اثر مصرف توأم کود فسفری و باکتری افزاینده رشد گیاه بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم گندم نان در مهران

سامان بازدار، رحیم ناصری، کاظم خاوازی و رضا سلیمانی[1]*

دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول؛ Bazdars@Yahoo.com

دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشگاه ایلام؛ Rah_Naseri@yahoo.com

عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات خاک و آب؛ K_Khavazi@yahoo.com

عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی ایلام؛ Soleimanir@hotmail.com

چکیده

به منظور بررسی اثر باکتری‌های افزاینده رشد گیاه بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم، آزمایشی به صورت کرت‌های یکبار خرد شده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مهران در سال زراعی 89-1388 اجرا شد. عامل اصلی شامل رقم (چمران و وریناک) و عامل فرعی شامل تیمارهای مصرف کود (عدم مصرف کود، مصرف سودوموناس فلورسنس 168 و عدم مصرف کود فسفری، مصرف 50 درصد کود فسفری و عدم مصرف سودوموناس فلورسنس مصرف 50 درصد کود فسفری و مصرف سودوموناس فلورسنس، مصرف 75 درصد کود فسفری و عدم مصرف سودوموناس فلورسنس، مصرف 75 درصد کود فسفری و مصرف سودوموناس فلورسنس، مصرف 100 درصد کود فسفری و عدم مصرف سودوموناس فلورسنس، مصرف 100 درصد کود فسفری و مصرف سودوموناس فلورسنس) بود. نتایج نشان داد که رقم، تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه، تعداد سنبله در متر مربع، وزن هزار دانه و ارتفاع بوته داشت. رقم ورینا‌ک با 6/7 درصد افزایش عملکرد دانه (4235/4 کیلوگرم در هکتار)، 3/1 درصد افزایش تعداد سنبله در متر مربع (378/9 سنبله) و 10 درصد افزایش وزن هزار دانه (40/5 گرم) نسبت به رقم چمران، برتر بود. همچنین اختلاط کود فسفری و سودوموناس فلورسنس تأثیر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد داشت. به‌طوری‌که مخلوط 75 درصد کود شیمیایی و تلقیح با سودوموناس فلورسنس دارای بیشترین عملکرد دانه (4858/3 کیلوگرم در هکتار)، تعداد سنبله در متر مربع (406/3 سنبله)، تعداد دانه در سنبله (39/1 دانه)، عملکرد بیولوژیک (11481/3 کیلوگرم در هکتار) و پروتئین دانه (11/8 درصد) بود. بین 75 و 100 درصد کود فسفری همراه با تلقیح با سودوموناس فلورسنس تفاوت‌های معنی‌داری مشاهده نشد. اثر برهمکنش رقم در مخلوط کود فسفری در سودوموناس فلورسنس بر عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، عملکرد بیولوژیک و ارتفاع بوته معنی‌دار گردید. بیشترین عملکرد دانه (5223/3 کیلوگرم در هکتار) در رقم ورینا‌ک و مخلوط 75 درصد کود فسفری و سودوموناس فلورسنس و کمترین عملکرد دانه (3113/3 کیلوگرم در هکتار) در رقم ورینا‌ک و عدم مصرف کود فسفری و عدم تلقیح با سودوموناس فلورسنس بدست آمد. بنابراین با کاهش 25 درصدی کود فسفری توصیه شده بعلاوه مصرف سودوموناس فلورسنس و انتخاب رقم ورینا‌ک می‌توان به عملکرد دانه قابل قبولی دست یافت.

واژه‌های کلیدی: سودوموناس فلورسنس، کود بیولوژیکی

---

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: ایلام، بلوار جنوبی امام (ره)، ساختمان شماره 2 جهاد کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی ایلام

* دریافت: 90/3/1 و پذیرش: 91/6/28

مقدمه

استفاده گسترده از نهاده‌های شیمیایی یکی از مشکلات اصلی در محیط زیست و همچنین افزایش هزینه است (سالانتور و همکاران، 2005). استفاده گسترده از کود شیمیایی فسفری منجربه تغییرات نامطلوب در خاک شده بنابراین نیاز به منابع جایگزین یا مکمل همراه با مصرف کود شیمیایی وجود دارد (پارک و همکاران، 2009). در حال حاضر کودهای (باکتری‌های) افزاینده رشد به عنوان گزینه‌ای جایگزین برای کودهای شیمیایی، به منظور افزایش حاصلخیزی خاک در تولید محصولات در کشاورزی پایدار مطرح شده‌اند (وو و همکاران،2005). کودهای زیستی توانایی متحرک سازی عناصر غذایی خاک را برای گیاه زراعی از حالت غیرقابل دسترس به قابل دسترس دارند (اکبری و همکاران، 1388). باکتری‌های جنس ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و سودوموناس از مهمترین باکتری‌های محرک رشد گیاه می‌باشند که علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن، با تولید مقادیر قابل ملاحظه‌ای از هورمون‌های تحریک کننده رشد به ویژه انواع اکسین، جیبرلین و سیتوکنین رشد و نمو و عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند (حمیدی و همکاران، 1388، خرم دل و همکاران، 1387). رای و کاور (1998) در یک آزمایش اثرات ازتوباکتر و آزوسپیریلوم به تنهایی و با هم، بر رشد و عملکرد گندم را مورد مطالعه قرار دادند و نتایج این بررسی را مثبت اعلام کردند. اثر تلقیح توأم کودهای زیستی بر ارتفاع گیاه، طول سنبله، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در ژنوتیپ‌های مختلف گندم تحت آزمایش اثر مثبتی داشت. لکشمیرانایا و همکاران (2000) نیز افزایشی به مقدار 1/2 تا 33/3 درصد را در عملکرد دانه گندم و جو تلقیح شده با ازتوباکتر به همراه سطوح مختلف کود اوره مشاهده کردند. داس و ساها (2000) اثر دو باکتری ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم به همراه کود نیتروژنه به میزان 50 کیلوگرم در هکتار بر روی گندم مورد بررسی قرار دادند. مشاهده گردید که استفاده از باکتری‌های مذکور، تأثیر مثبتی بر افزایش عملکرد دارد و مخصوصاً اثر ازتوباکتر تأثیر بیشتری بر عملکرد دانه از خود نشان داد. زهیر و همکاران (2000) افزایش 18 درصدی وزن خشک بوته ذرت که بذرهای آن با باکتری‌های ازتوباکتر و سودوموناس تلقیح شده بودند را گزارش کردند. هرناندز و همکاران (1995) افزایش وزن تر بوته، تعداد برگ و ارتفاع ذرت با تلقیح بذر ذرت با باکتری سودوموناس فلورسنس را گزارش کردند. حافظ و همکاران (2004) نیز سبز کردن سریعتر گیاهچه‌های پنبه بر اثر تلقیح بذر با ازتوباکتر را گزارش کردند و ترشح اسید ایندول 3-استیک توسط این باکتری را در پاسخ مؤثر دانسته‌اند. در آزمایش بل و همکاران (2003) کاربرد کود زیستی باعث افزایش عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد زیستی در گندم شد. با توجه به اینکه لازم است مدیریت تغذیه گیاهی درجهت افزایش و پایداری تولید باشد و هم سبب حفظ محیط زیست گردد و از آنجا که تحقیقات در مورد کاربرد کودهای افزاینده رشد بر گندم در استان ایلام انجام نشده است، آزمایش حاضر با هدف بررسی اثر کودهای افزاینده رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم نان انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور مطالعه تأثیر باکتری حل‌کننده فسفات بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم آبی آزمایشی در سال زراعی 89-1388 در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان مهران، در استان ایلام به صورت کرت-های خرد شده و با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. موقعیت جغرافیایی محل اجرای آزمایش با طول جغرافیایی 46 درجه و عرض جغرافیایی 33 درجه و ارتفاع 180 متر از سطح دریا بود. عامل اصلی شامل رقم (چمران و ورناک) و عامل فرعی شامل مخلوط کود فسفری وکود زیستی (عدم مصرف کود، مصرف سودوموناس فلورسنس 168 (تهیه شده از موسسه تحقیقات خاک و آب) و عدم مصرف کود فسفری (Ch0Bio0)، مصرف 50 درصد کود فسفری و عدم مصرف سودوموناس فلورسنس (Ch1Bio0)، مصرف 50 درصد کود فسفری و مصرف سودوموناس فلورسنس (Ch1Bio1)، مصرف 75 درصد کود فسفری و عدم مصرف سودوموناس (Ch2Bio0) فلورسنس، مصرف 75 درصد کود فسفری و مصرف سودوموناس فلورسنس (Ch2Bio1)، مصرف 100 درصد کود فسفری و عدم مصرف سودوموناس فلورسنس (Ch3Bio0)، مصرف 100 درصد کود فسفری و مصرف سودوموناس فلورسنس (Ch3Bio1) بود. قبل از کاشت، برای تلقیح بذرها میزان هفت گرم مایه تلقیح که هر گرم آن دارای 10^7 عدد باکتری زنده و فعال بود مورد استفاده قرار گرفت آن مقدار از بذور که می‌بایست با باکتری سودوموناس مخلوط شود، با محلول شکر در آب با غلظت 2 درصد مرطوب و به نسبت 2 کیلوگرم مایه تلقیح در 100 کیلو-گرم بذر، با بذرها آغشته شد.

متوسط بارندگی سالیانه در مهران حدود 215 میلیمتر است. مقدار بذر مصرفی برای هر هکتار 200 کیلوگرم بوده، که با استفاده از سم ویتاواکس ضدعفونی

شده بودند. هر کرت آزمایش شامل شش خط کاشت با فاصله 25 سانتیمتر و طول 4 متر می‌باشد. کودهای نیتروژنی و پتاسیمی بر اساس آزمون خاک و نیاز گیاه مورد استفاده قرار گرفتند و کود فسفر نیز بر اساس آزمون خاک مورد استفاده قرار گرفت و بدین صورت که 240 کیلوگرم کود نیتروژن در سه مرحله (در هنگام کاشت، پنجه‌زنی و ساقه دهی) به زمین داده شد در مورد کود فسفره (80 کیلوگرم در هکتار P_2O_5 در هکتار از منبع سوپر فسفات تریپل معادل 100% کود توصیه شده،60 کیلوگرم در هکتار P_2O_5 در هکتار از منبع سوپر فسفات تریپل معادل 75% کود توصیه شده و 40 کیلوگرم در هکتار P_2O_5 در هکتار از منبع سوپر فسفات تریپل معادل 50% کود توصیه شده در زمان کاشت مصرف گردید). صفات اندازه‌گیری شده گندم در یک سال شامل تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، ارتفاع بوته و پروتئین خام دانه بر اساس روش کجلدال محاسبه (بر اساس تعیین نیتروژن) و میزان نیتروژن در عدد 5/7 ضرب گردید (رشیدی و همکاران، 1390). نمونه‌برداری از وسط هر کرت انجام شد به طوری که نیم متر از انتها و دو خط از هر طرف حذف شدند. داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم افزار MSTATC مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن مقایسه شدند.

نتایج و بحث

جداول تجزیه واریانس در جدول 2 و مقایسه میانگین‌های مربوط در جدول‌های 3 و 4 نشان داده شده است. همانطور که جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد عملکرد دانه تحت تأثیر رقم، مخلوط کود فسفری و کود زیستی و همچنین برهمکنش آنها تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد نشان داد (جدول2). رقم ورینک دارای بیشترین عملکرد دانه با میانگین 4235/4 کیلوگرم در هکتار بود. بیشتر بودن عملکرد دانه را می‌توان به بالا بودن دو جز عملکرد یعنی تعداد سنبله در متر مربع و وزن هزار دانه نسبت داد. همانگونه که جدول مقایسه داده‌ها نشان می‌دهد بیشترین عملکرد دانه در تیمار Ch3Bio1 (4858/3 کیلوگرم در هکتار) و Ch2Bio1 (4943/3 کیلوگرم در هکتار) و کمترین عملکرد دانه (3305 کیلوگرم در هکتار) در تیمار Ch0Bio0 بدست آمد. بین سطوح 75 و 100 کود شیمیایی از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول 3). تلقیح بذر با سودوموناس بر عمکرد دانه تأثیرگذار بوده و اختلاف معنی‌داری را ایجاد کرده است.

به نظر می‌رسد که تلقیح بذر با سودوموناس و احتمالاً ایجاد شرایط مناسب جهت جوانه زنی باعث استقرار سریع‌تر گیاهچه و بهره‌مندی بیشتر از منابع محیطی توسط گیاه می‌شود. چنین وضعیتی باعث می‌شود که گیاه شرایط مناسب‌تری را جهت پر کردن دانه‌ها داشته باشد که این وضعیت همراه با افزایش عملکرد دانه نمود بیشتری می‌یابد. حمیدی و همکاران (1385) نشان داد که در اثر تلقیح بذر ذرت علوفه‌ای با کودزیستی، تعداد برگ-های بالایی بلال و تعداد برگ در هر بوته افزایش یافته است. آن‌ها نیز دلیل این امر را وجود روا بط مثبت بین گیاه و باکتری دانسته و اعلام داشتند که این موضوع در نهایت منجربه افزایش عملکرد علوفه سیلویی شده است. آن‌ها همچنین اظهار داشتند که احتمالاً باکتری محرک رشد از طریق تولید هورمون‌های محرک رشد، عملکرد و ویژگی-های مرتبط با آن را در ذرت علوفه‌ای تحت تأثیر قرار داده است. تنوار و همکاران (2002) با استفاده از تیمارهای مختلف کود فسفره و کودهای زیستی نشان داد که اثر متقابل بین فسفری و کود زیستی معنی‌دار است و همچنین تلقیح با مایه تلقیح به علاوه کاربرد 60 کیلوگرم در هکتار کود فسفری باعث بالاترین عملکرد دانه گردید.

افزایش قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی، با کاربرد توأم کود فسفری و جذب بیشتر آنها توسط گیاه، در نتیجه افزایش رشد و فتوسنتز با افزایش سطح برگ گیاه از عوامل افزایش عملکرد دانه در تیمارهای تلفیقی می‌باشد. تحقیقات دیگر نیز نشان داده که لااقل برخی از سویه‌های سودوموناس می‌توانند از طریق تولید مواد تنظیم کننده رشد گیاه و افزایش قابلیت جذب آب و عناصر غذایی به طور مستقیم نیز در افزایش رشد گیاه مؤثر باشند (شرما، 2002، لینچ، 1990).

در تحقیق صورت گرفته توسط ایران‌نژاد و همکاران (1387) نشان داده شد با وجود اینکه مصرف 150 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار در شرایط کاربرد ازتو باکتر بیشترین عملکرد دانه را تولید نمود اما با مصرف 75 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار همراه با کاربرد ازتوباکتر تفاوت معنی‌داری نداشت. در گزارشات دیگر نیز افزایش عملکرد دانه در سطوح کودی در گیاهان تلقیح شده، به افزایش جذب عنصر غذایی فسفر تولید هورمون‌های محرک رشد، تحمل به تنش خشکی و مقاومت به عوامل بیماری‌زا گزارش شده است (الکساندر و زابرر، 1993، اشرف و همکاران، 2003). کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب و ساختمان گرانوله‌ای خاک، افزایش فعالیت‌های کود زیستی و آنزیمی و آزادسازی عناصر غذایی موجود در کلوئیدهای

خاک از دلایل افزایش عملکرد در سیستم‌های تغذیه تلفیقی از کودهای زیستی و فسفری می‌تواند باشد.

همانگونه که جدول اثر برهمکنش رقم در مخلوط کود فسفری در کود زیستی نشان می‌دهد در هر دو رقم مورد آزمایش، استفاده از کود فسفری و تلقیح با کود زیستی تأثیر معنی‌داری بر صفت عملکرد دانه داشت به گونه‌ای که بیشترین عملکرد دانه (5223/3 کیلوگرم در هکتار) در C2Ch2Bio1 و کمترین عملکرد دانه (3162/3 کیلوگرم در هکتار) C1Ch0Bio0 بدست آمد. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که با روش تلقیح کود زیستی نه تنها می‌توان عملکرد دانه در واحد سطح را افزایش داد بلکه به طور قابل توجهی می‌توان مصرف کود فسفری را پایین آورد. افزایش قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی، با کاربرد توأم کودهای شیمیایی و جذب بیشتر آنها توسط گیاه، در نتیجه افزایش رشد و فتوسنتز با افزایش سطح برگ گیاه از عوامل افزایش عملکرد دانه در تیمارهای تلفیقی می‌باشد (مرادی، 1389).

تعداد سنبله در متر مربع

با توجه به جدول تجزیه واریانس تنها اثرات اصلی رقم و مخلوط کود شیمیایی در کود زیستی بر تعداد سنبله در متر مربع معنی‌دار گردید و اثر برهمکنش آن‌ها معنی‌دار نگردید (جدول 2). رقم ورناک با میانگین 378/9 سنبله دارای بیشترین تعداد سنبله در متر مربع بوده و با افزایش میزان کود فسفری و استفاده از کود زیستی سودوموناس بر تعداد سنبله در متر مربع افزوده شد. البته بین 75 و 100% کود فسفری از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. با این حال بیشترین تعداد سنبله در متر مربع (406/3 سنبله) در مخلوط Ch2Bio1 و کمترین تعداد سنبله در متر مربع (406/3 سنبله) در Ch0Bio0 (323/5 سنبله) بدست آمد.

با توجه به اینکه فسفر دومین عنصر محدود کننده بعد از نیتروژن می‌باشد، در تیمار عدم استفاده از کود شیمیایی و عدم تلقیح با کود زیستی به علت عدم استفاده از هر نوع کود فسفره رشد پنجه‌ها و به تبع تعداد سنبله در متر مربع در این تیمار کمتر بود. همانطور که در جدول 4 نشان داده می‌شود کود زیستی به دلیل توانایی در افزایش جذب فسفر نامحلول موجود در خاک در مرحله رویشی و زایشی گیاه تأثیر بسزایی دارد و هر چه قدر که تعداد پنجه در بوته زیاد گرد، به تبع بر تعداد سنبله نیز افزوده خواهد شد.

تعداد دانه در سنبله

صفت تعداد دانه در سنبله یکی از معیارهای تعیین کننده عملکرد دانه محسوب می‌شود زیرا هر چه تعداد دانه بیشتر باشد، مقصد فیزیولوژیک بزرگتری برای مواد فتوسنتزی بوجود آمده و هر عاملی که باعث افزایش این معیار شود، باعث افزایش عملکرد دانه خواهد شد، که در این آزمایش تنها تحت تأثیر مخلوط کود فسفری و کود زیستی و برهمکنش رقم در مخلوط کود فسفری و کود زیستی در سطح احتمال 1% معنی‌دار گردید (جدول2). در این آزمایش بین دو رقم مورد استفاده تفاوت معنی‌داری از نظر تعداد دانه در سنبله حاصل نشد (جدول 2)که دلیل این موضوع را می‌توان نزدیکی دو رقم مورد استفاده در این پژوهش از نظر ژنتیکی عنوان کرد. افزایش کود فسفری و استفاده از کود زیستی موجب افزایش تعداد دانه در سنبله گردید. به طوری که بیشترین تعداد دانه (39/1 دانه) در تیمار مخلوط Ch3Bio2 و کمترین تعداد دانه (23/3 دانه) در تیمار Ch0Bio0 بدست آمد، که این موضوع توانایی سودوموناس را در استفاده از سطوح مختلف کود فسفری بیان می‌کند که می‌تواند در سطح معینی از کود فسفری نیز تعداد قابل قبولی دانه تولید کند. ایندول استیک اسید در کنار سیتوکنین که توسط سودوموناس تولید می‌شود از طریق رشد ریشه‌های جانبی و افزایش وزن برگ و ریشه سبب افزایش مواد پرورده شده که به نوبه خود باعث افزایش رشد رویشی و افزایش سهم اندام‌های زایشی از جمله تعداد دانه در سنبله می‌گردد (رودریگز و فراگا، 1999). در گزارشات الکراکی و همکاران (2004) به تأثیر کود زیستی بر طولانی‌تر شدن دوره پرشدن دانه در گندم و در نتیجه آن افزایش تعداد دانه در سنبله گزارش گردید. در آزمایش توحیدی مقدم و همکاران (1383) نشان داده شد که استفاده از کود زیستی حل کننده فسفات باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه می‌گردد. همانگونه که جدول (3) نشان می‌دهد در هر دو رقم مورد آزمایش، استفاده از کود شیمیایی و تلقیح با کود زیستی تأثیر معنی‌داری بر صفت تعداد دانه در سنبله داشت به گونه‌ای که بیشترین تعداد دانه در سنبله (39/3/3 دانه) در $C_2Ch_2bio_1$ و کمترین تعداد دانه در سنبله (21/3 دانه) در $C_1Ch_0bio_0$ بدست آمد. در آزمایش راجا و همکاران (2002) بین تیمارهای کود فسفری و کود زیستی سودوموناس اختلاف معنی-داری مشاهده نشد، ولی با دیگر سطوح مایکوریزا، سودوموناس و شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید. الکراکی و همکاران (2004) تأثیر کود زیستی بر طولانی-تر شدن دوره پر شدن دانه در گندم و در نتیجه آن افزایش تعداد دانه در سنبله را گزارش کرده‌اند.

وزن هزار دانه

وزن هزاردانه نیز یکی دیگر از اجزای مهم عملکرد دانه محسوب می‌گردد، که تحت تأثیر نوع رقم و مخلوط کود شیمیایی و کود زیستی معنی‌دار گردید (جدول 2). رقم ورینک با میانگین 40/5 گرم دارای وزن هزار دانه بیشتری بود. جدول (3) نشان دهنده افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه در استفاده از مخلوط کود شیمیایی و کودزیستی است. بیشترین وزن هزار دانه (46/9 گرم) در مخلوط Ch2Bio1 و کمترین وزن هزار دانه (46/9 گرم) در Ch0Bio0 (32/5 گرم) حاصل شد. بایستی توجه نمود که بین 75 و 100% کود شیمیایی از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید و هر دو از لحاظ آماری در یک گروه قرار داشتند (جدول 3).

علت افزایش وزن هزاردانه به دلیل این است که موقع رشد سریع گیاه مواد حاصل از فتوسنتز به ریشه ها انتقال می‌یابد. با توسعه ریشه شرایط برای جذب عناصر غذایی فراهم می‌شود که این به نوبه خود باعث افزایش فتوسنتز می‌گردد. زمانی که گیاه به دوران رسیدگی نزدیک می‌گردد مواد حاصل از فتوسنتز را به اندام‌های زایشی (دانه ها) منتقل می‌کند. کودهای حل کننده فسفات از طریق تسریع و تقویت این عمل سبب افزایش وزن هزار دانه می‌گردد. نتایج ماریوس و همکاران (2005) نشان داد که تأثیر تلقیح باکتریایی موجب افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز و میزان رنگدانه های کلروفیل، تولید انرژی و در نهایت بهبود رشد آفتابگردان در تیمار کود زیستی نسبت به کنترل شده است. ایدریس (2003) نیز اثر مثبت کود زیستی را بر وزن هزار دانه گندم تأیید کرده است.

مرادی (1389) نیز نشان داد که اثرات مثبت کودهای زیستی از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی سبب افزایش فتوسنتز شده و این امر موجب تولید اسیمیلات بیشتر و بهبود رشد گیاه شده است در نتیجه وزن هزار دانه در مقایسه با تیمار عدم تلقیح افزایش نشان داده است وی همچنین اظهار نموده است که احتمالاً کاربرد کود شیمیایی، شرایط تغذیه‌ای مناسب را برای تکثیر و فعالیت باکتری سودوموناس فراهم نموده است.

شاخص برداشت

شاخص برداشت، که بیانگر تخصیص مواد فتوسنتزی به سمت دانه می‌باشد، تنها تحت تأثیر مخلوط کود شیمیایی و کود زیستی در سطح احتمال 1% معنی‌دار گردید (جدول 2). این شاخص در رقم ورینک بیشتر بود. Ch2Bio1 (43/2 درصد) و Ch0Bio0 (36/4 درصد) به ترتیب بیشترین و کمترین شاخص برداشت را به خود اختصاص دادند.

البته همان طور که جدول نشان می‌دهد بین 75 و 100% کود شیمیایی از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید و هر دو از لحاظ آماری در یک گروه قرار داشتند. شاخص برداشت نسبتی از عملکرد بیولوژیک است که عملکرد اقتصادی را تشکیل می‌دهد و با افزایش تسهیم ماده خشک برای عملکرد اقتصادی، شاخص برداشت نیز افزایش می‌یابد (رودریگز و فراگا، 1999). شرایط محیطی و مدیریت مزرعه بر شاخص برداشت مؤثر است. بررسی نتایج آزمایش مشخص می‌کند که تغذیه تلفیقی بیشترین تأثیر را بر تسهیم ماده خشک نسبت به مصرف تنهایی کود فسفری داشته‌اند. به طوری‌که افزایش تسهیم ماده خشک به بوته، برگ‌ها، ساقه و دانه، افزایش شاخص برداشت را در پی داشته است. می‌توان بیان داشت که باکتری افزاینده رشد با تأثیر بر تسهیم وزن خشک بوته و تخصیص ماده خشک بیشتر به دانه سبب افزایش شاخص برداشت شده است. الکراکی و همکاران (2004) و هایینگ (2005) تفاوت معنی‌داری را در سطح احتمال 5 درصد بین تیمار عدم تلقیح و تیمارهای کودشیمیایی و کود زیستی از نظر شاخص برداشت گزارش نموده اند. بایستی توجه نمود که بین عملکرد اقتصادی و شاخص برداشت یک رابطه مستقیم وجود دارد، بدین معنی که هرچه قدر عملکرد دانه بیشتر باشد شاخص برداشت نیز بیشتر می‌گردد، یعنی نسبتی از مواد غذایی که در دانه ذخیره شده افزایش یافته است.

عملکرد بیولوژیک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس در جدول (2) آورده شده است. همانطور که جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد در بین اثرات اصلی تنها مخلوط کود شیمیایی و کود زیستی و همچنین اثرات برهمکنش رقم در مخلوط کود شیمیایی و کود زیستی در سطح احتمال 1% بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار گردید (جدول 2). همانطور که جدول (3) نشان می‌دهد افزایش کود شیمیایی و استفاده از کودزیستی موجب افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک گردید. به طوری که بیشترین و کمترین میزان عملکرد بیولوژیک مربوط به مخلوط Ch3Bio1 (11407/3 کیلوگرم در هکتار) و Ch0Bio0 (8468/7 کیلوگرم در هکتار) بود.

روند تغییرات عملکرد بیولوژیک مشابه عملکرد دانه بوده است. در سیستم‌های تلفیقی عملکرد بیولوژیک به دلیل افزایش اجزای رویشی (سطح برگ و ارتفاع) و زایشی (تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه و وزن هزار دانه) در مقایسه با تیمار عدم تلقیح با کود زیستی جذب عناصر غذایی بیشتر توسط گیاه رشد و نمو و فعالیت‌های

بیوشیمیایی گیاه را افزایش می‌دهد و این امر موجب افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در گیاه می‌شود. بنابراین با تلقیح کود زیستی و شیمیایی نه تنها می‌توان تولید را در حد بهینه نگه داشت بلکه میزان کود شیمیایی را کاهش داد و می‌توان ثبات تولید محصول در سیستم-های زراعی را فراهم نمود. کودهای زیستی با تخصیص ماده خشک بیشتر به گیاه سبب افزایش رشد رویشی و در نتیجه فراهم سازی امکان بهره‌برداری بهتر از نور و فتوسنتز بیشتر و در نهایت افزایش رشد و نمو شدند.

بر اساس نتایج رودریگز و فراگا (1999) در اثر کاربرد سودوموناس فلورسنس افزایش معنی‌داری در عملکرد زیستی همراه با افزایش فسفر در گیاه گندم حاصل شده است. افزایش عملکرد بیولوژیک در تیمار سطوح کودی زیستی نسبت به تیمار شاهد در نتایج آوگ و همکاران (2001) و الکراکی و همکاران (2004) بدست آمد. همانگونه که جدول (4) نشان می‌دهد در هر دو رقم مورد آزمایش، استفاده از کود شیمیایی و تلقیح با کود زیستی تاثیر معنی‌داری بر صفت عملکرد بیولوژیک داشت به گونه‌ای که بیشترین عملکرد بیولوژیک (11850 کیلوگرم در هکتار) در $C_2Ch_2bio_1$ و کمترین عملکرد بیولوژیک (8600 کیلوگرم در هکتار) در $C1Ch_0bio_0$ بدست آمد (جدول5).

ارتفاع بوته

ارتفاع بوته در این آزمایش تحت تأثیر رقم، مخلوط کود شیمیایی و کود زیستی و همچنین اثرات برهمکنش این دو در سطح احتمال 1% معنی‌دار گردید (جدول 2). رقم ورینک با میانگین86/4 سانتی متر دارای ارتفاع بوته بیشتری بود. همانند سایر صفات ذکر شده افزایش کود شیمیایی و استفاده از کود زیستی سبب افزایش ارتفاع بوته گردید. بیشترین ارتفاع بوته (92/9 سانتی متر) از مخلوط Ch3Bio1 و کمترین ارتفاع بوته (2/ 75 سانتی متر) از تیمار Ch0Bio1 بدست آمد.

میکرو ارگانیسم‌های حل کننده فسفات از طریق تولید مواد تحریک کننده رشد سبب افزایش رشد گیاهان به خصوص غلات می‌شوند و از طرفی ارتفاع بوته صفتی است که تحت تأثیر هورمون‌های رشد به خصوص اکسین قرار می‌گیرد و دراین بین فعال شدن این هورمون که بسته به رقم و شرایط محیطی متفاوت است نقش بسزایی در افزایش ارتفاع گیاه دارد (رودریگز و فراگا، 1999). از بین عناصر، نیتروژن و فسفر نقش بیشتری در افزایش ارتفاع بوته دارند. در آزمایش راجا و همکاران (2002) نیز از لحاظ ارتفاع بوته در سطح 1 درصد اختلاف معنی‌داری بین سودوموناس و کود شیمیایی مشاهده گردید.

در نهایت، با بررسی روند تغییرات این صفت در گیاه گندم مشخص می‌گردد که احتمالا تلقیح بذر با کود زیستی سودوموناس بیشترین اثرات محرک را بر خصوصیات رشدی این گیاه داشته است. در این رابطه قابل ذکر می‌باشد که می‌توان تولید انواع هورمون‌های محرک رشد گیاه نظیر اکسین و اسید جیبرلیک توسط باکتری سودوموناس را مسئول افزایش قابل ملاحظه رشد و نمو گیاه گندم دانست. عبداله (1999) و سینگ و همکاران (2004) بیان داشتند کودهای زیستی تثبیت کننده فسفات از طریق سنتز ویتامین‌های مختلف، و هورمون‌های محرک رشد نظیر اکسین، سیتوکینین و جیبرلین موجب بهبود رشد رویشی هم می‌شوند.

بدین ترتیب چنین به نظر می‌رسد که در این پژوهش نیز احتمالا، این باکتری از طریق تولید هورمون های محرک رشد، گیاه گندم را تحت تأثیر قرار داده که در نتیجه باعث افزایش ویژگی‌های رشدی، در تیمار تلقیح با کود زیستی نسبت به تیمار عدم تلقیح گردیده است. این فرضیه با توجه به این که اکسین‌ها موجب تقسیمات سلولی بیشتر و جیبرلین و مشتقات آن، سبب افزایش رشد طولی سلول‌ها به ویژه میانگره‌های ساقه می‌شوند، قابل توجیه می‌گردد. بدین ترتیب چنین به نظر می‌رسد که به دلیل افزایش ارتفاع بوته و همچنین افزایش سرعت رشد گیاه، میزان تجمع ماده خشک و شاخص سطح برگ با تلقیح با باکتری‌ها حل‌کننده فسفات بهبود یافته است.

همان گونه که جدول (3) نشان می‌دهد در هر دو رقم مورد آزمایش، استفاده از کود شیمیایی و تلقیح با کود زیستی تأثیر معنی‌داری بر صفت ارتفاع بوته داشت به گونه‌ای که بیشترین ارتفاع بوته (96/4 سانتی متر) در $C2Ch_2bio_1$ و کمترین ارتفاع بوته (74 سانتی متر کیلوگرم در هکتار) در $C1Ch_0bio_0$ بدست آمد. شالان (2005) نیز نشان داد که تلقیح بذر سیاه دانه با کودهای بیولوژیکی سودوموناس باعث بهبود خصوصیات رشدی گیاه، نظیر ارتفاع گیاه شده است، که علت اصلی این امر افزایش جذب مواد غذایی توسط گیاه بوده است.

پروتئین دانه

همان طور که جدول (2) نشان می‌دهد در بین اثرات اصلی تنها مخلوط کود شیمیایی و کودزیستی در سطح احتمال 1% بر پروتئین دانه معنی‌دار گردید. همان طور که جدول 4 نشان می دهد افزایش کود شیمیایی و استفاده از کود زیستی موجب افزایش پروتئین دانه گردید، به طوری که بیشترین پروتئین دانه (12/1 درصد) مربوط به مخلوط Ch3Bio1 و کمترین پروتئین دانه (9/9 درصد) مربوط به تیمار Ch0Bio0 بود. شهاتا و الخاواس (2003)

تأثیر کودزیستی را بر پارامترهای رشد، عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که کاربرد کودزیستی شامل باکتری‌های افزاینده رشد، عملکرد آفتابگردان و صفات کیفی را در مقایسه با تیمار کنترل (عدم تلقیح) بهبود بخشیدند. به طوری که سبب افزایش عملکرد دانه و میزان پروتئین دانه شدند. بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده، به نظر می‌رسد که تلقیح بذر گندم با کودهای زیستی علاوه بر تولید هورمون‌های محرک رشد، باعث توسعه سطح فعال سیستم ریشه‌ای و افزایش دسترسی گیاه به عناصر غذایی شده که در نهایت عملکرد دانه گندم را افزایش داده است. همچنین به نظر می‌رسد در تیمار فوق این دو نوع کودزیستی بهترین اثرات متقابل را داشته و احتمالاً دارای اثرات هم افزایی با یکدیگر بوده که در نهایت منجربه بهبود خصوصیات رشدی گندم شده است. در نهایت با تفسیر نتایج حاصل از این آزمایش مشخص می‌گردد که اثرات مثبت کودهای زیستی بر رشد گندم نیز صادق می‌باشد. بنابراین با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش، چنین به نظر می‌آید که کاربرد کودهای محرک رشد مناسب، می‌تواند در افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه، بهبود خصوصیات رشدی گیاه گندم و کاهش کود شیمیایی مؤثر باشد.

نتیجه‌گیری

تلقیح بذر با سودوموناس و احتمالاً ایجاد شرایط مناسب جهت جوانه‌زنی باعث استقرار سریع‌تر گیاهچه و بهره‌مندی بیشتر از منابع محیطی توسط گیاه می‌شود. چنین وضعیتی باعث می‌شود که گیاه شرایط مناسب‌تری را جهت پر کردن دانه‌ها داشته باشد که این وضعیت همراه با افزایش عملکرد دانه نمود بیشتری می‌یابد. با روش تلقیح کود زیستی نه تنها می‌توان عملکرد دانه در واحد سطح را افزایش داد بلکه به طور قابل توجهی می‌توان مصرف کود شیمیایی را پایین آورد. افزایش قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی، با کاربرد توأم کودهای شیمیایی و جذب بیشتر آنها توسط گیاه، در نتیجه افزایش رشد و فتوسنتز با افزایش سطح برگ گیاه از عوامل افزایش عملکرد دانه در تیمارهای تلفیقی می‌باشد. به طوری که با کاهش 25 درصدی کود شیمیایی توصیه شده بعلاوه مصرف سودوموناس فلورسنس و انتخاب رقم ورینک می‌توان به عملکرد دانه قابل قبولی دست یافت.

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

بافت خاک	فسفر قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم)	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم)	نیتروژن کل (درصد)	کربن آلی(درصد)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته خاک
سیلتی لوم	6/8	220	0/08	0/9	1/69	7/05

جدول 2- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در سطوح کود شیمیایی و کود زیستی در ارقام گندم نان

		میانگین مربعات							
منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	تعداد سنبله در متر مربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک	ارتفاع بوته	پروتئین دانه
تکرار	2	437631/2	3350/3	117/6	153/4	7/7	3275540/06	53/2	1/9
رقم	1	535002/08^{-}	1541/3^{-}	75^{ns}	245/2^{-}	10/6^{ns}	203580/7^{ns}	64/8^{--}	0/85^{ns}
خطای الف	2	28527/083	62/5	1/118	11/2	1/01	151045/56	0/02	0/06
مصرف توام کود فسفری در کود زیستی	7	2711778/27**	5483/1**	171/5**	136/2**	29/6**	8555305/5**	255/4**	1/87**
رقم × مصرف توام کود فسفری در کود زیستی	7	54116/3**	80/09^{ns}	3/3**	27/9^{ns}	1/2^{ns}	201364/3**	13/2**	0/04^{ns}
خطای ب	28	12855/3	34/3	0/48	15/8	1/27	54251/5	1/29	0/03
ضریب تغییرات		12/8	9/57	8/21	10/3	9/8	13/8	10/4	6/7

^{ns} و *و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول 3- اثر تیمارهای رقم و کود شیمیایی بر عملکرد دانه، تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه اجزای عملکرد، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک، ارتفاع بوته و پروتئین دانه

تیمار	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	تعداد سنبله در متر مربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)	شاخص برداشت (درصد)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	ارتفاع بوته (سانتی متر)	پروتئین دانه (درصد)
Cultivar								
C_1	3968/3 b	367/6 b	30/4 a	36/8 b	39/1 a	10105 a	84/08b	10/8 a
C_2	4235/4 a	378/9 a	32/9 a	40/5 a	40/1 a	10235/7 a	86/4a	11/1 a
Chemical fertilizer× bio-fertilizer								
Ch_0bio_1	3138/3e	323/5d	23/3g	32/5c	36/4c	8593/3e	75/2f	10/01f
Ch_0bio_1	3321/6e	332/8d	25/8f	34/2c	37/6bc	8811/6e	77/8e	10/6e
Ch_1bio_0	3623/3d	370c	29/3e	36/1c	39/06b	9265d	82/2d	10/7e
Ch_1bio_1	3896/6c	379/8b	31/3d	38/3bc	39/6b	9775c	85/1c	10/9de
Ch_2bio_0	4278/3b	383/6b	33/3c	38/9bc	39/3b	10995b	86/9bc	11/1cd
Ch_2bio_1	4943/3a	401/3a	36/6b	46/9a	43/2a	11392/5a	93/03a	11/5ab
Ch_3bio_0	4355b	388/3b	34/3c	39/1bc	39/2b	11089/1ab	88/6b	11/3bc
Ch_3bio_1	4858/3a	406/3a	39/1a	43/4ab	42/2a	11481/3a	92/9a	11/8a

در هر ستون میانگین‌هایی، ، که دارای حروف مشترک می باشند، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن، در سطح احتمال 5% اختلاف معنی‌داری ندارند.

C_1 و C_2= بترتیب رقم چمران و رقم ورناک

Ch_0bio_0، Ch_0bio_1، Ch_1bio_0، $Ch1bio_1$، $Ch2bio_0$، Ch_2bio_1، Ch_3bio_0 و Ch_3bio_1= به ترتیب عدم مصرف کود شیمیایی در عدم استفاده از کود زیستی، عدم مصرف کود شیمیایی در استفاده از کود زیستی، مصرف 50 درصد کود شیمیایی در عدم استفاده از کود زیستی، مصرف 50 درصد کود شیمیایی در استفاده از کود زیستی، مصرف 75 درصد کود شیمیایی در عدم استفاده از کود زیستی، مصرف 75 درصد کود شیمیایی در استفاده از کود زیستی، مصرف 100 درصد کود شیمیایی در عدم استفاده از کود زیستی و مصرف 100 درصد کود شیمیایی در استفاده از کود زیستی

جدول 4- اثر برهمکنش تیمارهای رقم، مقادیر کود شیمیایی و کود زیستی بر عملکرد دانه، تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه اجزای عملکرد، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک، ارتفاع بوته و پروتئین دانه

تیمار	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	تعداد سنبله در متر مربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)	شاخص برداشت (درصد)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	ارتفاع بوته (سانتی متر)	پروتئین دانه (درصد)
$C1Ch_0bio_0$	3162/3hi	322/3g	21/3k	31/7e	36/07gh	8600h	74i	9/9j
$C1Ch_0bio_1$	3306/6hi	329/3fg	24/3j	33/5de	37/3fgh	8840gh	77/2gh	10/5i
$C1Ch_1bio_0$	3570g	364e	27/3i	35/1cde	39/1def	9126/6fg	81/3f	10/6hi
$C1Ch_1bio_1$	3876/6f	376/6d	29/3h	37cde	39/2def	9783/3e	84/2de	10/8ghi
$C1Ch_2bio_0$	4166/6e	379cd	32/3fg	37/8cde	38/4defgh	11041/6cd	87/2c	11/03efg
$C1Ch_2bio_1$	4663/2c	391/6b	36/3bc	39/8bcd	42/5ab	10937cd	89/6b	11/4cd
$C1Ch_3bio_0$	4273/3de	384bcd	33/3ef	37/8cde	38/2defgh	11185cd	89/3b	11/3cde
$C1Ch_3bio_1$	4726/6c	394b	39a	41/4bc	41/7bc	11330/3bc	89/6b	11/5bc
$C2Ch_0bio_0$	3113/3i	324/6g	25/3j	32/7de	36/2h	8586/6h	76/4h	10/1j
$C2Ch_0bio_1$	3336/6h	336/3f	27/3i	35cde	37/9efgh	8783/3gh	78/4g	10/8ghi
$C2Ch_1bio_0$	3676/6g	376d	31/3g	37/06cde	39/03def	9403/3ef	83/2e	10/9fgh
$C2Ch_1bio_1$	3916/6f	383bcd	33/3ef	39/6bcd	40/1cde	9766/6e	86/06cd	11/1defg
$C2Ch_2bio_0$	4390d	388/3bc	34/3de	40bcd	40/3cd	10868/3d	86/6c	11/2cdef
$C2Ch_2bio_1$	5223/3a	411a	37b	49/03a	44a	11850a	96/4a	11/7b
$C2Ch_3bio_0$	4436/6d	393/6b	35/3cd	40/5bcd	40/3cd	10993/3cd	87/9bc	11/3cde
$C2Ch_3bio_1$	4990b	418/6a	39/3a	45/5ab	41/8ab	11632/3ab	96/2a	12/1a

در هر ستون میانگین‌هایی، که دارای حروف مشترک می باشند، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن، در سطح احتمال 5% اختلاف معنی‌داری ندارند.

C_1 و C_2= بترتیب رقم چمران و رقم ورینک Ch_0bio_0 ، Ch_0bio_1، Ch_1bio_0، $Ch1bio_1$، $Ch2bio_0$، Ch_2bio_1،Ch_3bio_0 و Ch_3bio_1= بترتیب عدم مصرف کود شیمیایی در عدم استفاده از کود زیستی، عدم مصرف کود شیمیایی در استفاده از کود زیستی، مصرف 50 درصد کود شیمیایی در عدم استفاده از کود زیستی، مصرف 50 درصد کود شیمیایی در استفاده از کود زیستی، مصرف 75 درصد کود شیمیایی در عدم استفاده از کود زیستی، مصرف 75 درصد کود شیمیایی در استفاده از کود زیستی، مصرف 100 درصد کود شیمیایی در عدم استفاده از کود زیستی و مصرف 100 درصد کود شیمیایی در استفاده از کود زیستی

فهرست منابع:

1. اکبری،پ.، ا. قلاوند و س.ع. م. مدرس ثانوی. 1388. اثرات سیستم‌های مختلف تغذیه و باکتری‌های افزاینده رشد (PGPR) بر فنولوژی، عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. جلد دوم. شماره سوم. صفحات 134-119.
2. ایران نژاد، ح.، س. ابراهیمی، ب. آزادگان، ا. ح. شیرانی راد، ز. جوانمردی، غ. اکبری و ر. امیری. 1387. بررسی اثر میزان مختلف نیتروژن در حالت کاربرد و عدم کاربردازتوباکتر بر عملکرد کمی و کیفی ارقام علوفه کلزا. دهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج. ص 406.
3. توحیدی مقدم، ح.، ب. ثانی، م. شریفی و ف. قوشچی. 1383. تأثیر باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن و حل کننده فسفات بر روی برخی از شاخص‌های کمی سویا از دیدگاه کشاورزی پایدار. چکیده مقالات هشتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان. ص 148.
4. حمیدی، ا.، ر. چوکان، ا. اصغرزاده، م. دهقان شعار، ا. قلاوند و م. ج. ملکوتی. 1388. اثر استفاده از باکتری‌های افزاینده رشد گیاه (PGPR) بر فنولوژی دورگ‌های دیررس ذرت (*Zea mays* L.). مجله علوم زراعی ایران. جلد یازدهم، شماره 3. 270-249.
5. حمیدی، ا.، ا .قلاوند، م .دهقان شعار، م.ج .ملکوتی، ا .اصغرزاده، و ر .چوکان. 1385. اثرات کاربرد باکتری‌های محرک رشد گیاه بر عملکرد ذرت علوفه‌ای .پژوهش و سازندگی، 70. 22-16
6. رشیدی، ز.، م. ج. زارع، ف. رجالی و ع. ا. مهرابی. 1390. تأثیر خاکورزی و تلفیق کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد کمی و کیفی گندم نان و فعالیت زیستی خاک تحت شرایط دیم. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. جلد چهارم، شماره دوم. 206-189.
7. خرم دل، س.، ع. کوچکی،م. نصیری محلاتی و ر. قربانی. 1387. اثر کاربرد کودهای زیستی بر شاخص‌های رشدی سیاهدانه. پژوهش‌های زراعی ایران. جلد 6. شماره 2. صفحات294-285.
8. مرادی، م. 1389. تأثیر باکتری‌های حل کننده فسفات بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم در شرایط آب و هوایی مهران. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد واحد دزفول. 101 صفحه.
9. Abdulla, A. M. 1999. Effect of organic and biofertilization on growth, yield and its quality and storability of potato. Ph.D. Thesis, Fac. Agric. Cairo Univ. pp: 14-35
10. Alexander, D. B. and D. A. Zuberer. 1993. Responses by iron-efficient and inefficient oat cultivars to inoculation with siderophore-producting bacteria in a calcareous soil. Biology and Fertility of Soils 16: 118-124.
11. Al-Karaki, G., B. McMichael, and J. Zak. 2004. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. Mycorrhiza 14:263–269.
12. Ashraf, M., M. Museen-Ud-Din, and N.H. Warraich. 2003. Production efficiency of mung bean (*Vigna radiate* L.) as affected by seed inoculation and NPK application. International Journal of Agriculture and Biology 5: 179-180.
13. Auge, R. M., X., Duan, R. C., Ebel, and A. J. W. Stodola. 2001. Nonhydraulic signalling of soil drying in mycorrhizal maize. Planta 193: 74-82.
14. Behl, R. K., H. Sharma, V. Kumar, and K. P. Singh. 2003. Effect of dual inoculation of VA mycorrhiza and *Azotobacter chroococcum* on above flag leaf characters in wheat. Archives of Agronomy and Soil Science 49: 25-31.
15. Das, A. C and D. Saha. 2000. Influence of diazotrophic inoculations on nitrogen of rice. Australian Journal of Soil Research 41: 1543-1554.

16. Hafeez, F.Y., M.E. Safdar, A.U Chaudry, and K.A. Malik. 2004. Rhizobial inoculation improves seedling emergence, nutrient uptake and growth of cotton. Australian Journal of Experimental Agriculture 44:617-622.
17. Hernandez, A. N., A. Hernandez, and M. Heydrich. 1995. Selection of rhizobacteria for use in maize cultivation. Cultivos Tropicales 6: 5-8.
18. Huiying. L. 2005. Role of mycorrhiza symbiosis in growth and phosphorus nutrition of wheat. The University of Adelaide. 99 180.
19. Idris, M. 2003. Effect of integrated use of mineral, organic N and Azotobacter on the yield, yield components and N-nutrition of wheat (*Triticum aestivum* L.). Pakistan Journal of Biological Sciences 6: 539-543.
20. Lakshminarayana, K., B., Shukla, S.S., Sindhu, P., Kumari, N., Narula, and R.K. Sheoran. 2000. Analogue- resistant mutants of *Azotobacter chroococcum* derepressed for nitrogenase activity as inoculatants for cereal crops. Indian Journal of Exprimental Biology 38: 373-378.
21. Lynch, J. M. 1990. The Rhizospher. John Wiley and Sons, USA.
22. Marius, S., A., Octavita, U., Eugen, and A. Vlad. 2005. Study of a microbial inoculation on several biochemical indices in sunflower (*Helianthus anuus L*.). Genetic and Molecular Biology 15:14-18.
23. Park, K. H., C. Y., Lee and H. J. Son. 2009. Mechanism of insoluble phosphate solubilization by *Pseudomonas fluorescens* RAF15 isolated from ginseng rhizosphere and its plant growth-promoting activities. Letters in Applied Microbiology. 222–228.
24. Raja, A. R., K. H., Shah, M., Aslam and M. Y Memon. 2002. Respons of phosphobacterial and mycorrhizal inoculation in wheat. 4: 322-323.
25. Rai, S. N. and A. C. Caur. 1998. Characterization of Azotobacter Spp. and effect of *Azospirilum lipoferum* on the yield and N-Uptake of wheat crop, Plant and Soil 109: 131-134.
26. Rodriguze, H and R. Fraga. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. Biothecnology Advances 17: 319-339.
27. Salantur. A., A. Ozturk, S. Akten, F. Sahin, and F. Donmez. 2005. Effect of inoculation with non-indigenous and indigenous rhizobacteria of Erzurum (Turkey) origin on growth and yield of spring barley. Plant and Soil. 275: 147–156.
28. Shaalan, M.N. 2005. Influence of biofertilizers and chicken manure on growth, yield and seeds quality of (*Nigella sativa* L.) plants. Egyptian Journal of Agricultural Research. 83: 811-828.
29. Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for sustainable agriculture. 1st edition. Jodhpur: agrobios, Indian. 456p.
30. Shehata, M.M., and S.A. EL-Khawas, 2003. Effect of two biofertilizers on growth parameters, yield characters, nitrogenous components, nucleic acids content, minerals, oil content, protein profiles and DNA banding pattern of sunflower yield. Pakistan Journal of Biological Sciences. 6: 1257-1268.
31. Singh, R., R.K, Behl. K.P., Singh, P. Jain and N. Narula. 2004. Performance and gene effects for wheat yield under inoculation of arbuscular mycorrhiza fungi and *Azotobacter chroococcum*. Haryana Agricultural University. Hisar, India. Plant and Soil Environment 50: 409-415.
32. Tanwar, S.P.S., G. L. Sharma, and M.S.Chahar. 2002. Effects of phosphorus and biofertilizers on growth and productivity of black gram. Annuals of Agricultural Research. 23: 491-493.

33. Wu, S.C., Z.H. Caob, Z.G. Lib, K.C. Cheunga and M.H. Wong. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma 125: 155–166.
34. Zahir, A. Z., S. A. Abbas, A. Khalid and M. Arshad. 2000. Substrate dependent microbially derived plant hormones for improving growth of maize seedlings. Pakistan Journal of Biological Science 3: 289-291.