

اثر برخی سویه‌های ازتوباکتر کروکوکوم و هیومیک اسید بر تولید هورمون اکسین و عملکرد و اجزای عملکرد گندم در سطوح متفاوت نیتروژن

Effect of some Azotobacter spices and humic acid on auxin hormone production, yield and yield components of wheat under different nitrogen levels

مهدی فلاح قزآنی^۱، داوود حبیبی^۱، علیرضا پازکی^۲، کاظم خاوازی^۳

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی اثر سه سویه‌ی باکتری ازتوباکتر کروکوکوم، تحت تأثیر هیومیک اسید و سطوح متفاوت کود نیتروژن بر رشد و عملکرد گندم، در مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، واقع در ماهدشت، در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ با استفاده از طرح اسپلیت فاکتوریل، در قالب طرح پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی، در چهار تکرار، به اجرا در آمد. در این تحقیق مصرف نیتروژن در سه سطح (مقدار توصیه شده طبق نتایج آزمون خاک، ۷۵ و ۵۰ درصد مقدار توصیه شده به ترتیب ۱۵۰، ۱۱۲/۵ و ۷۵ کیلو گرم در هکتار)، به عنوان عامل اصلی و سه سویه‌ی باکتری ازتوباکتر کروکوکوم (۹، ۱۵ و ۲۰) و هیومیک اسید (مصرف و عدم مصرف) به نسبت دو در هزار برای بذور گندم، به صورت فاکتوریل، به عنوان عوامل فرعی در نظر گرفته شدند. اثر تلقیح باکتری، مقادیر کود نیتروژن و هیومیک اسید بر روی هورمون اکسین و صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و ارتفاع گیاه، مثبت و معنی دار گردید. بیشترین تأثیر معنی دار در افزایش صفات مذکور، در تیمارهای کود نیتروژن توصیه شده بر طبق آزمون خاک، سویه‌ی ۱۵ باکتری ازتوباکتر کروکوکوم و مصرف هیومیک اسید مشاهده گردید. به طور کلی، بر اساس نتایج این مطالعه، مشخص شد بعضی سویه‌های باکتری ازتوباکتر کروکوکوم، که در زمهره‌ی ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه قرار دارند، به همراه مصرف هیومیک اسید، تأثیر مثبت در تولید هورمون اکسین و عملکرد گندم شامل عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک داشته‌اند. همچنین سویه‌ی ۱۵ باکتری، توانست با تثبیت بیولوژیک نیتروژن، در کاهش ۲۵ درصدی مصرف کود نیتروژن مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: ازتوباکتر کروکوکوم، عملکرد، گندم، نیتروژن و هیومیک اسید.

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، گروه زراعت، کرج، البرز، ایران.

۲- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهرری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، شهرری، ایران.

۳- موسسه تحقیقات آب و خاک.

مقدمه

Choudhury & Kabi, (2002) گزارش نمودند که بعضی باکتری‌های دی ازوتروف مانند ازتوباکتر، آزوسپیریلیوم و هرباسپیریلوم، می‌توانند جایگزین خوبی برای کود نیتروژن اوره باشند و همچنین با تولید مواد تحریک کننده‌ی رشد، سبب بهبود مورفولوژی رشد ریشه شوند. نتایج تحقیقات مزرعه‌ای در مورد مصرف ازتوباکتر، بر گیاهان گندم، ذرت و ارزن، حاکی از افزایش صفر تا ۱۵ درصدی عملکرد در گیاهان است. تلقیح گندم با آزوسپیریلیوم برازیلنز و ازتوباکتر کروکوکوم، متوسط عملکرد دانه، متوسط نیتروژن جذب شده توسط گیاه و متوسط عملکرد کاه گندم را به ترتیب ۱۳/۹، ۱۶ و ۱۲/۶ درصد نسبت به شاهد تلقیح نشده (۹/۱، ۱۱/۶ و ۶/۲ درصد)، افزایش داد و این مقادیر در مورد تلقیح با ازتوباکتر، به ترتیب ۸/۲، ۵/۳ و ۶/۲ درصد نسبت به شاهد افزایش داشته است (Ram & Prasad, 1985).

Narula et al., (2005) طی یک آزمایش دو ساله بر روی گندم و پنبه، مشاهده نمودند که سویه‌های انتخاب شده‌ی باکتری ازتوباکتر کروکوکوم، موجب افزایش معنی دار عملکرد دانه و پارامترهای رشد، از قبیل وزن خشک بوته و ارتفاع بوته نسبت به شاهد شده اند. نتایج تلقیح با ازتوباکتر در گیاه پنبه و گندم، منجر به بهترین رشد گیاهی، تحت شرایط کشت شد (Kumar et al., 2007). نتایج آزمایشات Zaid et al., (2007) نشان داد که تلقیح کلزا (کانولا)، با ازتوباکتر، همراه با ۵۰ درصد نیتروژن پیشنهاد شده، باعث افزایش بسیاری از شاخص‌های رشد و عملکرد گیاه، از جمله سطح برگ، ارتفاع گیاه، وزن خشک ریشه، عملکرد دانه و گیاه می‌شود.

در خاک، ماده‌ی آلی، عامل محدود کننده‌ی در تسریع رشد ازتوباکتر می‌شود. تأثیرات مثبت مقدار کمی هوموس بر روی رشد ازتوباکتر و تثبیت نیتروژن توسط ازتوباکتر اثبات شده است (Iswaran & Sen, 1960). تحقیقی که در گلخانه‌ی تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، به منظور بررسی تأثیر اسید هیومیک بر رشد ریشه و اندام هوایی

مصرف بی رویه‌ی کودهای شیمیایی، می‌تواند به آلودگی محیط منتهی شود که اغلب دارای اثرات منفی برای انسان و حیوانات است. برای مثال استعمال بیش از حد نیتروژن، این امکان را می‌دهد تا تولید ماده‌ی غذایی، موجب آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی شود. مصرف بیش از حد نترات می‌تواند برای انسان و حیوانات سمی باشد (نصیری محلاتی و همکاران، ۱۳۸۰). امروزه با توجه به مشکلاتی که مصرف بی رویه‌ی کودهای شیمیایی به وجود آورده است، استفاده از کودهای بیولوژیک، در کشاورزی، مطرح شده است. بدون تردید کاربرد کودهای بیولوژیک علاوه بر اثرات مثبت که بر کلیه‌ی خصوصیات خاک دارد، از جنبه‌های اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی نیز مثر ثمر واقع شده و می‌تواند به عنوان جایگزینی مناسب و مطلوب برای کودهای شیمیایی باشد (اردکانی، ۱۳۸۷). یکی از شیوه‌های بیولوژیکی برای افزایش تولید در کشاورزی، استفاده‌ی بالقوه از میکروارگانیسم‌های خاکزی است. از جمله‌ی این موجودات، می‌توان به ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه اشاره کرد (رجائی و همکاران، ۱۳۸۶). این باکتری‌ها، به دو روش مستقیم و غیر مستقیم، روی رشد گیاه و میزان تولید در واحد سطح تأثیر می‌گذارند (Glick, 1995). در حالت مستقیم با استفاده از مکانیسم‌های افزایش انحلال عناصر غذایی کم محلول، تولید ACC د- آمیناز، تولید هورمون‌های رشد گیاهی، تثبیت نیتروژن و تولید سیدروفور، در افزایش رشد و عملکرد گیاه ایفای نقش می‌کنند و در حالت غیر مستقیم با استفاده از مکانیسم‌های مختلف آنتاگونیسمی، اثرات مضر بیمارگرهای گیاهی را خنثی یا تعدیل نموده و بدین طریق موجب افزایش رشد گیاه می‌شوند. رقابت برای جذب مواد و اشغال جایگاه‌های مناسب، برای فعالیت پاتوژن‌ها، تولید آنتی بیوتیک، تولید سیدروفور‌ها، تولید آنزیم‌های لیتیک و تولید سیانید هیدروژن، از مهمترین مکانیسم‌های مورد استفاده در این روش می‌باشند (Reddy et al., 2000).

اثر برخی سوبه‌های ازتوباکتر کروکوکوم و هیومیک اسید بر تولید هورمون اکسین و عملکرد و اجزای عملکرد گندم در سطوح ...

۱- طبق آزمون خاک با توجه به توصیه‌ی آزمایشگاه به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار (N1)،
۲- ۷۵ درصد مقدار توصیه شده به میزان ۱۱۲/۵ کیلوگرم در هکتار (N2)،
۳- ۵۰ درصد مقدار توصیه شده به میزان ۷۵ کیلوگرم در هکتار (N3).

عوامل کثرت‌های فرعی عبارت بودند از: سوبه‌های باکتری ازتوباکتر کروکوکوم (*Azotobacter chroococcum*) و هیومیک اسید. عامل سوبه‌های باکتری، در چهار سطح، شامل عدم استفاده از مایه‌ی تلقیح باکتریایی به عنوان شاهد (A0)، تلقیح با باکتری سوبه‌ی ۹ (A9)، تلقیح با باکتری سوبه‌ی ۱۵ (A15) و تلقیح با باکتری سوبه‌ی ۲۰ (A20)، در نظر گرفته شد. سوبه‌های مورد استفاده به صورت خالص و غیر تجاری بوده و از جمعیت میکروبی موسسه‌ی تحقیقات خاک و آب کشور تهیه گردیدند و جمعیت آنها 5×10^8 CFU بر گرم) بود. برای انجام عملیات تلقیح باکتری، ابتدا بذور گندم به چهار قسمت مساوی تقسیم و درون سطل‌های جداگانه ریخته شدند. یک ساعت قبل از کاشت، سه عاملی که باید با باکتری تلقیح می‌شدند با مایع صمغ به نسبت ۱۵ میلی لیتر در یک کیلوگرم بذر به طور کامل آغشته شدند. سپس سوبه‌های مختلف باکتری به نسبت ۵۰ در هزار با بذور چسبناک شده در درون سطل‌ها به صورت جداگانه مخلوط شدند. بعد از آن بذور کاملاً به سوبه‌های مورد نظر آغشته شدند و همراه با تیمار شاهد (بدون تلقیح با باکتری) مورد استفاده قرار گرفتند؛ به طوری که ابتدا تیمار شاهد و سپس سایر تیمارها به ترتیب بر طبق نقشه‌ی آزمایش کشت شدند. هیومیک اسید به صورت جامد تهیه گردید. این عامل در دو سطح، شامل مصرف (H.A1) و عدم مصرف هیومیک اسید (H.A0) به عنوان شاهد مورد استفاده قرار گرفت. هیومیک اسید به نسبت ۲ در ۱۰۰۰ برای بذور گندم مورد استفاده قرار گرفت. به علت جامد بودن، ابتدا در آب حل و پس از آغشته نمودن بذور با محلول هیومیک اسید، طبق نقشه‌ی آزمایش، اقدام به کشت شد. در این آزمایش از

دو رقم گندم پاییزه سایونز (آبی) و سیلان (دیم) انجام شد، نشان داد که اسید هیومیک به طور معنی دار، نسبت سطح ریشه به برگ و عدد کلروفیل متر برگ را افزایش داد. بیشترین صفات شامل سطح، قطر، مجموع طول و وزن ریشه در رقم سیلان و به ازای مصرف ۳۰۰ گرم بر لیتر از اسید هیومیک به دست آمد و رقم سایونز در سطوح کمتر اسید هیومیک پاسخ مثبت داده است (سبزواری و همکاران، ۱۳۸۸). اثر مواد هیومیکی در جذب نیترات توسط ریشه‌ی ذرت نشان داد که اسید هیومیک، جذب نیترات و فعالیت آنزیم ATP را در غشاء پلاسمای سلول‌های ریشه، به طور معنی دار افزایش می‌دهد که به نظر می‌رسد فعال شدن پمپ پروتون غشاء، پاسخ اولیه به اسید هیومیک در جذب عناصر غذایی باشد (Pinton et al., 1999). همچنین تحقیقات نشان داده است که اسید هیومیک اثر مستقیمی بر روی صفات رشد گندم (Vaughan & Linehan, 2004)، نخودفرنگی (Vaughan, 1974) و گیاه چیکوری (Valdrighi et al., 1996) دارد.

هدف از این پژوهش، بررسی پتانسیل کاربرد بعضی سوبه‌های باکتری ازتوباکتر کروکوکوم، به عنوان کود بیولوژیک محرک رشد گیاه و تعیین آثار انواع برتر باکتری، روی صفات رشد و عملکرد، در گیاه گندم رقم بهار و مصرف هیومیک اسید به عنوان منبع کربن و سطوح متفاوت کود نیتروژن، جهت بررسی تثبیت بیولوژیکی نیتروژن بوده است که امری ضروری در جهت توسعه‌ی مصرف کودهای زیستی و کاهش آلودگی‌های زیست محیطی و در نتیجه گام نهادن به سوی کشاورزی پایدار، در خاک‌های هر منطقه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت اسپلینت فاکتوریل در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار، در زمینی به مساحت ۱۰۰۰ متر مربع اجرا گردید. کثرت‌های اصلی آزمایش شامل سطوح مختلف کود نیتروژن (از منبع اوره) به شرح ذیل بودند:

به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن حاصل شد.

نتایج و بحث

سطوح کود نیتروژن

اثر سطوح متفاوت کود نیتروژن، بر تولید هورمون اکسین و صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و ارتفاع ساقه‌ی گیاه در سطح آماری ۱ درصد، معنی دار شد (جدول ۲)، به‌طوریکه سطوح کودی N1، N2 و N3، به ترتیب در گروه‌های اول، دوم و سوم آماری قرار گرفتند (جدول ۳). زراعت گندم، به‌طور قابل توجهی، تحت تأثیر تأمین نیتروژن، از خاک، یا منابع کودی، صورت می‌گیرد. به هر حال، استفاده از کود نیتروژن، برای افزایش تولید گندم، از عوامل ضروری کشت این گیاه، به شمار می‌آید. نیتروژن عنصری مهم و حیاتی، برای گیاه، به شمار می‌رود و در پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و کلروفیل وجود دارد (نور قلی پور و همکاران، ۱۳۸۳). بی شک کود نیتروژن، با افزایش رشد طولی سلول‌ها و رشد سبزینه‌ای، در افزایش ارتفاع گیاه مؤثر می‌باشد (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۷۶). در تحقیقی که توسط نور قلی پور و همکاران (۱۳۸۳)، در کرج انجام گرفت، کاربرد کود نیتروژن، عملکرد دانه‌ی گندم را به‌صورت معنی دار نسبت به شاهد، افزایش داد. همچنین، محلول پاشی اوره، موجب افزایش عملکرد اقتصادی گردید (حسن زاده ولوئی، ۱۳۷۳). رفیعی الحسینی (۱۳۷۶)، با تحقیقی که در دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، انجام داد، گزارش نمود که افزایش مصرف کود نیتروژن، بدون تغییر در میزان شاخص برداشت، موجب افزایش معنی دار عملکرد بیولوژیک گردید.

سویه‌های باکتری ازتوباکتر کروکوم

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثر سویه‌های باکتری ازتوباکتر کروکوم، بر صفات اندازه‌گیری شده، در سطح آماری ۱ درصد، معنی دار شد. در تفسیر این نتایج می‌توان گفت باکتری‌ها، با انواع مکانیسم‌های مستقیم و غیر

گندم رقم بهار مناسب برای مناطق معتدل استفاده شد.

خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش به شرح جدول ۱ تعیین گردید. عملیات آماده‌سازی زمین، در مورخ ۱۳۸۸/۸/۲۰ پس از یک دوره‌ی کامل آیش، انجام گرفت. کود فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل (۱۴۵ کیلوگرم در هکتار) و کود پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) طبق نتایج آزمون خاک مورد استفاده قرار گرفت. جوی و پشته‌ها، توسط دستگاه فاروئر با فواصل ۵۰ سانتیمتر از یکدیگر ایجاد شدند و پس از آن با استفاده از نهرکن، دو جوی آب، یکی برای جریان ورودی آب در ابتدای کرت‌ها و دیگری برای خروج آب مازاد در انتهای کرت‌ها، جهت جلوگیری از اختلاط آب تیمارها احداث گردیدند. کود نیتروژن از منبع اوره به‌صورت سرک در دو مرحله مصرف شد. یکی بعد از کاشت و قبل از اولین آبیاری و دیگری قبل از مرحله‌ی ساقه روی. اولین آبیاری پس از کاشت و پخش کود نیتروژن درون جوی‌ها، انجام شد و سپس به‌طور مرتب بر حسب نیاز گیاه (به استثنای ماه‌های فصل زمستان، به علت بارندگی‌های زمستانه)، هر ۱۰-۷ روز یکبار صورت گرفت و در مجموع ۱۵ مرحله‌ی آبیاری انجام شد. وجین علف‌های هرز به‌صورت متداول و به روش دستی و بدون هیچگونه علفکشی، به منظور جلوگیری از اثرات نامطلوب سموم علفکش، روی میکروارگانیسم‌ها انجام شد. برای اندازه‌گیری هورمون اکسین در بافت گیاهی، در مرحله‌ی ساقه روی، به‌طور تصادفی از هر کرت تعداد ۵ ساقه جدا و به آزمایشگاه فرستاده شد. بدین منظور از دستگاه HPLC مدل Unican استفاده شد. برداشت به وسیله‌ی دست صورت گرفت. عملیات برداشت در تاریخ ۱۳۸۹/۴/۱۵ صورت گرفت. بدین ترتیب که از ۶ ردیف خط کاشت در هر کرت، ۴ خط میانی با حذف ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای هر خط، به وسیله‌ی داس، اقدام به برداشت شد.

تجزیه‌ی آماری داده‌های اولیه، به وسیله‌ی نرم افزار SAS انجام شد. مقایسه میانگین‌های سطوح اصلی با استفاده از نرم افزار SAS و اثرات متقابل با استفاده از نرم افزار MSTAT-C،

اثر برخی سوبه‌های ازتوباکتر کروکوکوم و هیومیک اسید بر تولید هورمون اکسین و عملکرد و اجزای عملکرد گندم در سطوح ...

۱۳۸۳). بر طبق تحقیقات بسیاری که در مناطق مختلف انجام شده است، اثرات مستقیم هیومیک اسید در پارامترهای رشد گیاهان، توسط بسیاری از محققین گزارش شده است. (Vaughan & Linehan, 2004, Vaughan, 1974 & Valdrghi et al., 1996) سبزواری و خزاعی (۱۳۸۷)، گزارش نمودند، اثر متقابل محلول پاشی هیومیک اسید، در زمان‌های مختلف، بر وزن تر و خشک اندام هوایی، سطح برگ، ارتفاع ساقه و عدد کلروفیل متر، معنی دار بود.

اثرات متقابل سطوح کود نیتروژن و سوبه‌های باکتری

بین اثرات متقابل دوگانه‌ی سطوح متفاوت کود نیتروژن و سوبه‌های باکتری ازتوباکتر کروکوکوم، از نظر تأثیر بر صفات ذکر شده، اختلاف معنی دار، در سطح ۱ درصد وجود داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴)، نشان می‌دهد سطوح کودی N1 و N2، به همراه تلقیح سوبه‌ی ۱۵ باکتری، در گروه اول آماری قرار گرفتند. این اختلافات، ناشی از قدرت تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، توسط سوبه‌های باکتری ازتوباکتر کروکوکوم (Choudhury & Kabi, 2002)، بالاخص سوبه‌ی ۱۵، می‌باشد.

اثرات متقابل سطوح کود نیتروژن و هیومیک اسید

بین اثرات متقابل دوگانه‌ی سطوح متفاوت کود نیتروژن و هیومیک اسید، از نظر تأثیر بر صفات ذکر شده، در سطح ۱ درصد، تفاوت معنی داری وجود داشت (جدول ۲). با توجه به نتایج این آزمایش، می‌توان نتیجه گرفت که هیومیک اسید توانسته است در جبران کاهش ۲۵ درصدی کود نیتروژن مصرفی، مؤثر باشد؛ به‌طوری‌که در سطوح اول و دوم کود نیتروژن به همراه مصرف هیومیک اسید، تفاوت چندانی از نظر تولید هورمون اکسین و عملکرد بیولوژیک، مشاهده نشد (جدول ۵). این اثر می‌تواند به دلیل انحلال و آزاد سازی عناصر غذایی توسط مواد هیومیکی و در نتیجه جذب بیشتر نیترات توسط ریشه‌های گیاه (Pinton et al., 1999) باشد.

مستقیم، به خصوص تولید فیتو هورمون‌های گیاهی، می‌تواند در افزایش رشد و عملکرد گیاهان مؤثر باشند. (Reddy et al., 2002). با توجه به نتایج تحقیقات محققین، تلقیح ازتوباکتر به‌طور متوسط، افزایشی معادل ۱۵ - ۱۰ درصد در عملکرد پیاهان مختلف، به ویژه گندم به دنبال داشته است (Vessey, 2003 & Idris, 2003). همچنین نتایج مشابهی در مورد افزایش معنی دار بیوماس اندام هوایی گندم، در حضور ازتوباکتر کروکوکوم توسط؛

Zamber et al. (1984), Hammad, (1998), Ravikumar et al. (2004), Zaied et al. (2003), Yasmin et al. (2004) و Kader et al. (2002) گزارش شده است. از میان سوبه‌های انتخابی، سوبه‌ی ۱۵، در گروه اول، سوبه‌ی ۲۰ در گروه دوم، سوبه‌ی ۹ در گروه سوم و در نهایت، تیمار شاهد در گروه چهارم (آخر) قرار گرفتند (جدول ۳)، که نشانی از توانایی برقراری ارتباط همپاری بهتر و قوی تر سوبه‌ی ۱۵، با گندم رقم بهار، می‌باشد. رابطه‌ی بین ژنوتیپ گیاهی و سوبه، وابسته به ویژگی‌های مشارکتی، در سیستم، شامل ترکیبات کیفی و کمی ترشحات ریشه‌ی گیاه، متابولیت‌های ویژه‌ی میکروبی و ویژگی‌های ژنوتیپ گیاهی در جذب و انتقال نیتروژن، عنوان شده است (Sarig et al., 1998).

هیومیک اسید

مصرف و عدم مصرف (شاهد) هیومیک اسید نیز در سطح آماری ۱ درصد، اختلاف معنی دار نشان داد (جدول ۲)، به‌طوری‌که مصرف هیومیک اسید، با ایفای نقش مواد آلی خاک، نسبت به عدم مصرف آن، باعث افزایشی معادل ۱۴/۸ درصد، در تولید هورمون اکسین، ۱۵/۲ درصد، در عملکرد دانه، ۱۶ درصد، در عملکرد بیولوژیک و ۱۴ سانتیمتر، در ارتفاع گیاه، گردید (جدول ۳). هیومیک اسید، می‌تواند با افزایش جمعیت و فعالیت باکتری‌ها، تولید فیتوهورمون‌های رشد گیاه را افزایش داده و در نتیجه عملکرد و اجزای عملکرد گیاه گندم را تحت تأثیر قرار دهد (حاجی بلند و همکاران،

داد که استفاده از سویه‌های باکتری توانست در کاهش کود نیتروژن مصرفی مؤثر باشد. بنابراین امکان کاهش مصرف کودهای شیمیایی، جهت جلوگیری از آلودگی‌های زیست محیطی از طریق به کار بردن کودهای بیولوژیک در گندم وجود دارد. همچنین مصرف هیومیک اسید توانست احتمالاً با افزایش فعالیت و جمعیت باکتری، در افزایش عملکرد گیاه مؤثر باشد. در نتیجه می‌توان از آن جهت افزایش اثرات مواد آلی خاک استفاده نمود.

سپاسگزاری

بدینوسیله از زحمات اعضای محترم هیات علمی، مسئولین و پرسنل محترم مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج و همچنین موسسه‌ی تحقیقات خاک و آب که در انجام این تحقیق، ما را صمیمانه یاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌نمائیم.

نتایج مشابهی توسط Pinton et al. (1999) و Kauser & Azam (۱۹۸۵) ارائه شده است.

اثرات متقابل سویه‌های باکتری و هیومیک اسید

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، اختلاف معنی داری، در سطح ۱ درصد، بین اثرات متقابل دو گانه‌ی سویه‌های باکتری از توباکتر کروکوکوم و هیومیک اسید، از لحاظ تولید هورمون اکسین، عملکرد بیولوژیک و ارتفاع ساقه‌ی گیاه، نشان داد. همان طور که در نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۶)، مشاهده می‌شود سویه‌های باکتری از توباکتر کروکوکوم، با مصرف مواد هیومیکی به عنوان منابع کربن (Guar, 2006)، توانسته‌اند در گروه‌های برتر آماری قرار گیرند.

اثرات متقابل سطوح کود نیتروژن، سویه‌های باکتری و هیومیک اسید

بین اثرات متقابل سه گانه‌ی سطوح متفاوت کود نیتروژن، سویه‌های باکتری از توباکتر کروکوکوم و هیومیک اسید، بر تولید هورمون اکسین، عملکرد بیولوژیک، اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد وجود داشت (جدول ۲). تثبیت نیتروژن توسط سویه‌ی ۱۵ باکتری، در حضور مقدار کافی نیتروژن (N1)، متوقف شده است، حال آنکه باکتری، در کمبود کود نیتروژن (N2)، عمل تثبیت را تا حدی ادامه داده است که میزان عملکرد بیولوژیک، حتی از تیمار مقدار کافی نیتروژن نیز تجاوز نمود. اثر بازدارندگی کود نیتروژن، در تثبیت آن، توسط محققین دیگری نیز گزارش شده است (حاجی بلند و همکاران، ۱۳۸۳ و Cohen et al., 1980). اثرات متقابل سه گانه، نسبت به ارتفاع، اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد نشان داد، ولی نسبت به عملکرد دانه، غیر معنی دار شد.

نتیجه گیری کلی

سویه‌های باکتری از توباکتر کروکوکوم توانستند در افزایش عملکرد و تولید هورمون اکسین، مؤثر باشند. بهترین آنها سویه‌ی شماره‌ی ۱۵ بود. مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان

اثر برخی سوبه‌های ازتوباکتر کروکوکوم و هیومیک اسید بر تولید هورمون اکسین و عملکرد و اجزای عملکرد گندم در سطوح ...

جدول ۱- تجزیه‌ی شیمیایی و فیزیکی خاک.

Table 1. Soil physical and chemical Analysis.

عمق Description (cm)	درصد اشباع sp %	هدایت الکتریکی Ec ds/m	اسیدی ته pH	آهک T.N.V %	کربن آلی O.C %	نیتروژن کل N %	پتاسیم قابل دسترس K (a.v.a.) p. p. m.	فسفر قابل دسترس P (a.v.a.) p. p. m.	Physical tests			
									S %	Si %	C %	Text
0 - 30	35.86	5.82	7.81	7.35	0.85	0.17	240	7.68	44	22	34	C.L

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده

Table 2. Analysis of variance for measured characters

منابع تغییرات (S.O.V)	میانگین مربعات (MS)				
	درجه آزادی df	اکسین Auxin	ارتفاع گیاه Plant height	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield
تکرار Replication	3	367 ^{ns}	42 ^{ns}	462327 ^{ns}	2221366 ^{ns}
نیتروژن Nitrogen	2	8815**	1426**	6405522**	37832539**
خطای اول (Error a)	6	142	64.1	265705	808532
Azotobacter chroococcum	3	54608**	5080**	27630673**	178923606**
Humic acid	1	53487**	5257**	18851424**	130372832**
N*A	6	1961**	514**	1489182**	15739411**
N*H.A	2	6067**	2338**	3872848**	23360669**
A*H.A	3	1922**	434**	374103 ^{ns}	10441017**
N*A*H.A	6	2021**	243**	464350 ^{ns}	5001986*
خطای دوم (Error b)	63	183	73.6	378086	1875142
ضریب تغییرات (C.V)%		3.977	9.225	9.799	8.817

* و ** به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱٪ و ns: غیر معنی دار

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels and ns: Non significant

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات ساده صفات

Table 3. Mean comparison of simple effects of characters

تیمار Treatment	اکسین Auxin (ng.g ⁻¹ dry weight)	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha ⁻¹)
Nitrogen				
N ₁ = 150	358a	100a	6743a	16659a
N ₂ = 112.5	337b	93b	6230b	15447b
N ₃ = 75	325c	86c	5852c	14489c
Azotobacter chroococcum				
A ₀	277d	73d	4881d	12033d
A ₉	342c	94c	6125c	15179c
A ₁₅	392a	106a	7433a	18593a
A ₂₀	351b	100b	6661b	16322b
Humic acid				
H.A ₀	317b	86b	5832b	14366b
H.A ₁	364a	100a	6718a	16697a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن، در سطح ۵٪، اختلاف معنی دار ندارند.

Mean followed by the same letters in each column are not significant (Duncan multiple rang test 5%)

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل دو گانه‌ی صفات

Table 4. Mean comparison of twofold interaction effects of characters

تیمار Treatment	اکسین Auxin (n g.g ⁻¹ dry weight)	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha ⁻¹)
N ₁ A ₀	273f	70.35c	4692f	11100i
N ₁ A ₉	371c	109a	6919bc	17430cd
N ₁ A ₁₅	418a	108a	7930a	19900a
N ₁ A ₂₀	372c	111a	7433ab	18210bc
N ₂ A ₀	278f	71.88c	5075f	12580h
N ₂ A ₉	326e	92.94b	5738e	13980g
N ₂ A ₁₅	397b	111a	7572a	19340ab
N ₂ A ₂₀	349d	96.03b	6534dc	15880ef
N ₃ A ₀	280f	75.35c	4877f	12420hi
N ₃ A ₉	328e	79.16c	5718e	14120g
N ₃ A ₁₅	362cd	97.78b	6797bc	16550de
N ₃ A ₂₀	332e	92.89b	6016de	14870fg

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن، در سطح ۵٪، اختلاف معنی دار ندارند.

Mean followed by the same letters in each column are not significant (Duncan multiple rang test 5 %)

اثر برخی سوبه‌های ازتوباکتر کروکوکوم و هیومیک اسید بر تولید هورمون اکسین و عملکرد و اجزای عملکرد گندم در سطوح ...

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل دوگانه‌ی صفات

Table 5. Mean comparison of twofold interaction effects of characters

تیمار Treatment	اکسین Auxin (ng.g ⁻¹ dry weight)	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha ⁻¹)
N ₁ H.A ₀	349b	102a	6676ab	16280bc
N ₁ H.A ₁	368a	97.34a	6811ab	17040ab
N ₂ H.A ₀	301c	82.39b	5476c	13370d
N ₂ H.A ₁	375a	104a	6983a	17520a
N ₃ H.A ₀	301c	72.74c	5343c	13450d
N ₃ H.A ₁	350b	100a	6361b	15530c

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن، در سطح ۵٪، اختلاف معنی دار ندارند.

Mean followed by the same letters in each column are not significant (Duncan multiple rang test 5 %)

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل دوگانه‌ی صفات.

Table 6. Mean comparison of twofold interaction effects of characters

تیمار Treatment	اکسین Auxin (n g.g ⁻¹ dry weight)	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha ⁻¹)
A ₀ H.A ₀	266f	68.28d	11840e
A ₀ H.A ₁	287e	76.77c	12220e
A ₉ H.A ₀	315d	80.82c	13760d
A ₉ H.A ₁	369bc	106a	16600b
A ₁₅ H.A ₀	362c	102a	16950b
A ₁₅ H.A ₁	423a	110a	20230a
A ₂₀ H.A ₀	324d	91.16b	14910c
A ₂₀ H.A ₁	377b	109a	17740b

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن، در سطح ۵٪، اختلاف معنی دار ندارند.

Mean followed by the same letters in each column are not significant (Duncan multiple rang test 5%)

جدول ۷- مقایسه میانگین اثرات متقابل سه گانه‌ی صفات.

Table 7. Mean comparison of threefold interaction effects of characters

تیمار Treatment	اکسین Auxin (n g.g ⁻¹ dry weight)	ارتفاع گیاه Plant hight (cm)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha ⁻¹)
N ₁ A ₀ H.A ₀	300d	80.03b	11810hi
N ₁ A ₀ H.A ₁	246e	60.68c	10380i
N ₁ A ₉ H.A ₀	341c	108.3a	16590de
N ₁ A ₉ H.A ₁	402b	108.9a	18270cd
N ₁ A ₁₅ H.A ₀	396b	108.8a	19130bc
N ₁ A ₁₅ H.A ₁	439a	108a	20660b
N ₁ A ₂₀ H.A ₀	359c	110.7a	17580cde
N ₁ A ₂₀ H.A ₁	385b	111.8a	18840bc
N ₂ A ₀ H.A ₀	248e	61.78c	12340ghi
N ₂ A ₀ H.A ₁	308d	81.97b	12830gh
N ₂ A ₉ H.A ₀	298d	80.7b	12140ghi
N ₂ A ₉ H.A ₁	354c	105.2a	15830ef
N ₂ A ₁₅ H.A ₀	349c	107.1a	16060ef
N ₂ A ₁₅ H.A ₁	445a	115.8a	22610a
N ₂ A ₂₀ H.A ₀	308d	80.03b	12940gh
N ₂ A ₂₀ H.A ₁	391b	112a	18830bc
N ₃ A ₀ H.A ₀	251e	63.05c	11380hi
N ₃ A ₀ H.A ₁	308d	87.65b	13460gh
N ₃ A ₉ H.A ₀	307d	53.48c	12550ghi
N ₃ A ₉ H.A ₁	350c	104.9a	15690ef
N ₃ A ₁₅ H.A ₀	340c	90.6b	15660ef
N ₃ A ₁₅ H.A ₁	385b	105a	17430cde
N ₃ A ₂₀ H.A ₀	307d	82.75b	14200fg
N ₃ A ₂₀ H.A ₁	357c	103a	15540ef

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن، در سطح ۵٪، اختلاف معنی دار ندارند.

Mean followed by the same letters in each column are not significant (Duncan multiple rang test 5%)

اثر برخی سوبه‌های ازتوباکتر کروکوکوم و هیومیک اسید بر تولید هورمون اکسین و عملکرد و اجزای عملکرد گندم در سطوح ...

References

منابع

- اردکانی، م. ر. ۱۳۷۸. بررسی کارایی کودهای بیولوژیک در زراعت پایدار گندم. پایان نامه‌ی دکتری. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.
- حاجی بلند، ر. ن. علی اصغر زاده و ز. مهر فر. ۱۳۸۳. بررسی اکولوژیکی ازتوباکتر در دو منطقه‌ی آذربایجان و اثر تلقیح آن روی رشد و تغذیه‌ی معدنی گیاه گندم. مجله‌ی علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال هشتم. شماره‌ی دوم. صفحات ۸۹ - ۷۵.
- حسن زاده ولوئی، م. ۱۳۷۳. بررسی اثر زمان محلول پاشی اوره بر عملکرد، اجزای عملکرد، پروتئین و انتقال مجدد ازت و ماده خشک در دو رقم گندم. پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده‌ی کشاورزی. دانشگاه فردوسی مشهد.
- رجایی، س.، ح. علیخانی و ف. رئیسی. ۱۳۸۶. اثر پتانسیل‌های محرک رشد سوبه‌های بومی ازتوباکتر کروکوکوم روی رشد، عملکرد و جذب عناصر غذایی در گندم. مجله‌ی علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال یازدهم. شماره‌ی ۴۱. صفحه‌ی ۲۸۵.
- رفیعی الحسینی، م. ۱۳۷۶. بررسی شاخص برداشت ازت در ارقام مختلف گندم. پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده‌ی کشاورزی. دانشگاه صنعتی اصفهان.
- سبزواری، س. و ح. ر. خزاعی. ۱۳۸۹. اثر محلول پاشی سطوح مختلف اسید هیومیک بر خصوصیات رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) رقم پیشتاز. فصلنامه‌ی بوم‌شناسی کشاورزی. سال اول. شماره‌ی ۲. صفحه‌ی ۵۳.
- سبزواری، س.، ح. ر. خزاعی و م. کافی. ۱۳۸۸. اثر اسید هیومیک بر رشد ریشه و بخش هوایی ارقام سایونز و سبلان گندم (*Triticum aestivum* L.). مجله‌ی آب و خاک علوم و صنایع کشاورزی. جلد ۲۳. شماره‌ی ۲. صفحات ۹۴ - ۸۷.
- نصیری محلاتی، م.، ع. کوچکی، پ. رضوانی و ع. بهشتی. ۱۳۸۰. اگر واکولوژی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۴۶۰ صفحه.
- نور قلی پور، ف.، ی. ر. باقری و م. لطف الهی. ۱۳۸۳. اثر منابع مختلف کود نیتروژن بر عملکرد و کیفیت گندم. نشریه‌ی پژوهش در علوم کشاورزی. سال چهارم. شماره‌ی ۲. صفحه‌ی ۱۲۰.
- نورمحمدی ق.، ع. سیادت و ع. کاشانی. ۱۳۷۶. زراعت (جلد اول: غلات). انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز. ۴۶۸ صفحه.
- Cohen, E., Y. Okon, J. Kigel, I. Nur & Y. Henis. 1980. Increase in dry weight and total nitrogen content in *Zea mays* and *Setaria italica* associated with nitrogen fixing *Azospirillum* spp. *Plant Physiol.* 66: 746 – 749.
- Choudhury, A. & M. C. Kabi. 2002. Response of rice to inoculation with a composite inoculums under graded levels of fertilizers nitrogen in terai soils of West Bengal. *Indian Agriculturist.* 46 (3/4): 173 – 175.
- Glick, B. R. 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. *Can. J. Microbiol.* 41: 109 – 117.
- Guar, A. C. 2006. Handbook of Organic Farming and Biofertilizers. PP: 667.
- Hammad, A. M. 1998. Evaluation of alginate-encapsulated *Azotobacter chroococcum* as a phage-resistant and an effective inoculums. *J. Basic Microbiol.* 38: 9 – 16.
- Idris, M. 2003. Effect of integrated use of mineral, organic N and *Azotobacter* on yield, yield components and N-nutrition of wheat (*Triticum aestivum* L.). *P. J. B. S.* 6: 259 – 261.
- Iswaran, V. & A. Sen. 1960. Effect of calcium salts on nitrogen fixation by *Azotobacter* sp. *Ann. Biochem and*

Exptle. Med. 20 (8): 197 – 204.

Kader, M. A., M. H. Main & M. S. Hoque. 2002. Effect of Azotobacter inoculants on the yield and nitrogen uptake by wheat. O. J. Biologic. Sci. 2: 259 – 261.

Kauser, A. M. & F. Azam. 1985. Effect of humic acid on wheat (*Triticum aestivum* L.) seedling growth. Environmental and Experimental Botany. 25. 3: 245 - 252.

Kumar, R., R. Bhatia, K. Kukreja, R. K. Behl, S. S. Dudeja & N. Narula. 2007. Establishment of Azotobacter on plant roots: chemotactic respons, development and analysis of root exudates of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.). 47 (5): 436 – 9.

Narula, N., V. Kumar, B. Singh, R. Bhatia & K. Lakshminarayana. 2005. Impact of biofertilizers on grain yield in spring wheat under varying fertility conditions and wheat-cotton rotation. Archives of Agronomy and Soil Science. 51 (1): 79 – 89.

Pinton, R., S. Cesco, G. Iacolettig, S. Astolfi & Z. Varanini. 1999. Modulation of NO₃-uptake by water-extractable humic substances: involvement of root plasma membrane H⁺-ATPase. Plant and Soil. 215: 155 - 161.

Ram. P. & N. Prasad. 1985. Efficiency of time potassium application in wetland rice on haplaquent of Meghalaya. Indian Journal of Agriculture Sciences. 55: 338 – 341.

Ravikumar, S., K. Kathiresan, S. T. M. Ignatiammal , M. B. Selvam & S. Shanthy. 2004. Nitrogen- fixation Azotobacters from mangrove habitat and their utility as marine biofertilizers. J. Exp. Marine Biolo. And Ecol. 15: 157 – 160.

Reddy, M. S., C. M. Rye, S. Zhang, Z. Yan, D. S. Kenney & J. W. Kloepper. 2000. Approaches for enhancing PGPR mediated ISR on various vegetable transplant plugs. Plant Phatol. 26: 39 – 45.

Sarig, M. R., Z. Sarig & M. Govedarica. 1998. Effeciency of strain combination of different genera of nitrogen fixing bacteria on Sunflower genotypes. In: 12th Intern. Sunflower Conference. Novi Sad. P.P: 187 – 191.

Valdrighi, M. M., A. Pear, M. Agnolucci, S. Frassinetti, D. Lunardi & G. Vallini. 1996. Effects of compost-derived humic acids on vegetable biomass production and microbial growth within a plant (*Cichorium intybus*) soil system: A comparative study. Agr. Ecosys. Env. 58: 133-144.

Vaughan, D. 1974. A possible mechanism for humic acid action on cell elongation in root segmentes of *Pisum Sativum* under aseptic condition. Soil Biology and Biochemistry. 6: 241 - 247.

Vaughan, D. & D. J. Linehan. 2004. The growth of wheat plants in humic acid solutions under axenic conditions. Plant and Soil, 44: 445 - 449.

Vessey, J. K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. Plant Soil. 255: 571 – 586.

Yasmin, S., M. A. R. Bakar, K. A. Malik & F. Hafeez. 2004. Isolation, characterization and beneficial effects of rice associated plant growth promoting bacteria from Zanibar soils. J. Basic Microbiol. 44: 241 – 252.

Zaied. K. A., A. H. Abd-El-Hady, A. H. Afify & M. A. Nassef. 2003. Yield and nitrogen assimilation of winter wheat inoculated with new recombinant inoculants of rhizobacteria. Pakistant J. Biologic. Sci. 6: 344 – 358.

اثر برخی سویه‌های ازتوباکتر کروکوکوم و هیومیک اسید بر تولید هورمون اکسین و عملکرد و اجزای عملکرد گندم در سطوح ...

Zaied, K. A., A. H. Abd-El-Hady, A. E. Sharief, E. H. Ashour and M. A. Nassef. 2007. Effect of horizontal DNA Transfer in Azospirillum and Azotobacter Strains on biological and biochemical traits of non-legume plants. Journal of Applied Sciences Research. 3 (1): 73 – 86.

Zamber, M. A., B. K. Konde & K. R. Sonar. 1984. Effect of Azotobacter chroococcum and Azospirillum brasilinse inoculation under graded levels of nitrogen on growth and yield of wheat. Plant Soil. 79: 61 – 67.