

اثر روش‌های کاربرد باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه بر تولید گندم

در شرایط شوری خاک

علیرضا توسلی¹، احمد اصغرزاده و صدقعلی زمانی

استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، تبریز، ایران؛ ar.tavasolee@yahoo.ca

دانشیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز،

ایران؛ a_asgharzadeh_2000@yahoo.com

کارشناس ارشد بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و

ترویج کشاورزی، تبریز، ایران؛ sedgaliali@yahoo.com

دریافت: 94/10/6 و پذیرش: 95/7/12

چکیده

در این تحقیق روش‌های کاربرد باکتری‌های ریزوسفری مفید برای تولید گندم در یک خاک شور با EC پنج دسی-ژیمنس بر متر و در شرایط مزرعه مورد بررسی قرار گرفتند. سه سویه از باکتری‌های ازتوباکتر، آزوسپریلیوم و سودوموناس به صورت مخلوط فرموله و به عنوان تیمار باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد انتخاب گردید. آزمایش بصورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و طی دو سال زراعی 90-1389 و 91-1390 در مرکز تحقیقات آذربایجان شرقی اجرا شد. فاکتور اول کاربرد باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد در پنج سطح (چهار روش استفاده و یک روش بدون مصرف باکتری) و فاکتور دوم استفاده از کود نیتروژنه در سه سطح (100 و 70 درصد توصیه کودی و بدون مصرف نیتروژن) بود. روش‌های کاربرد باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد به صورت‌های آغشته نمودن بذر گندم با باکتری در فصل پاییز هنگام کاشت (بذر مال)، کاربرد با آب آبیاری در فصل بهار (کود آبیاری)، اسپری بر سطح برگ و اندام هوایی گیاه در فصل بهار (اسپری برگ) و تلفیق هر سه روش فوق بود. نتایج تجزیه مرکب مجموع دو سال نشان داد فاکتور روش کاربرد باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد و تیمار کود نیتروژنه تاثیر معنی‌داری بر افزایش عملکرد دانه و کاه تولیدی داشتند. استفاده از باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد به روش بذر مال، کود آبیاری و اسپری برگ عملکرد دانه را نسبت به شاهد (بدون استفاده از باکتری) به ترتیب 46/5، 37/3 و 24/9 درصد افزایش داد. در تیمار کود نیتروژنه سطوح 100 و 70 درصد توصیه کودی عملکرد دانه را نسبت به تیمار شاهد (بدون مصرف کود نیتروژنه)، به ترتیب 18/6 و 9/1 درصد افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: اسپری برگ، باکتری‌های ریزوسفری، بذر مال، کود آبیاری، کود نیتروژنه

¹ نویسنده مسئول، آدرس: جاده تبریز - آذر شهر 2 کیلومتر بعد از پلیس راه خسروشاه، بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و

مقدمه

گندم یکی از محصولات اساسی کشور بوده و غذای اصلی مردم را تشکیل می‌دهد که با سطح زیرکشت نزدیک به شش میلیون هکتار در کشور و تولید نزدیک به ده میلیون تن در سال بالاترین مقدار پروتئین گیاهی را در کشور فراهم می‌کند (بی‌نام، 1392). گندم یکی از محصولات استراتژیک بوده و بالغ بر 45 درصد پروتئین و 55 درصد از کالری مورد نیاز مردم کشورمان را تأمین می‌کند. گندم در حقیقت غذای اصلی مردم را تشکیل داده و مصرف سرانه‌ی آن بالغ بر 150 کیلوگرم در سال است (نورمحمدی و همکاران، 2002). نیتروژن، یکی از مهمترین عناصر در ترکیبات آلی است که کاربرد مهمی در ساختمان اسیدهای نوکلئیک و اسیدهای آمینه دارد. نیتروژن حدود نیم تا پنج درصد وزن خشک گیاهان را تشکیل می‌دهد (جاده‌ها و همکاران، 1987؛ اردکانی و همکاران، 2000). نیتروژن یک عامل کلیدی در دستیابی به عملکرد مطلوب در گندم است. پویایی و تحرک بالای نیتروژن در خاک باعث شده که زمان و مدیریت مصرف آن برای موفقیت در تولید دانه و پروتئین آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد.

باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه¹ (PGPR) انواعی از باکتری‌ها هستند که موجب افزایش رشد گیاه و عملکرد محصولات مهم زراعی می‌شوند. این باکتری‌ها قادرند از طریق مکانیسم‌های مختلف تولید و ترشح تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه و یا از طریق فراهم نمودن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه از جمله فسفر و یا نیتروژن اثرات مثبتی را بر رشد گیاهان اعمال نمایند. ریزوباکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه در حقیقت همان باکتری‌های مفید خاکزی هستند که ریشه‌های گیاه را کلنیزه کرده و بوسیله مکانیسم‌های مختلف موجب افزایش رشد گیاه می‌گردند. در میان باکتری‌های یاد شده برخی به طور مستقیم موجب تحریک رشد گیاه می‌شوند. آنها این عمل را از طریق تولید و ترشح تنظیم‌کننده‌های رشد مثل اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و سیتوکینین‌ها، ترشح سیدروفورها و یا از طریق فراهم نمودن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه از جمله فسفر و یا نیتروژن انجام می‌دهند و برخی دیگر از انواع PGPR به طور ضمنی و یا تنها با مکانیسم‌های غیر مستقیم بر رشد گیاه اثر می‌گذارند (یاداو و همکاران، 2015).

مطالعات بسیاری در خصوص بررسی تأثیر PGPR بر رشد گیاهان زراعی انجام شده است. در این

خصوصاً گزارش شده که باکتری‌های محرک رشد گیاه، عملکرد گیاهان زراعی را افزایش داده‌اند (گول و همکاران، 2004؛ وایت لاول، 2000 و زایدی، 1999). تأثیر گونه‌های باسیلوس بر عملکرد برنج گندم، کلزا و ذرت و انواع سودوموناس‌ها بر عملکرد گندم بهاره و پاییزه نمونه‌هایی از افزایش عملکرد ناشی از بکارگیری این نوع از باکتری‌ها است (خاوازی و همکاران، 1392). خسروی و همکاران (1393) نشان دادند که جدایه‌های مختلف بومی باکتری ازتوباکتر موجب افزایش عملکرد و شاخص‌های رشدی گندم در استان‌های مختلف کشور شده است.

نتایج مطالعات سینگ و ردی (2011) در رابطه بررسی تأثیر تلقیح با میکروارگانسیم‌های حل‌کننده فسفات در رشد و جذب عناصر غذایی در گندم و ذرت همراه با خاک فسفات در خاک‌های قلیایی نشان داد که تلقیح با سودوموناس آکسالیکوم² به طور معنی‌داری رشد و عملکرد هر دو گیاه را افزایش داد. همچنین غلظت فسفر در هر دو گیاه افزایش یافت. حمیدا و همکاران (2008) نیز با استفاده از تعدادی از باکتری‌های PGPR نشان دادند که در شرایط آزمایشگاه، تلقیح با این باکتری‌ها زیست توده گیاهی را 20 تا 40 درصد افزایش داد. سینگ و همکاران (2004) در آزمایش‌های خود، تأثیر مثبت کودهای زیستی ازتوباکتر، آزوسپیریلیوم و مایکوریزا را بر شاخص برداشت اعلام کرده‌اند که با نتایج به‌دست آمده از این تحقیق مطابقت دارد. به طور مشابه زای و همکاران (1990) طی آزمایش مزرعه‌ای افزایش عملکرد دانه گیاه گندم به مقدار 11/4 تا 14/7 را در اثر تلقیح با سویه‌ای از PGPR (*Bacillus sp.*) مشاهده کردند. در این تحقیق علاوه بر افزایش سرعت جوانه زنی، تشکیل پنجه و وزن خشک گیاه نیز افزایش یافت. همچنین جرمیدا و والی (1996) افزایش 11 درصدی عملکرد دانه گیاه گندم را در اثر تلقیح با باکتری *Azotobacter* گزارش نمودند.

شوری یکی از فاکتورهای مهم مخرب و محدودکننده تولید محصول در اراضی زراعی بوده که دلیل آن حساسیت اکثر گیاهان زراعی به غلظت بالای نمک در خاک و شوری حاصل از آن می‌باشد. طیف گسترده‌ای از استراتژی‌ها برای مقابله با شوری مورد نیاز بوده که استفاده از میکروارگانسیم‌ها می‌تواند یکی از ساده‌ترین و کم هزینه‌ترین آنها باشد. باکتری‌های PGPR با توجه به خواص منحصر به فردی همچون مقاومت به شرایط شوری، تنوع ژنتیکی، تولید مواد محلول در خاک، تولید هورمون‌های مختلف گیاهی، پتانسیل کنترل زیستی و غیره دارند می‌توانند در این زمینه موثر باشند (شری‌واستا و

² *P. oxalicum*

¹ Plant Growth Promoting Rhizobacteria

کودهای بیولوژیک و توصیه آن به کشاورزان اعتماد آنها را به این کودها افزایش داد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش طی دو سال زراعی 1389-90 و 91-1390 در ایستگاه خسروشاه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی اجرا گردید. در هر دو سال، ابتدا از خاک محل آزمایش نمونه مرکب تهیه و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن تعیین گردید. سپس زمین مورد نظر شخم و دیسک زده شده و کرت‌هایی به ابعاد 2×3 متر در آنها پیاده گردید. با توجه به آزمون خاک، توصیه کودی لازم (ملکوتی و غیبی، 1379) صورت گرفته و به جز نیتروژن برای تمام کرت‌ها بطور یکسان کودهای لازم داده شد. در این تحقیق سویه‌های برتر سه جنس باکتری ازتوباکتر، آزوسپریلوم و سودوموناس از کلکسیون باکتری‌های موسسه تحقیقات خاک و آب که در آزمایشات قبلی گلخانه‌ای و مزرعه‌ای دارای تأثیر مثبت تری بر رشد و عملکرد گیاه بودند، انتخاب و پس از تکثیر آنها مایه تلقیح باکتریایی مربوطه تهیه شده و به عنوان تیمار باکتریهای افزاینده رشد گیاه در آزمایش مورد استفاده قرار گرفتند. طرح به صورت فاکتوریل با دو فاکتور A, B و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار و به مدت دو سال به اجراء درآمد. فاکتور اول کاربرد باکتری‌های افزاینده رشد در پنج سطح (چهار روش استفاده و بدون مصرف باکتری) و فاکتور دوم استفاده از کود نیتروژنه در سه سطح (100 و 70 درصد توصیه کودی و بدون مصرف نیتروژن) بود. فاکتور A (فاکتور زمان و نوع مصرف) دارای 5 سطح به شرح زیر می‌باشد:

- 1- (بذر مال) آغشته کردن بذر گندم با مایه تلقیح مخلوط سه باکتری به میزان 2/5 لیتر مایه تلقیح ب (با جمعیت 10^8 در لیتر) برای یک هکتار که در هنگام کاشت در پاییز استفاده گردید.
- 2- (کود آبیاری) مخلوط کردن مایه تلقیح مخلوط سه باکتری به میزان 10 لیتر در هکتار (با جمعیت 10^8 سلول در هر لیتر) با آب آبیاری در دو نوبت، که میزان مورد استفاده در سطح کرت محاسبه شد و پس از رقیق کردن بوسیله آب‌پاش در داخل جوی‌ها در دو نوبت (اولین و دومین نوبت آبیاری در فصل بهار و به فاصله 10 روز) مصرف شدند.
- 3- (اسپری برگی) اسپری کردن مایه تلقیح مخلوط سه باکتری به سطح اندام هوایی گیاه در فصل بهار به میزان 10 لیتر مایه تلقیح باکتری در هکتار

کومار، 2015). استفاده از باکتری‌های محرک رشد گیاه در شرایط شور نیز توانسته افزایش عملکرد گندم را به دنبال داشته باشد. طی تحقیقی که از باکتری‌های محرک رشد گیاه با توان تولید آگروپولی‌ساکارید استفاده شده بود، عملکرد بیولوژیک گندم‌های تلقیح شده نسبت به گندم-های تلقیح نشده افزایش یافت (نیوآدهایا و همکاران، 2011). طی تحقیقی دوبلار و همکاران (2003) مطالعه‌ای را در خصوص بررسی تأثیر باکتری آزوسپریلیوم برازیلنس¹ روی پارامترهای رشد گندم بهاره انجام دادند. بذره‌های تلقیح شده زودتر به مرحله گلدهی رسیدند. همچنین وزن خشک اندام هوایی، ریشه و قدرت جوانه-زنی بذره‌های تلقیح شده افزایش یافت. آنها بین توسعه سیستم ریشه و عملکرد گندم همبستگی مثبتی مشاهده کردند. سراواناکومار و سمیپان (2007) گزارش دادند که باکتری *Pseudomonas fluorescens* دارای آنزیم ACC دامیناز، در شرایط شور اثرات مثبتی بر برخی شاخص‌های رشد بادام زمینی داشته است. حمیدی و همکاران (1386) مشاهده کردند تلقیح بذر در گیاه ذرت با باکتری‌های PGPR تأثیر قابل ملاحظه‌ای در ارتقای کیفیت بذر و تقویت بنیه گیاهچه داشته است و تلقیح با دو باکتری ازتوباکتر کروکوکوم و سودوموناس فلورسنس بیشترین تأثیر مثبت را داشته است. نتایج تحقیق توسلی و خسروی (1386) نشان داد که سویه‌های مختلف باکتری ازتوباکتر تأثیر معنی‌داری بر تولید کاه و کلش و وزن هزاردانه گندم داشتند اگر چه تلقیح این سویه‌ها با بذر گندم بر عملکرد دانه تأثیر معنی‌دار نداشته ولی بذره‌های تلقیح شده با باکتری اختلاف عملکردی در حدود 1 تن با شاهد بدون تلقیح نشان دادند.

تولید و مصرف کودهای بیولوژیک (زیستی) در کشور چند سالی است که آغاز شده و لذا تحقیق در زمینه‌های مختلف آنها و از جمله بومی‌سازی تحقیقات خارجی از ضروریات بسیار مهم بوده و می‌تواند بر کارایی مصرف و اثربخشی آنها تأثیرگذار باشد. در کاشت گندم پاییزه یک دوره سرمای زمستانه وجود دارد لذا بررسی زمان و نوع مصرف باکتری‌های افزاینده رشد گیاه می‌تواند در انتخاب مدیریت صحیح مصرف کود زیستی در زراعت گندم به خصوص در مناطقی که سرمای زمستانه زیاد دارند و خاک نیز شور باشد می‌تواند مؤثر باشد، تا ضمن افزایش عملکرد گیاه و حفظ حاصلخیزی خاک، مصرف کودهای شیمیایی کاهش یافته و از اثرات منفی زیست محیطی ناشی از مصرف بی رویه نیتروژن جلوگیری گردد و با انتخاب بهترین زمان و نوع مصرف

¹ *Azospirillum brasilense*

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه خاک (جدول 1) میزان توصیه کودی نیتروژنه در هر دو سال آزمایش 300 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه تعیین گردید و تیمارهای آزمایش بدین طریق تعیین شدند که تیمار B3 (300) و تیمار B2 (210) کیلوگرم در هکتار از منبع اوره و در سه قسط به کرت‌های مربوطه داده شدند (جدول 2). تیمارهای باکتری نیز طبق روش ذکر شده بصورت بذرمال در هنگام کاشت در پاییز با بذر گندم بوسیله ماده چسباننده آغشته و کشت شدند و در تیمار کود آبیاری و اسپری برگی در بهار بصورت حل در آب آبیاری و اسپری بوسیله سمپاش به تیمارهای مربوطه داده شدند. بذر گندم رقم الوند به میزان 200 کیلوگرم در هکتار، جهت کاشت به صورت ردیفی استفاده شد. در طول فصل کاشت عملیات داشت و مبارزه با علفهای هرز انجام گردید. در پایان فصل رشد و پس از رسیدن محصول عملکرد دانه و کاه و کلش، وزن هزار و پروتئین دانه گندم تعیین شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای Mstat و Excel مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند.

(با جمعیت 10^8 سلول در هر لیتر) در دو نوبت (اولین و دومین نوبت آبیاری به فاصله 10 روز) که میزان مورد مصرف در سطح کرت محاسبه شده و پس از رقیق کردن با آب آبیاری بوسیله سمپاش در هر نوبت بر روی اندام هوایی و برگ‌های گندم اسپری گردیدند.

4- ترکیب هر سه روش 1، 2 و 3 به نحوی که مقدار مصرف باکتری در هر روش یک سوم گردید تا تأثیر تجمعی مصرف کود بیولوژیک در تیمارها پیش نیاید.

5- (شاهد) بدون استفاده از مایه تلقیح باکتریایی فاکتور B (سطوح کود نیتروژنه) دارای 3 سطح به شرح زیر می‌باشد:

1- بدون مصرف کود نیتروژنه

2- 70% توصیه کودی نیتروژنه (اوره) که در سه قسط (هنگام کاشت، مرحله پنجه زنی و موقع ساقه‌دهی) اعمال گردید.

3- 100% توصیه کودی نیتروژنه (اوره) که در سه قسط (هنگام کاشت، مرحله پنجه زنی و موقع ساقه دهی) اعمال گردید.

جدول 1- نتایج تجزیه خاک دو سال اجرای آزمایش

| سال اجرای طرح | هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) | اسیدیته گل اشباع | درصد مواد خنثی شونده | درصد کربن آلی | فسفر قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم) | پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم) | درصد شن | درصد سیلت | درصد رس | کلاس بافت خاک |
|---------------|-----------------------------------|------------------|----------------------|---------------|-------------------------------------|---------------------------------------|---------|-----------|---------|---------------|
| 89-90 | 4/85 | 7/8 | 7/5 | 0/8 | 7/2 | 550 | 56/5 | 23/5 | 20 | لومی رسی شنی |
| 90-91 | 5/14 | 7/6 | 8/5 | 0/82 | 9/2 | 505 | 56 | 28 | 16 | لومی شنی |

جدول 2 - میزان تیمارهای کود نیتروژنه بر اساس آزمون خاک و توصیه کودی (ملکوتی و غیبی، 1379)

| سال اجرا | درصد کربن آلی خاک | تیمار B3 میزان 100 درصد توصیه کودی (اوره) کیلوگرم در هکتار) | تیمار B2 میزان 70 درصد توصیه کودی (اوره) کیلوگرم در هکتار) | تیمار B1 بدون مصرف کود اوره |
|----------|-------------------|--|---|--------------------------------|
| 1389 | 0/8 | 300 | 210 | 0 |
| 1390 | 0/82 | 300 | 210 | 0 |

نتایج

هزاردانه و پروتئین دانه گندم داشته است. بنابراین با توجه به معنی‌دار شدن اثر سال، داده‌ها به تفکیک سال نیز مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. با توجه به نتایج

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس سال تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه، عملکرد کل، وزن

جدول یک ملاحظه می‌گردد خاک محل آزمایش در هر دو سال اجرای آزمایش شور می‌باشد.

سال اول

براساس نتایج تجزیه آماری تیمار کاربرد باکتری- های افزایشنده رشد دارای تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر عملکرد دانه، کاه و نیتروژن دانه می‌باشد. بررسی مقایسه میانگین تیمار روش‌های استفاده از باکتری با استفاده از آزمون LSD نشان داد که روش کاربرد باکتری بصورت بذرمال نسبت به شاهد بدون مصرف باکتری افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه، کاه و نیتروژن دانه داشتند. براساس نتایج ارائه شده در جدول 3 مشاهده می‌گردد که عملکرد دانه در روش بذرمال 46 درصد، کاربرد باکتری با آب آبیاری 33 درصد، اسپری برگی 16 درصد و ترکیب سه روش فوق 10 درصد افزایش

عملکرد نسبت به شاهد بدون استفاده از باکتری داشته‌اند. روش بذرمال بهترین عملکرد را داشته و ترکیب هر سه روش استفاده از باکتری نتوانسته اختلاف معنی‌داری با سایر روش‌ها (به جزء بذرمال) و حتی بدون استفاده از باکتری داشته باشد. همچنین نتایج نشان می‌دهند که تیمار کود آبیاری افزایش معنی‌داری در پروتئین دانه گندم نسبت به شاهد بدون استفاده از باکتری داشته است و اگرچه اختلاف معنی‌داری با سایر روش‌ها ندارد ولی مقدار آن از سایر روش‌ها بیشتر است. براساس نتایج تجزیه آماری بین تیمارهای کود نیتروژنه اختلاف معنی‌داری در عملکرد دانه و کاه مشاهده می‌گردد، عملکرد دانه در تیمارهای 100 و 70 درصد توصیه کودی به ترتیب 29/4 و 22/2 بیشتر از شاهد بدون استفاده از کود نیتروژنه است.

جدول 3- مقایسه میانگین تیمارهای باکتری و کود نیتروژنه بر عملکرد دانه، کاه، وزن هزار دانه و نیتروژن دانه گندم در سال اول

| تیمارها | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) | عملکرد کاه (کیلوگرم در هکتار) | وزن هزار دانه (گرم) | نیتروژن دانه (درصد) |
|------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------|---------------------|
| بذر مال | A 2881/5 | A 7675/4 | 36/694 | AB 2/444 |
| کود آبیاری | AB 2613/0 | A 7314/8 | 36/046 | A 2/559 |
| اسپری برگی | AB 2284/3 | A 7402/8 | 36/678 | AB 2/397 |
| ترکیب هر سه روش | B 2164/9 | A 7471/3 | 37/558 | A 2/546 |
| بدون مصرف باکتری | B 1969/4 | B 5526/5 | 36/778 | B 2/317 |
| مقدار آزمون LSD | %1 691/5 | %1 1603 | - | %1 2/1888 |
| بدون مصرف کود نیتروژنه | B 2032/8 | B 5850/1 | 36/927 | 2/442 |
| 70 درصد توصیه کودی | A 2484/5 | A 7507/0 | 36/256 | 2/420 |
| 100 درصد توصیه کودی | A 2630/6 | A 7877/4 | 37/069 | 2/496 |
| مقدار آزمون LSD | %5 397/1 | %1 1242 | - | - |

سال دوم

براساس نتایج تجزیه آماری تیمار کاربرد باکتری- های افزایشنده رشد دارای تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه در سطح یک درصد و بر عملکرد کاه در سطح 5 درصد می‌باشد و سایر تیمارها و اثرات متقابل آنها تأثیر معنی- داری بر فاکتورهای مورد بررسی نداشتند. بررسی مقایسه میانگین تیمار باکتری که شامل روش‌های مختلف استفاده از باکتری می‌باشد با استفاده از آزمون LSD نشان می‌دهد که روش بذرمال و کود آبیاری افزایش عملکرد معنی‌داری نسبت به شاهد بدون استفاده از باکتری داشته‌اند (جدول 4). بر همین اساس ملاحظه می‌گردد که عملکرد

دانه در روش بذرمال 46/5 درصد، کاربرد باکتری با آب آبیاری 40 درصد، اسپری برگی 30/5 درصد و ترکیب سه روش فوق 25 درصد افزایش عملکرد نسبت به شاهد بدون استفاده از باکتری‌های افزایشنده رشد داشته‌اند. اگرچه نتایج تجزیه آماری اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در عملکرد کاه نشان می‌دهد ولی آزمون LSD اختلافی بین تیمارهای باکتری نشان نمی‌دهد. عملکرد کاه در روش بذرمال 23/7 درصد، کاربرد باکتری با آب آبیاری 15/8 درصد، اسپری برگی 11/9 درصد و ترکیب سه روش فوق 4/5 درصد افزایش عملکرد نسبت به شاهد بدون استفاده از باکتری‌های افزایشنده رشد داشته‌اند.

جدول 4- مقایسه میانگین تیمارهای باکتری و کود نیتروژن بر عملکرد دانه، کاه، وزن هزار دانه و نیتروژن دانه گندم در سال دوم

| تیمارها | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) | | عملکرد کاه (کیلوگرم در هکتار) | | وزن هزار دانه (گرم) | نیتروژن دانه (درصد) |
|-----------------------|--------------------------------|----|-------------------------------|----|---------------------|---------------------|
| بذر مال | 4634/7 | A | 6133/6 | A | 45/618 | 2/598 |
| آب آبیاری | 4431/7 | A | 5742/8 | A | 45/342 | 2/554 |
| اسپری | 4126/9 | AB | 5549/2 | A | 43/224 | 2/463 |
| ترکیب هر سه روش | 3949/2 | AB | 5180/9 | A | 43/651 | 2/577 |
| بدون مصرف باکتری | 3162/1 | B | 4958/0 | A | 41/181 | 2/457 |
| مقدار آزمون LSD | 1259 | %1 | 1334 | %5 | - | - |
| بدون مصرف کود نیتروژن | 3932/9 | | 9407 | | 44/957 | 2/541 |
| 70 درصد توصیه کودی | 3773/3 | | 8927 | | 43/174 | 2/486 |
| 100 درصد توصیه کودی | 3920 | | 9583 | | 43/279 | 2/562 |
| مقدار آزمون LSD | - | | - | | - | - |

مجموع دو سال

نتایج در مجموع دو سال نشان می‌دهد عملکرد کاه در روش بذر مال 31/7 درصد، کاربرد باکتری با آب آبیاری 24/5 درصد و اسپری برگی 23/5 درصد افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد بدون استفاده از باکتری داشته‌اند. همچنین در تیمار باکتری روش کود آبیاری و ترکیب سه روش استفاده از باکتری افزایش معنی‌داری در پروتئین دانه گندم نسبت به شاهد داشته‌اند. تیمار کود نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه در سطح پنج درصد و کاه تولیدی در سطح یک درصد گذاشته است. نتایج مقایسات میانگین نشان می‌دهد عملکرد دانه در تیمار 100 درصد توصیه کودی نیتروژن اختلاف معنی‌داری با بدون استفاده از کود دارد، ولی با 70 درصد توصیه کودی اختلاف معنی‌داری ندارد.

بحث

نتایج تحقیق مزرعه‌ای در طی دو سال به-خوبی نشان می‌دهد کاربرد باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه تأثیر مثبتی بر تولید گندم بخصوص در شرایط شوری خاک محل آزمایش دارد. همچنین تیمارهای باکتری موجب افزایش معنی‌دار کاه تولیدی نسبت به شاهد بدون استفاده از کودزیستی شدند. در بین تیمارهای روش استفاده از باکتری افزایش‌دهنده رشد، روش بذر مال و کاربرد با آب آبیاری نسبت به اسپری برگی بیشترین تأثیر را بر عملکرد داشته‌اند. شاید از دلایل بالاتر بودن عملکرد دانه تولیدی در روش بذر مال قرار گرفتن باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد از همان ابتدای جوانه زنی و رشد گیاه در کنار ریشه باشد.

بر اساس نتایج تجزیه مرکب داده‌ها سال تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر عملکرد دانه، کاه و وزن هزاردانه و در سطح پنج درصد بر نیتروژن دانه داشته است. همچنین بلوک‌بندی تیمارها نیز بر پارامترهای مورد نظر تأثیر معنی‌داری داشته است. این موضوع نشان می‌دهد که انجام بلوک‌بندی صحیح بوده و از طرفی سال (زمان) و مکان می‌تواند بر نتایج حاصل از تیمارهای مورد استفاده در آزمایش تأثیرگذار باشد. اثر تیمار کاربرد باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد و کود نیتروژن در سال معنی‌دار نشده است و این نشان دهنده ثابت بودن تأثیر اینها بر صفات مورد اندازه‌گیری می‌باشد، ولی نتایج کلی می‌تواند در مکان‌های مختلف و یا تحت تأثیر مدیریت‌های مختلف زراعی قرار گیرد.

تیمار روش‌های استفاده از باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر عملکرد دانه و کاه و نیتروژن دانه داشته است. بر اساس نتایج مقایسه میانگین در مجموع دو سال (جدول 5) ملاحظه می‌گردد در تیمارهای باکتری، روش بذر مال و کود آبیاری نسبت به شاهد بدون استفاده از باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد تأثیر معنی‌داری بر افزایش عملکرد دانه تولیدی داشته‌اند. بر همین اساس ملاحظه می‌گردد که در مجموع دو سال عملکرد دانه در روش بذر مال 46/5 درصد، کاربرد باکتری با آب آبیاری 37/3 درصد، اسپری برگی 24/9 درصد و ترکیب سه روش فوق 19/1 درصد افزایش عملکرد نسبت به شاهد بدون استفاده از باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد داشته‌اند.

جدول 5- مقایسه میانگین تیمارهای باکتری و کود نیتروژنه بر عملکرد دانه، کاه، وزن هزار دانه و نیتروژن دانه گندم در مجموع دو سال

| نیتروژن دانه (درصد) | | وزن هزار دانه (گرم) | عملکرد کاه (کیلوگرم در هکتار) | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) | تیمارها |
|---------------------|----|---------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------|
| 2/521 | AB | 41/156 | 6904/5 | A | بذر مال |
| 2/556 | A | 40/694 | 6528/8 | A | کود آبیاری |
| 2/430 | AB | 39/951 | 6475/9 | A | اسپری برگی |
| 2/561 | A | 40/604 | 6326/1 | AB | ترکیب هر سه روش |
| 2/387 | B | 38/979 | 5242/3 | B | بدون مصرف باکتری |
| 0/1478 | %1 | - | 1163 | %1 | مقدار آزمون LSD |
| 2/491 | | 40/942 | 5512/2 | C | بدون مصرف کود نیتروژنه |
| 2/453 | | 39/715 | 6377/2 | B | 70 درصد توصیه کودی |
| 2/529 | | 40/174 | 6997/1 | A | 100 درصد توصیه کودی |
| - | | - | 490 | %1 | مقدار آزمون LSD |

ریزوسفر گیاه را کلنیزه کرده و رشد گیاه را بهبود می‌بخشند.

بر اساس نتایج به دست آمده ملاحظه می‌گردد که استفاده از باکتری‌های افزایش دهنده رشد در آب آبیاری و اسپری برگی نیز موجب افزایش عملکرد نسبت به شاهد بدون استفاده از باکتری گردیده، ولی تأثیر آن از روش بذر مال کمتر بوده است. یکی از دلایل کمتر بودن عملکرد در روش کاربرد در آب آبیاری نسبت به بذر مال، پخش شدن باکتری‌ها در سطح گسترده تری از محیط خاک بوده و جمعیتی که در اطراف ریشه قرار می‌گیرد کمتر از روش بذر مال می‌باشد و در روش اسپری برگی باکتری‌ها در کنار ریشه قرار نمی‌گیرند. با توجه به اینکه بخش عمده‌ای از خصوصیات گندم که می‌تواند در عملکرد آن مؤثر باشد، مربوط به جوانه زنی و پنجه دهی در گیاه می‌باشد، بنابراین در روش بذر مال باکتری بیشتر در کنار ریشه استقرار یافته، ولی در روش اسپری برگی این فرصت برای باکتری‌ها مهیا نمی‌باشد، لذا به این دلایل می‌توان نتیجه گرفت که در کاشت گندم پاییزه آغشته نمودن بذر با باکتری‌های افزایش دهنده رشد (بذر مال) یکی از روش‌های مؤثر در کاربرد کودهای زیستی می‌باشد. تحقیقات مختلف محققین نیز نشان می‌دهد انواع باکتری‌های آزادی تثبیت کننده نیتروژن تأثیر مثبتی در رشد گیاه داشته که عمدتاً به واسطه تولید هورمون‌های محرک رشد همانند اکسین‌ها، جیبرلین‌ها، سیتوکینین‌ها و اتیلن، توان حل کنندگی فسفات‌ها، افزایش جذب عناصر، افزایش مقاومت به تنش‌ها، تولید ویتامین‌ها و بیوکنترول عوامل بیماری‌زای گیاهی می‌باشد (کندی و همکاران، 2004). و این تأثیرات وقتی که باکتری‌ها در مجاورت ریشه گیاه باشند بیشتر

این امر این فرصت را به گیاه می‌دهد که از خاصیت مفید این باکتری‌ها در توسعه ریشه، پنجه زنی و جذب عناصر غذایی استفاده نماید. خاوازی (1388) اثر تلقیح سویه‌های انتخابی سودوموناس بر عملکرد گندم در آزمون‌های مزرعه‌ای را بررسی کرده و گزارش دادند که تلقیح در برخی مناطق موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه گندم شده است. ریحانی تبار و همکاران (1379) گزارش دادند که اثر سودوموناس‌های فلورسنس بومی بر برخی شاخص‌های رشد گندم بهاره در شرایط گلخانه‌ای مثبت و معنی‌دار بوده است. جرک و همکاران (2006) نیز گزارش دادند که در اثر تلقیح گندم بوسیله ازتوباکتر 8-11 درصد عملکرد آن افزایش یافت. ممکن است بالا بودن درصد افزایش عملکرد در تیمارهای باکتری در مقایسه با شاهد به علت شور بودن خاک محل آزمایش باشد، و این باکتری‌ها توانسته‌اند در شرایط تنش شوری تأثیر مثبت تری بر رشد گیاه داشته باشند. همچنین احمد و همکاران (2011) مشاهده نمودند که تنش شوری بطور معنی‌داری رشد گیاهان را کاهش می‌دهد اما تلقیح با باکتری‌های PGPR که دارای آنزیم ACC-deaminase می‌باشند، رشد گیاه را افزایش می‌دهند بنابراین این باکتری‌ها می‌توانند اثر بازدارندگی شوری بر رشد گیاه را کاهش دهند. کوهلر و همکاران (2010) در آزمایشات خود مشاهده کردند که گیاهان تلقیح شده با *Pseudomonas mendocina* بطور معنی‌داری رشد اندام هوایی بیشتری در مقایسه با شاهد در سطوح مختلف شوری داشتند. دشوال و کومار (2013) نیز گزارش دادند که غلظت نمک رشد گیاه را کاهش می‌دهد، اما تحت شرایط شوری برخی باکتری‌های PGPR بطور مؤثری

از باکتری تأثیر تیمارهای کودی بر عملکرد دانه تولیدی به موازات افزایش مصرف کود شیمیایی افزایش پیدا کرده است، ولی وقتی باکتری مصرف شده، این اثرات تغییر پیدا کرده است. نتایج ملکی و همکاران (1389) نیز نشان می‌دهد تیمارهای کود نیتروژنه همراه با ازتوباکتر عملکرد بیشتری را نسبت به تیمار نیترات مصرفی و یا ازتوباکتر به تنهایی دارد. علاوه بر آن، مصرف کود زیستی ازتوباکتر میتواند مقدار نیتروژن مصرفی را کاهش دهد، ولی زمانی گندم میتواند عملکرد مناسبی را تولید کند که یک منبع نیتروژنه به همراه کود زیستی با آن استفاده شود.

همانطور که در شکل‌های 1 و 2 مشاهده می‌گردد به طور کلی استفاده از باکتری موجب افزایش عملکرد شده، ولی در هر روش مصرف باکتری روند ثابتی در افزایش عملکرد ناشی از استفاده از کود شیمیایی ملاحظه نمی‌گردد و حتی مشاهده می‌گردد که در شرایط مصرف کمتر کود نیتروژنه میزان عملکرد تأثیر بهتری از تلقیح با باکتری پذیرفته است. داس و ساها (2000) در استرالیا با بررسی دو باکتری ازتوباکتر و آزوسپریلیوم همراه با مصرف 50 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن مشاهده کردند که در بسیاری از موارد، استفاده از روش‌های باکتریایی، تأثیر مثبت دارد. در این بررسی معلوم شد که ازتوباکتر بهتر از آزوسپریلیوم است. طبق آزمایش خاک پس از برداشت محصول نیز نشان داده شد که حدود 100 کیلوگرم در هکتار در خاک افزایش نیتروژن وجود دارد. افزایش مقدار نیتروژن در حالت استفاده ترکیبی از این دو کود زیستی بیشتر از حالت انفرادی آنها بود.

شاهارون و همکاران (2008) نیز طی آزمایشی گلدانی و مزرعه‌ای تأثیر سطوح مختلف حاصلخیزی خاک (کوددهی با عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم) را بر میزان اثر بخشی دو باکتری محرک رشد گیاه سودوموناس فلورسنس مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که اثر بخشی این باکتری‌ها با افزایش میزان کوددهی کاهش یافت. در بسیاری از این موارد بین درصد افزایش شاخص‌های رشد و عملکرد گندم با افزایش سطح کوددهی رابطه خطی معنی‌داری وجود داشت. محققان این مشاهده را اینطور تفسیر کردند که در سطوح پایین کوددهی گیاه دچار تنش ناشی از کمبود عناصر غذایی شده و تلقیح باکتری‌ها با این توانایی توانسته است که اتیلن تجمع یافته در ریشه را به آلفا کتوتیرات و آمونیاک تجزیه کند و بدین ترتیب در سطوح پایین کوددهی از اثرات بهتری برخوردار بوده است. این محققان تأکید کردند که استفاده از سودوموناس‌ها برای افزایش عملکرد گندم، می‌بایستی با مقدار مناسب و سطح معینی

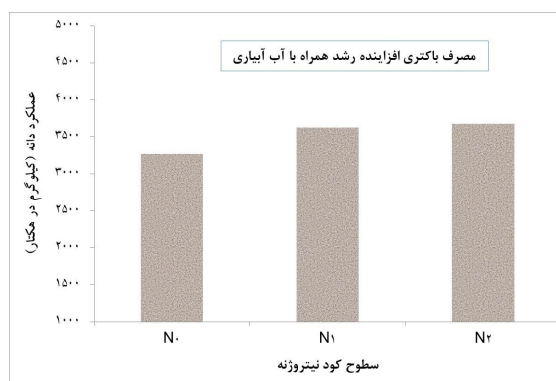
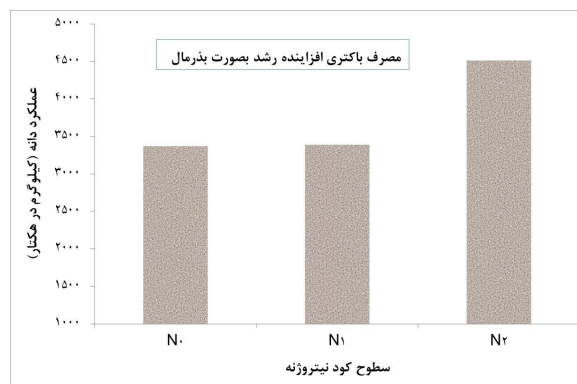
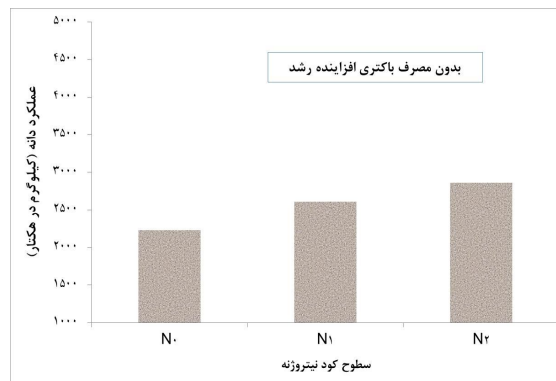
می‌تواند اثر خود را در رشد گیاه نشان دهد. بنابراین در روش اسپری برگی به دلیل اینکه نسبت به دو روش قبل، باکتری‌ها در کنار ریشه نیستند، لذا تأثیر کمتری بر گیاه داشته است، ولی در مقایسه با شاهد روش اسپری برگی عملکرد بیشتری در گیاه ایجاد نموده و این ممکن است ناشی از تأثیرات مثبت ذکر شده برای باکتری‌های افزاینده رشد باشد که از طریق جذب سطحی در برگ‌ها بر روی گیاه اثر می‌گذارد. در تیماری که هر سه روش مصرف باکتری استفاده شده، احتمالاً به دلیل اینکه مقدار مصرف باکتری در هر روش یک سوم مقدار آن در روش اصلی بوده لذا نتوانسته تأثیری به اندازه روش‌های جداگانه بر عملکرد تولیدی بگذارد. در حقیقت این موضوع به طور قوی نشان می‌دهد که مقدار استفاده از باکتری نیز در کنار روش مصرف آن تأثیر مهمی بر عملکرد تولیدی دارد.

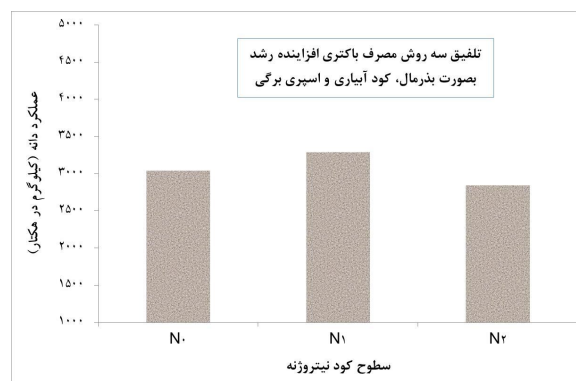
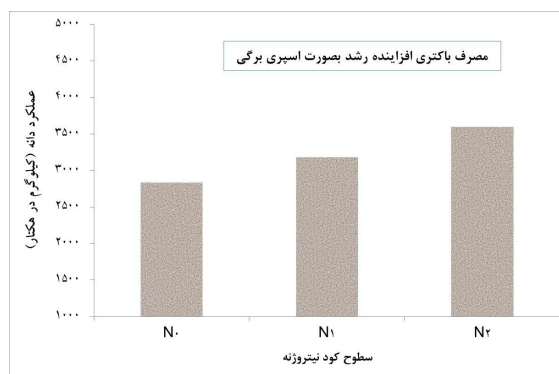
در سال اول افزایش عملکرد دانه و کاه در تیمار کود نیتروژنه اثر مستقیم نیتروژن بر افزایش عملکرد گندم را نشان می‌دهد و علت اینکه در تیمار بدون مصرف کود نیتروژنه عملکرد خیلی پایین نمی‌باشد، ناشی از این است که در هر سطح کود نیتروژنه (شامل تیمار بدون مصرف کود) مجموع عملکرد تیمارهای باکتری نیز تأثیرگذار است، لذا تیمارهای باکتری موجب افزایش عملکرد دانه و کاه در تیمار بدون مصرف کود نیتروژنه شده‌اند. در مجموع دو سال نیز میزان عملکرد دانه در تیمار بدون مصرف کود در حقیقت مجموع عملکرد تیمارهای بذرمال، آب آبیاری، اسپری برگی و ترکیب آنها می‌باشد، لذا به این دلیل اختلاف معنی‌داری بین بدون مصرف کود نیتروژنه و 70 درصد توصیه کودی مشاهده نگردیده است. شریف و همکاران (1997) نشان دادند که استفاده از باکتری‌های افزاینده رشد می‌تواند تأثیر مشخصی بر افزایش تولید داشته باشد و مصرف کود شیمیایی در مقادیر کمتر از توصیه کودی اگر همراه با مصرف کود زیستی باشد می‌تواند موجب افزایش عملکرد دانه تولیدی در گندم شود. کادر و همکاران (2002) در بنگلادش اثر تلقیح ازتوباکتر بر عملکرد و مقدار جذب نیتروژن در گندم را مورد تحقیق قرار دادند. نتایج به دست آمده حاکی است که عملکرد و همه اجزای عملکرد دانه گندم به جز وزن هزار دانه‌ی آن به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت.

اگرچه اثرات متقابل روش‌های استفاده از باکتری و کود نیتروژنه معنی‌دار نگردیده ولی بررسی میانگین این تیمارها در شرایط مختلف مصرف باکتری و کود نتایج خوبی در اختیار قرار می‌دهد (اشکال 1 و 2). همانطور که در شکل 1 ملاحظه می‌گردد در شرایط تیمار بدون استفاده

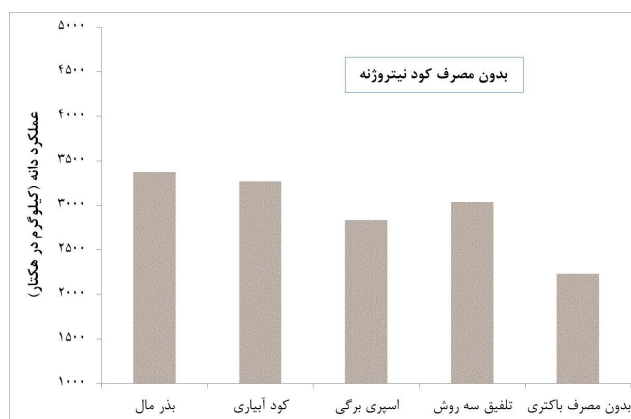
بیشتری در دانه نسبت به شاهد بدون مصرف باکتری داشته‌اند. در آزمایش داس و همکاران (2004) نیز استفاده از کود زیستی از تو باکتر موجب افزایش معنی‌دار پروتئین دانه گردیده است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که مصرف کود نیتروژنه موجب افزایش معنی‌دار در کاه تولیدی شده و بین سطوح کود نیز اختلاف معنی‌دار مشاهده می‌شود (جدول 5).

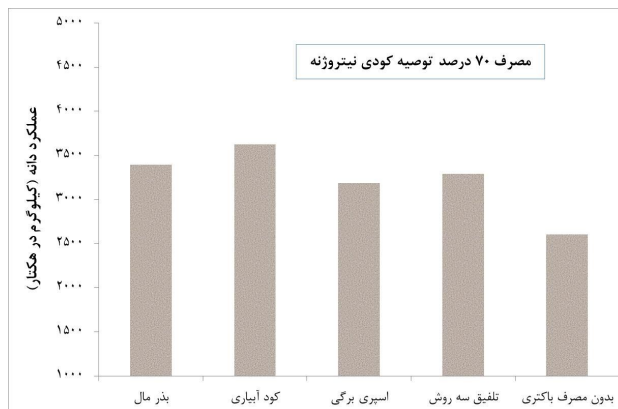
از کودهای شیمیایی همراه باشد. به هر حال نتایج نشان می‌دهد که کودهای زیستی از شرایط محیطی و مدیریت مزرعه‌ای تأثیرپذیری زیاد دارند و این موجب می‌گردد که نتایج کارهای محققین مختلف در این زمینه متفاوت باشد. مصرف باکتری تأثیر معنی‌داری بر درصد نیتروژن دانه گندم (عامل کیفی) داشته است، به نحوی که روش اسپری برگ و تلفیق سه روش مصرف باکتری درصد نیتروژن





شکل 1- مقایسه تأثیر تیمارهای کود نیتروژنه بر عملکرد دانه در شرایط مختلف مصرف باکتری بدون مصرف کود نیتروژنه، $N_1 = 210$ کیلوگرم در هکتار اوره و $N_2 = 300$ کیلوگرم در هکتار اوره





شکل ۲- مقایسه تأثیر تیمارهای نوع و زمان مصرف کود زیستی بر عملکرد دانه در شرایط مختلف مصرف کود نیتروژنه.

نتیجه‌گیری

مناطق‌ای که این عنصر غذایی کمتر مصرف می‌گردد، مانند خاک‌های شور (در جهت افزایش عملکرد غلات) افزایش داد. همچنین نتایج به خوبی نشان می‌دهد قرار گرفتن باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد در مجاورت ریشه و ریزوسفر گیاه تأثیر بیشتری بر رشد گیاه دارد، بنابراین مصرف باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد بصورت بذرمال و همراه با آب آبیاری جهت بهبود عملکرد کمی و کیفی گندم بسیار مناسب است، لذا توصیه می‌شود در مناطقی که گندم در پاییز کشت می‌گردد و دارای زمستان سرد بوده و خاک نیز شور می‌باشد، باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد (کود زیستی) بصورت بذرمال (با مقدار توصیه شده) و همچنین در بهار و با شروع فصل رشد، همراه با آبیاری برای زراعت گندم استفاده گردد.

استفاده از کودهای شیمیایی نیتروژنی سهم قابل توجهی در افزایش تولید جهانی غذا در پنجاه سال اخیر داشته است. با این وجود چالش‌های زیست محیطی و اقتصادی ناشی از مصرف این عنصر غذایی در کشاورزی لزوم توجه به کارایی مصرف آن را افزایش داده است. بررسی‌های انجام شده در سرتاسر جهان نشان می‌دهد که محصولات زراعی قادر به استفاده مستقیم بیش از نیمی از کود نیتروژنی مصرف شده نمی‌باشند. لذا با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، استفاده از باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه، کارایی جذب و تأثیر کودهای نیتروژنه را بهبود بخشیده و می‌تواند در افزایش عملکرد، بهبود خصوصیات رشدی گیاه گندم و کاهش مصرف کودهای شیمیایی مؤثر باشد. بنابراین می‌توان کارایی مصرف نیتروژن را با تلفیقی از مصرف بهینه نیتروژن همراه با استفاده از کود زیستی در

فهرست منابع:

1. بی‌نام. 1392. آمارنامه کشاورزی. جلد اول: محصولات زراعی، سال زراعی 92-1391. انتشارات معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی وزارت جهاد کشاورزی.
2. توسلی، ع. و خسروی، ه. 1386. بررسی اثر جدایه‌های برتر از توباکتر بر روی عملکرد و خصوصیات کمی و کیفی گندم در شرایط مزرعه در استان آذربایجان شرقی. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج.
3. حمیدی، آ. و همکاران. 1386. تأثیر باکتری‌های افزاینده رشد گیاه PGPR بر قابلیت جوانه زنی بذر، بنه گیاهچه و برخی ویژگی‌های مرتبط ذرت. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج.
1. خاوازی، ک. 1388. استفاده از باکتری‌های سودوموناس تولید کننده سیدروفور برای افزایش عملکرد گندم. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، نشریه شماره 1445، مؤسسه تحقیقات خاک و آب.
2. خاوازی، ک. و همکاران. 1392. بررسی اثر بخشی کودهای زیستی Biofarm، Nitragin، Azotobacter و Nitroxin در زراعت گندم. گزارش نهایی طرح. ناشر موسسه تحقیقات خاک و آب.
3. خسروی، ه.، توسلی، ع.، سدري، م.، ضیائیان، ع.، ذبیحی، ح. و منتظری، ع. 1393. تأثیر مایه‌زنی جدایه‌های بومی از توباکتر بر عملکرد و شاخص‌های رشد گندم آبی در ایران. نشریه زیست‌شناسی خاک، جلد 2، انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب.
4. ریحانی تبار، ع. 1379. بررسی جمعیت پseudomonas‌های فلورسنت در ریزوسفر گندم کشت شده در خاک‌های زراعی استان تهران و تعیین پتانسیل آنها برای افزایش رشد گیاهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
5. ملکی، ع.، بازدار، ع.، لطفی، ی. و طهماسبی، ا. 1389. اثر کود زیستی از توباکتر و سطوح مختلف کود نیتروژنه بر عملکرد و اجزای عملکرد در سه رقم گندم نان. مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی و علفهای هرز، سال چهارم، شماره 16، صفحه 121-132.
6. ملکوتی، م. و غیبی، م. 1376. تعیین حد بحرانی عناصر غذایی محصولات استراتژیک و توصیه صحیح کودی در کشور. انتشارات نشر آموزش کشاورزی
7. Ahmad, M., Zahir, Z.A., Asghar, H.N. and Asghar, M. 2011. Inducing salt tolerance in mung bean through coinoculation with rhizobia and plant-growth-promoting rhizobacteria containing 1- aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase. *Canadian Journal of Microbiology* 57(7): 578-589.
8. Ardakani, M., Mazaheri F. and Noormohammadi G.. 2000. Optimization of biofertilizer application by using of tow nitrogen stabilizer bacterians in wheat. *Iranian Journal of Crop Sciences* 4: 56-68. (In Persian).
9. Das, A.C., Prasad, M., Shivay, Y.S. and Subha, K.M. 2004. Productivity and sustainability of cotton- wheat cropping system as influenced by urea, farmyard manure (FYM) and azotobacter. *Journal of Agronomy and Crop Science* 190 (5): 298-304.
10. Das, A.C. and Saha D. 2000. Influence of diazotrophic inoculations on nitrogen of rice. *Australian Journal of Soil Research* 41(8): 1543-1554.
11. Dobbelaere, S., Vanderleyden, J. and Okon, Y. 2003. Plant growth promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. *CRC Critical Review in Plant Science* 22:107-149.
12. Germida, J. J. and Walley, F. L. 1996. Plant growth-promoting rhizobacteria alter rooting patterns and arbuscular mycorrhizal fungi colonization of field-grown spring wheat. *Biology and Fertility of Soils* 23, 113120.

13. Gull, F. Y., Hafeez, I., Saleem, M. and Malik, K. A. 2004. Phosphorus uptake and growth promotion of chickpea by co-inoculation of mineral phosphate solubilizing bacteria and a mixed rhizobial culture. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 44: 623-628.
14. Hameeda, B., Harinib, G., Rupelab, O.P., Wanib, S.P., Reddy, G. 2008. Growth promotion of maize by phosphate solubilizing bacteria isolated from composts and macrofauna. *Microbiological Research* 163 :234—24.
15. Jarak, M., Protio, R., Jankovio, S. and Colo, J. 2006. Response of wheat to *Azotobacter-Actinomycet* inoculation and nitrogen fertilizers. *Romanian Agriculture Research*. 23: 37-41.
16. Jadhav, A.S., Shaikh, A.A., Nimbalkar, C.A. and Harinarayana, H. 1987. Synergistic effects of bacterial fertilizers in economizing nitrogen use in pearl millet. *Millet Newsletter* 6:14-15.
17. Kader, M.A., Main, M.H. and Hoque, M.S. 2002. Effects of *Azotobacter* inoculants on the yield and nitrogen uptake by wheat. *Online Journal of Biological Sciences*. 2(4): 259-261.
18. Kennedy, I. R., Choudhury, A.T.M.A. and Kecske's, M.L. 2004. Non-symbiotic bacterial diazotrophs in crop-farming systems: Can their potential for plant growth promotion be better exploited? *Soil Biology and Biochemistry* 36: 1229–1244.
19. Kohler, J., Caravaca, F. and Roldán, A. 2010. An AM fungus and a PGPR intensify the adverse effects of salinity on the stability of rhizosphere soil aggregates of *Lactuca sativa*. *Soil Biology and Biochemistry* 42(3): 429-434.
20. Loper L. E. and Schroth M. N. 1986. Influence of bacterial sources of Indole-3-acetic acid on root elongation of sugar beet. *Phytopathology* 76: 386-389.
21. Noormohammadi, G., Siadat, A. and Kashan, A. 2002. Cereal crops Publication, Chamran University. PP: 45-48. (In Persian).
22. Saravanakumar, D. and Samiyappan, R. 2007. ACC deaminase from *Pseudomonas fluorescens* mediated saline resistance in groundnut (*Arachis hypogea*) plants. *Journal of Applied Microbiology* 120: 1283-1292.
23. Sharief, A.E., Mohamad, Z.A. and Salama, S.M. 1997. Evaluation of some sugar beet cultivars to NPK fertilizers and yield analysis. *Journal Agriculture of Mansoura University* 22(6): 1887- 1903.
24. Singh, H. and Reddy, M. S. 2011. Effect of inoculation with phosphate solubilizing fungus on growth and nutrient uptake of wheat and maize plants fertilized with rock phosphate in alkaline soils. *European Journal of Soil Biology* 47: 30-34.
25. Shaharoon, B., Arshad, N.M. and Zahir, M. 2008. Fertilizer-dependent efficiency of *Pseudomonads* for improving growth, yield, and nutrient use efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Applied Microbiology and Biotechnology* 79:147-55.
26. Singh, R., Behl, R.K., Singh, K.P., Jain, P. and Narula, N. 2004. Performance and gene effects for wheat yield under inoculation of arbuscular mycorrhiza fungi and *Azotobacter chroococcum*. Haryana Agricultural University. Hisar, India. *Plant Soil Environment* 50(9): 409-415.
27. Shrivastava, P. and Kumar, R. 2015. Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 22, 123-131.
28. Whitelaw, M. A. 2000. Growth promotion of plants inoculated with phosphate solubilizing fungi. *Advances in Agronomy* 69: 99–151.
29. Xia, L., Ding, X., Li, G. and Mei, R. 1990. Mechanism of PGPR. I. Influence on physiology, resistance, quality and yield of rapeseed. *Agriculture Science Human*. 106: 24-26.
30. Upadhyay, S.K., Singh, J.S. and Singh, D.P. 2011. Exopolysaccharide-Producing plant growth-promoting rhizobacteria under salinity condition. *Pedosphere* 21(2): 214-222.

31. Yadav, A., Gaur, I., Goel, N., Mitra, J., Saleem, B., Goswami, S., Paul P.K. and Upadhyaya. K.C. 2015. Rhizospheric Microbes are Excellent Plant Growth Promoters. Indian Journal Of Natural Sciences Vol.5 / Issue 30.
32. Zaidi, A. 1999. Synergistic interactions of nitrogen fixing microorganisms with phosphate mobilizing microorganisms. PhD diss., Aligarh Muslim University.