (*Triticum aestivum*) Indian J.Agric. Sci. 71 (9): 587 – 590.
31. Rahmatullah, M.A. Gill, B.Z. Shaikh and M. Salim, 1994. Bioavailability and distribution of P among inorganic fractions in calcareous soils. Arid Soil Res. Rehab., 8: 227–234.
32. Rao, N. S. 1992. Biofertilizers in agriculture. Rotterdam: AA Balkema. 188 p.
33. Redy. N. R. N ,: Ahlawat. l. P. S. 1998; Response of (*Cicer arietinum*) genotypes to irrigation and fertilizers under Late – sown conditions. Indian J. Agron.431 (1) 95:101.
34. Salih, H. M., H. I. Yahya., A. M. Abdul – Rahem and B. H. Munam. 1989. Availability of phosphorus in a calcareous soil treataed with rock phosphate or supr phosphate as affected by phosphate dissolving fungi. Plant soil, 120: 181- 185.
35. Stewart, E.N., S.C. Hardy and L.H. Sander, 1981. Influence on planting date, seeding rate and phosphorus rate on wheat yield. Agron. J., 82: 762–8
36. Sleper, D. A., and Poehlman, J. M., 2006. Breeding Field Crops. 6th edition. Van Nostrand Reinhold Company. New York, 724p.
37. Vance, C.P., C. Uhde-Stone and D. L. Allan, 2003. Phosphorus acquisition and use: Critical adaptations by plants for recurring a non-renewable resources. Tansely rev. New Phytol., 157: 423–447.
38. Vazques , P., G. Holguin M. E. Puente. 2000. Phosphate solubilizing micro organism associtated with the rizospherte of mangroves in semi arid coastallagoon. Biol. Feritil.Soil, 30: 460-468.
39. welch, M. 2003. farming for nutritious foods: agricultural technologiesfor improved human health. ifa-fao agricultural conference, Rome, Italy.
40. Whitelaw, M. A. 2000. Growth promotion of plants inoculated with
41. phosphate solubilizing fungi. In: Adv. Agron. 69; p. 99- 151.

42. Zabihi, H.R., G.R. Savagebi, , K. Khavazi, , A. Ganjali, , 2009. Responses of wheat growth and yield to application of plant growth promoting rhizobacteria at various levels of phosphorus fertilization. Iran. J. Field. Crop. Res. 7, 41- 51. (In Persian with English summary).
43. Zhang, Q. G., S.B. Wang, G.Y. Peng and R.F. Jiang, 1996. A study on wheat growth and N balance under different irrigation and fertilizer treatments using N tracer. J. China Agric. University, 1: 33–8.