Archive of SID

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۲، شماره ۳ ، پاییز ۱۳۹۳، ص. ۳۶۸-۳۶۰

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 12, No. 3, Fall. 2014, p. 360-368

تاثیر کود بیولوژیک نیتروکسین و سطوح مختلف کود شیمیایی نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم

سارا بخشائی[۱]- پرویز رضوانی مقدم[۲*]- مرتضی گلدانی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۳/۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۲/۲۴

چکیده

به منظور مطالعه تاثیر کود بیولوژیک و مقادیر مختلف کود شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم آزمایشی در سال زراعی ۸۹-۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایش عبارت اند از: کود شیمیایی اوره در شش سطح (۱۰، ۲۰، ۴۰، ۸۰، ۱۶۰ و ۳۲۰ کیلوگرم در هکتار اوره)، کود بیولوژیک نیتروکسین در ۲ سطح (تلقیح و عدم تلقیح) و اثر متقابل کود بیولوژیک نیتروکسین و سطوح کود شیمیایی اوره. نتایج نشان داد که استفاده از کود بیولوژیک در کنار مقادیر مختلف کود شیمیایی بر روی اکثر صفات از جمله تعداد پنجه در بوته، تعداد دانه در سنبله، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، و وزن هزار دانه تاثیر معنی‌داری داشت ($p\leq ۰/۰۱$). به طوری‌که تلقیح با ازتوباکتر همراه با سطوح مختلف کود شیمیایی باعث افزایش عملکرد بیولوژیک گردید و تیمار ۱۶۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار همراه با کود بیولوژیک نیتروکسین بیشترین و تیمار شاهد (صفر کیلوگرم اوره+ عدم تلقیح با کود بیولوژیک نیتروکسین) کمترین میزان عملکرد بیولوژیک را نشان دادند. به نظر می‌رسد افزایش عملکرد بیولوژیک در تیمارهای کود بیولوژیک همراه با کود شیمیایی می‌تواند به دلیل تاثیر توام باکتری‌های محرک رشد و کود شیمیایی نیتروژن در فراهمی عناصر غذایی برای گیاه باشد.

واژه‌های کلیدی: ازتوباکتر، اوره، باکتری‌های محرک رشد، تلقیح

مقدمه

گیاهان زراعی برای رشد و تولید محصول به عناصر غذایی نیاز دارند. این عناصر عمدتا از طریق خاک و همچنین کودهای شیمیایی در اختیار گیاهان قرار می‌گیرد. مدیریت مصرف کودهای شیمیایی به خصوص کود نیتروژن از معمول‌ترین و متداول‌ترین تحقیقات زراعی است، چرا که کمبود و ازدیاد این عنصر، هر دو مضر شناخته شده است و مصرف کود نیتروژن را مهمترین و موثرترین عنصر فزاینده عملکرد دانه و عملکرد پروتئین می‌دانند (۳۳). براساس گزارشات موجود، مصرف کودهای شیمیایی در کشور ما نامتعادل بوده است و تطابقی با نیاز واقعی گیاه ندارد (۱۳). سیستم‌های کشاورزی متداول نشان داده‌اند که اگرچه به کمک کودهای شیمیایی و سموم، در کوتاه مدت می‌توان به عملکردهای بالایی دست یافت ولی پایداری حاصلخیزی خاک و سلامت خاک زراعی در این سیستم‌ها زیر سوال است (۶). مطالعات بلندمدت نشان می‌دهند که استفاده فشرده از کودهای شیمیایی عملکرد گیاهان زراعی را کاهش می‌دهد. این کاهش نتیجه اسیدی شدن خاک، کاهش فعالیت‌های بیولوژیک خاک، افت خصوصیات فیزیکی خاک و عدم وجود ریزمغذی ها در کودهای NPK می‌باشد (۱۶). در سیستم‌های ارگانیک مدیریت خاک بایستی براساس حفظ سلامت و فعالیت بیولوژیکی آن و هم‌چنین فراهم آوردن محیطی مناسب برای رشد گیاه طراحی گردد مهم ترین مکانیسم مؤثر در خاصیت سرکوب‌کنندگی خاک، روابط آنتاگونیستی میکروارگانیسم‌ها با یکدیگر می‌باشد. بدین منظور باید از اثرات متقابل محصولات زراعی و خاک و نیز تأثیر نحوه مدیریت بر خاک اطلاع کافی داشت (۱۰). در بعضی از نقاط برای اصلاح خاک، تقویت زمین و بالا بردن کیفیت محصول لازم است از کودهای بیولوژیک استفاده شود که این موضوع مستلزم تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور است (۹). اگر چه کاربرد کودهای بیولوژیک به علل مختلف در طی چند دهه گذشته کاهش یافته‌است ولی امروزه با توجه به مشکلاتی که

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد، استاد و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: rezvani@ferdowsi.um.ac.ir)

www.SID.ir

Archive of SID

مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی به وجود آورده‌است، استفاده از آنها به عنوان یک رکن اساسی در توسعه پایدار کشاورزی مجدد اً مطرح شده‌است (۱۵ و ۱۷). بدون تردید کاربرد کودهای بیولوژیک علاوه بر اثرات مثبتی که بر کلیه خصوصیات خاک دارد، از جنبه های اقتصادی زیست محیطی و اجتماعی نیز مثمر ثمر واقع شده و می‌تواند به عنوان جایگزینی مناسب و مطلوب برای کودهای شیمیایی باشد (۱). زمینه‌های کاربردی علم بیوتکنولوژی خاک علاوه بر تولید کودهای بیولوژیک، شامل استفاده از ارگانیسم‌های مفید خاک‌زی به منظور حذف سموم و سایر آلاینده‌های خاک، تجزیه سریع بازمانده های گیاهی، بهبود ساختمان فیزیکی خاک، اصلاح خاک های فرسوده، کمک به حفظ سلامت گیاه و موارد دیگری از این قبیل هستند (۷). به طور کلی محصولاتی شامل سلول‌های زنده از گونه‌های مختلف میکروارگانیسم‌ها که توانایی تبدیل عناصر غذایی از فرم غیر قابل جذب به فرم قابل جذب برای استفاده گیاهان را دارند، به عنوان کودهای بیولوژیکی محسوب می شوند (۵۱). در این میان با استفاده از میکروارگانیسم‌های خاک و مخصوصا باکتری‌ها که با انجام فرآیندهای مختلف زیستی در چرخه عناصر غذایی خاک دخالت دارند، می‌توان رشد گیاهان را بهبود بخشید. این باکتری ها، باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه[1] نامیده می شوند. جزء باکتری‌های آزادزی خاک هستند. این باکتری‌ها اغلب در نزدیکی یا حتی در داخل ریشه گیاهان یافت می‌شوند (۸). باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) از طرق مختلفی از جمله تثبیت نیتروژن، سنتز و تولید سیدروفورهای کمپلکس کننده آهن، تولید هورمون های گیاهی، تولید آنتی بیوتیک‌ها و ترکیبات قارچ کش، رشد گیاهان را بهبود می‌بخشند. از میان این باکتری‌ها، آزوسپیریلیوم و از تو باکتر به دلیل توانایی در برقراری ارتباط با گیاهان مهم زراعی نظیر گندم، ذرت، سورگم، توجه بیشتری را به خود جلب کرده‌است (۲۷، ۳۲، ۳۴، ۳۷، ۴۰ و ۵۲). انواع کودهای بیولوژیک شامل: باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن مولکولی (دی ازوتروف ها)، قارچ‌های میکوریزا، میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات‌های نامحلول، باکتری‌های رایزوسفری محرک رشد گیاه، میکروارگانیسم‌های تبدیل کننده مواد آلی زائد به کمپوست و کرم های خاکی تولید کننده ورمی کمپوست هستند (۷ و ۱۲). ازتوباکتر نیز یک باکتری آزادزی تثبیت کننده نیتروژن مولکولی است که قادر به تحریک و افزایش رشد گیاهان از طرق مختلفی نظیر تثبیت نیتروژن (۳۶، ۳۷ و ۴۳)، هورمون‌های گیاهی (۲۷)، ویتامین‌های B (۳۸)، توسعه سیستم‌های ریشه‌ای گیاه و ترشح اسیدهای آلی در ریزوسفر است (۲۴ و ۴۸). بنابراین مطالعه و بررسی این باکتری‌ها در خاک‌های زراعی ایران به منظور تعیین اثرات آنها در جذب عناصر غذایی و بهبود رشد گیاهان ضرورت دارد. همچنین اگرچه در نظام‌های کشاورزی پایدار، کودهای بیولوژیکی نیز به صورت نهاده وارد سیستم می شود، اما این فشرده سازی در طولانی مدت سبب تعادل عناصر غذایی در خاک خواهد شد و فاقد مشکلات زیست محیطی است. استفاده از کودهای شیمیایی همراه با کودهای بیولوژیکی احتمالاً بهترین روش برای حفظ سطح تولید پایدار غذا است (۱۲). امروزه غلات یکی از مهم ترین تولیدات غذایی برای انسان می‌باشد (۴). گندم[2] از جمله محصولات زراعی ایران به شمار می‌رود و از زمان‌های بسیار قدیم درتامین معاش و ادامه حیات ساکنان این کشور نقش مهمی به عهده داشته‌است. این گیاه نزدیک به ۱۵-۱۰ هزار سال قبل از میلاد مسیح در ناحیه ای واقع در غرب ایران و شرق عراق به تکامل رسیده‌است. گندم به عنوان مهم‌ترین محصول زراعی، مساحت زیادی از زمین‌های کشاورزی کشور را به خود اختصاص داده‌است (۲). در مقایسه با سایر محصولات کشاورزی و غلات بیشترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده‌است. در ایران در حال حاضر سهم تولید دانه گندم از کل غلات تولیدی ۷۳/۴۲ درصد می‌باشد که بیشترین سهم را در بین غلات دارد (۳).

با توجه به اهمیت تولید پایدار گندم به عنوان یکی از مهمترین منابع غذای بشر، و لزوم توجه به جایگزین کردن منابع کودهای بیولوژیکی به جای کودهای شیمیایی، این مطالعه به منظور بررسی و مقایسه اثر استفاده از مقادیر مختلف کود شیمیایی اوره و کود بیولوژیک نیتروکسن بر عملکرد و اجزاء عملکرد گندم انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۸۹-۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد، با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۷ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه تا ۱۵ دقیقه و ۶۰ درجه تا ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا، در زمینی به مساحت ۳۳۹/۵ متر مربع اجرا شد. براساس گزارش آمار سازمان هواشناسی کشور (۵) در سال ۸۸، متوسط بارندگی سالانه‌ی مکان مورد آزمایش ۲۵۲ میلی‌متر، متوسط حداکثر درجه حرارت ۳۹ درجه سانتی‌گراد و حداقل ۲۱ سانتی‌گراد بود.

رقم گندم مورد آزمایش در این طرح از نوع گاسکوژن که جزء گندم های نان و از انواع متوسط رس با قابلیت کود پذیری بالا بود. این طرح به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از: کود شیمیایی اوره در شش سطح (۱۰، ۲۰، ۴۰، ۸۰، ۱۶۰ و ۳۲۰

1- Plant Growth Promoting Rhizobacteria

2- *Triticum aestivum* L.

www.SID.ir

Archive of SID

کیلوگرم در هکتار اوره)، کود بیولوژیک نیتروکسین در ۲ سطح (تلقیح و عدم تلقیح). قبل از کاشت شخم توسط گاو آهن برگردان دار انجام شد، سپس دو دیسک عمود بر هم زده شد و تسطیح زمین نیز توسط لولر انجام گرفت. و در تیمارهایی که باید تلقیح بذرها با کود بیولوژیک نیتروکسین با تعداد سلول زنده در هر میلی لیتر (CFU) : 10^8 انجام می‌گرفت، مقدار ۰/۵ کیلوگرم از بذر را برای هر کرت ۶ متری در نظر گرفته (با توجه به تراکم ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار بذر مصرفی گندم) و با کود بیولوژیک نیتروکسین تلقیح گردید. پس از این مرحله بذور به مدت یک تا دو ساعت در سایه قرار داده شد تا کاملا خشک شود (تلقیح با کودهای بیولوژیک به علت حساس بودن باکتری‌ها به نور و گرما در سایه باید انجام شود). کاشت گندم به روش جوی و پشته‌ای و با فاصله ردیف ۵۰ سانتی متر و به صورت دستی انجام شد. کاشت گندم در دو طرف پشته‌ها انجام شد و آبیاری زمین آزمایش با روش نشتی و استفاده از سیفون و دور ۷ روز انجام گردید. آبیاری اول به دلیل حساس بودن باکتری‌های محرک رشد به خشکی، بلافاصله پس از کاشت انجام گرفت. کود شیمیایی اوره بر حسب تیمارها، در سه مرحله که دو مرحله آن قبل از سنبله‌دهی و یک مرحله بعد از آن بود انجام گرفت و در هر مرحله یک سوم کل میزان کود اوره هر تیمار به زمین داده شد. در طول دوره رشد از هیچ علف کش، حشره کش و یا قارچ کشی استفاده نشد. برای اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک و عملکرد اقتصادی گیاه، تعداد پنجه در بوته، تعداد دانه در سنبله، از سطح یک متر مربع با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای، برداشت شد. نمونه‌های برداشت شده هر کرت به طور جداگانه در سایه خشک گردید و عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، عملکرد کاه و وزن هزار دانه برای هر تیمار اندازه‌گیری و شاخص برداشت نیز محاسبه گردید. داده‌های آزمایش براساس طرح آماری مورد استفاده، با استفاده از نرم‌افزار Mstat-C مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد جهت مقایسات میانگین انجام شد.

نتایج و بحث

تعداد پنجه در بوته

نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس نشان داد که تعداد پنجه در بوته از نظر تیمارهای کود بیولوژیک و کود شیمیایی اوره مورد استفاده اختلاف معنی داری داشت ($p\leq$۰/۰۵)، همچنین تحت تاثیر برهمکنش کود بیولوژیک و کود شیمیایی اوره نیز قرار گرفت ($p\leq$۰/۰۵) (جدول۱). تمامی تیمارهای کودی مورد استفاده اختلاف معنی‌داری را با تیمار شاهد نشان دادند و ۳۲۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی اوره + تلقیح با کود بیولوژیک نیتروکسین بیشترین و تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی اوره + عدم تلقیح با کود بیولوژیک نیتروکسین کمترین تعداد پنجه در بوته را ایجاد کردند (جدول۲).

در بین تیمارهای کود شیمیایی نیز تیمار ۳۲۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره بیشترین (۵/۱۶۷) و تیمارهای صفر و ۱۰ کیلوگرم در هکتار نیز مشترکا کمترین (۳/۵۰۰) تعداد پنجه در بوته را به خود اختصاص دادند. این نتایج حاکی از این است که باکتری‌های آزوسپرولیوم و ازتوباکتر در افزایش تعداد پنجه در بوته موثر بوده و افزایش میزان عناصر غذایی در دسترس گیاه مثلا نیتروژن، باعث تحریک رشد رویشی و تعداد پنجه در بوته می‌شود. در آزمایشی در یک نوع ارزن (*Pennisetum americanum* L.) با افزایش میزان نیتروژن تعداد پنجه در بوته ها هم افزایش یافت (۲۱). آزوسپیریلیوم به عنوان یک تحریک کننده رشد گیاهی، غیر از تثبیت نیتروژن مولکولی سبب تولید اکسین‌ها می شود که موجب افزایش تولید تارهای کشنده ریشه می‌شود و لذا جذب عناصر غذایی از خاک و رشد گیاه بهبود می‌یابد، بنابراین رشد اندام‌های هوایی و پنجه‌ها افزایش می‌یابد (۲۸ و ۴۷).

تعداد دانه در سنبله

این صفت نیز تحت تاثیر اثر ساده تیمارهای کود بیولوژیک و برهمکنش کود بیولوژیک و سطوح کود شیمیایی اوره قرار گرفت ($p\leq$۰/۰۵)، ولی از نظر سطوح کود شیمیایی اوره اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول۱). با این وجود در بین تیمارهای کود شیمیایی، تیمار ۳۲۰ کیلوگرم در هکتار اوره و تیمار صفر کیلوگرم در هکتار اوره به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد دانه در سنبله را به خود اختصاص دادند. در بین تیمارهای تلفیق کود شیمیایی اوره و کود بیولوژیک نیتروکسین نیز در تیمار ۳۲۰ کیلوگرم در هکتار اوره همراه با تلقیح با کود بیولوزیک نیتروکسین بیشترین تعداد دانه در سنبله و در تیمار شاهد (صفر کیلوگرم کود شیمیایی+ عدم تلقیح با نیتروکسین) کمترین آن مشاهده گردید. در بین مقادیر مختلف کود شیمیایی نیز ۳۲۰ کیلوگرم در هکتار اوره بیشترین تعداد دانه در سنبله را نشان داد (جدول ۲).

به نظر می‌رسد که به دلیل تثبیت نیتروژن توسط باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپرولیوم و آزاد کردن آن در ریزوسفر باشد. این نتایج نشان دهنده این است که افزایش در مقدار نیتروژن در دسترس گیاه گندم می‌تواند در افزایش تعداد دانه در سنبله موثر باشد و تعداد آن را نسبت به شاهد افزایش دهد. همراه کردن کود شیمیایی به همراه کود بیولوژیک می‌تواند در افزایش تعداد دانه در سنبله که از اجزای عملکرد بوده و متعاقبا باعث افزایش عملکرد دانه شود. تعداد دانه در سنبله ظرفیت مخزن را تعیین می‌کند، بنابراین هر چه تعداد دانه بیشتر باشد، گیاه دارای مخزن بالاتری برای دریافت مواد فتوسنتزی می‌باشد که در نهایت سبب افزایش عملکرد گیاه خواهد شد (۱۴).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد گندم در تیمارهای مورد بررسی

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد پنجه در بوته	تعداد دانه در سنبله	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	عملکرد کاه	شاخص برداشت	وزن هزار دانه
بلوک	۲	۳/۱۶۷^{ns}	۱/۱۹۰^{ns}	۰/۱۶۸^{ns}	۱/۲۷۱^{ns}	۲/۱۱۵^{ns}	۱۳۰/۷۸۶^{ns}	۶/۲۶۲^{ns}
کود بیولوژیک نیتروکسین (N)	۱	۳۶/۲۱۴*	۸۲/۸۸۱**	۴/۹۱۰*	۳/۸۴۶*	۰/۰۰۱**	۱۸۴/۳۸۱*	۵۳۴/۶۴۳**
کود شیمیایی اوره (C)	۶	۲/۱۶۷*	۰/۳۳۳^{ns}	۱/۴۲۵*	۰/۹۵۵^{ns}	۰/۱۱۵^{ns}	۲۰/۰۷۹*	۳۸/۰۹۵**
N×C	۶	۰/۱۰۳*	۳۱/۲۳۸**	۰/۷۸۱*	۰/۶۳۶*	۰/۲۹۱*	۸/۹۳۷*	۹/۲۰۵**
Error	۲۶	۰/۲۷۲	۴/۴۷۶	۰/۰۵۶	۰/۷۸	۰/۱۱۸	۶/۱۹۶	۴/۲۱۶

** و *- به ترتیب معنی داری در سطح ۱ درصد و ۵ درصد و ns عدم وجود تفاوت معنی دار را نشان می دهد.

مطالعات مظاهری و همکاران (۱۱)، نشان می دهد که میان میزان کود نیتروژن و تعداد دانه در سنبله ارتباط معنی داری وجود دارد آمارا و داهدو (۱۸) گزارش کردند که اثرات متقابل باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم موجب افزایش جذب عناصر NPK، Fe، Na، Zn، Mn و Cu شد. و این جذب بیشتر عناصر غذایی نیز می تواند در افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گیاه موثر باشد. در تحقیقی بیان کردند که باکتری آزوسپرولیوم تاثیر معنی‌داری بر افزایش تعداد دانه در سنبله جو (*Hordeum vulgare* L.) نسبت به شاهد داشت (۲۰).

وزن هزاردانه

کود بیولوژیک نیتروکسین و تیمارهای مختلف کود شیمیایی اوره تاثیر معنی‌داری بر وزن هزاردانه گندم داشتند ($p\leq$۰/۰۱) و تمامی تیمارهای کودی مورد استفاده وزن هزاردانه گندم را نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری دادند (جدول۱). تیمار کود بیولوژیک نیتروکسین همراه با ۱۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی اوره بیشترین وزن هزاردانه را نشان داد و در بین تیمارهای کود شیمیایی نیز در تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار اوره بالاترین وزن هزاردانه گندم مشاهده شد. نتایج نشان داد که با افزایش سطوح کود اوره، وزن هزاردانه بطور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۲). با توجه به این که تعداد دانه و وزن دانه که هر دو از اجزای عملکرد گندم محسوب می‌شوند با هم رابطه عکس دارند، افزایش تعداد دانه، کاهش تعداد آن را در پی داشته‌است و لذا در تیمارهایی که تعداد دانه بالاتری مشاهده گردید، وزن هزاردانه پایین‌تر بود. با افزایش سن گیاه پس از گرده‌افشانی گیاه بخشی از ازت غیرساختمانی خود را به اندام‌های دیگر بویژه به دانه منتقل می‌کند، در هنگام استفاده از ازتوباکتر و آزوسپرولیوم، به نظر می‌رسد بخشی از افزایش عملکرد به دلیل تثبیت نیتروژن توسط این باکتری‌ها باشد. افزایش شاخص سطح برگ به معنای افزایش طول دوره فتوسنتزی و دوام سطح برگ می‌باشد که سبب افزایش تعداد دانه در سنبله و در نتیجه افزایش عملکرد گیاه شود. بنابراین تیمارهای تلفیقی همان‌گونه که در شاخص سطح برگ مشاهده گردید، علاوه بر تعداد دانه بالاتر از وزن هزاردانه پایین‌تری نیز برخوردارانند. همچنین هنگام تلقیح با کودهای بیولوژیک به دلیل افزایش سرعت و مدت فتوسنتز، راندمان انتقال مواد به دانه و تجمع ماده خشک افزایش یافته که منجر به افزایش عملکرد دانه می شود. شاران و السامی (۴۲)، اثرات تلقیح توام دو باکتری ازتوباکتر و آزوسپرولیوم را بر وزن هزار دانه گندم بررسی کرده و افزایش معنی داری را گزارش نمودند. تلقیح گیاه گندم با آزوسپرولیوم در شرایط مزرعه و آزمایشات گلخانه‌ای، نتایج معنی‌داری در چندین مشخصه گیاه از جمله باعث ماده خشک، عملکرد دانه و وزن دانه‌ها بر جای گذاشت (۲۳، ۳۶ و ۴۵). کوندا و گور (۳۱) نیز بیان کردند که استفاده از کودهای بیولوژیک باعث تاثیر معنی داری بر وزن هزاردانه گندم شد.

عملکرد دانه

عملکرد دانه تحت تاثیر تیمارهای کود شیمیایی مورد استفاده قرار نگرفت ولی از نظر کود بیولوژیک نیتروکسین اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد نشان دادند (جدول۱). با این وجود میزان این صفت در تمامی تیمارهای کودی بالاتر از تیمار شاهد بود. با افزیش سطوح کود اوره نیز عملکرد دانه افزایش یافت ولی این افزایش معنی‌دار نبود (جدول۲). اثرات متقابل بین کود شیمیایی اوره و کود بیولوژیک نیتروکسین نیز از نظر عملکرد دانه معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۵). با این حال در بین سطوح مختلف کود شیمیایی، تیمار ۳۲۰ کیلوگرم در هکتار اوره و در بین کل تیمارهای آزمایش، تیمار ۳۲۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار همراه با کود بیولوژیک نیتروکسین بیشترین عملکرد دانه و تیمار شاهد (صفر کیلوگرم در هکتار اوره و بدون تلقیح با کود بیولوژیک نیتروکسین) کمترین میزان عملکرد دانه را نشان دادند (جدول ۲). به نظر می‌رسد افزایش عملکرد دانه در تیمارهای

www.SID.ir

Archive of SID

کود بیولوژیک همراه با کود شیمیایی می‌تواند به دلیل تاثیر توام باکتری‌های محرک رشد و کود شیمیایی در فراهمی عناصر غذایی باشد. همچنین به نظر می‌رسد باکتری‌های محرک رشد به دلیل افزایش توسعه ریشه در گیاهان سبب افزایش جذب مواد غذایی در گیاه می‌شوند که این خود موجب افزایش تولید مواد فتوسنتزی در گیاه و نهایتا سبب افزایش عملکرد و تولید عملکرد دانه بالاتر می‌شود.

در یک آزمایش مزرعه ای تلقیح ازتوباکتر همراه با کود دامی عملکرد دانه گندم را به میزان۳۷/۲درصد افزایش داد (۳۲ و ۴۶). همچنین پاندی و همکاران (۳۶) گزارش کردند که تلقیح با آزوسپیریلیوم عملکرد و وزن خشک دانه را در گیاه ذرت افزایش داد و بخشی از این افزایش عملکرد به دلیل تثبیت نیتروژن توسط این باکتری بود. بادی و دابرینر (۱۹) طی تحقیقات خود نشان دادند که تلقیح گیاهان با آزوسپیریلیوم علاوه بر کاهش ۳۰ تا ۳۵ درصد کود نیتروژن دارای اثرات مفید دیگری است که در مقایسه با مقدار مشابه کود نیتروژن، می‌تواند سبب رشد بهتر گیاه تلقیح شده و افزایش مقدار محصول آن گردد. یاداو و همکاران (۵۰)، گزارش کردند که تلقیح با گونه‌هایی از ازتوباکتر در یک آزمایش گلخانه‌ای باعث افزایش ارتفاع، بیوماس و عملکرد دانه گندم گردید.

عملکرد بیولوژیک

کلیه اثرات ساده و متقابل تیمارهای مورد آزمایش بر عملکرد بیولوژیک گندم اثر معنی‌داری داشتند ($p\leq۰/۰۵$) (جدول۱). کود بیولوژیک نیتروکسین همراه با ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی اوره بیشترین (۱۲/۱۹۷ تن در هکتار) عملکرد بیولوژیک را دارا بود و کمترین عملکرد بیولوژیک نیز به تیمار شاهد (صفر کیلوگرم در هکتار اوره و بدون تلقیح با نیتروکسین) با (۱۰/۰۵۷ تن در هکتار) اختصاص داشت (جدول ۲). در بین تیمارهای کود شیمیایی نیز تیمار ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار اوره عملکرد بیولوژیک بالاتری را نشان داد (جدول۲). نتایج نشان داد که استفاده از مقادیر مختلف کود شیمیایی و تلفیق آن با باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپرولیوم تاثیر مثبتی در افزایش عملکرد بیولوژیک گیاه گندم نسبت به شاهد داشتند. به نظر می‌رسد که تلفیق باکتری‌های محرک رشد و کود شیمیایی تاثیر بهتری را نسبت به اثر ساده کود شیمیایی اوره داشته‌اند. این امر می‌تواند به دلیل فراهم سازی نیتروژن در فرآیند تثبیت بیولوژیک نیتروژن توسط این باکتری‌ها باشد و علاوه بر این، این باکتری‌ها در فراهم سازی سایر مواد غذایی برای گیاه نیز موثر واقع می‌شوند.

بر طبق نتایج به دست آمده از شیندی و آپته (۴۳) در رابطه با واکنش گیاه ذرت (*Zea mays* L.) به تلقیح توسط *A. chroococcum* در هندوستان افزایش عملکرد از ۳۵/۵ تا ۷۱/۷ درصد بدست آمد. پاندی و همکاران (۳۶) نیز افزایش عملکرد حاصل از تاثیر ازتوباکتر را در گیاه ذرت گزارش نمودند. ساریج و همکاران (۴۰) در مطالعه دیگری گزارش کردند که تلقیح با آزوسپیریلیوم ۲۵ تا ۲۸ درصد محصول سورگم (*Sorghum bicolor* L.) را افزایش داد. گزارش شده‌است که افزایش در وزن کل گیاه به وسیله ریزوباکترها به واسطه افزایش در جذب عناصر غذایی و در نتیجه رشد بهتر گیاه می‌باشد (۵۲). استار و همکاران (۴۴) گزارش کردند که افزایش جذب عناصر غذایی (NO_3^-، K^+، PO^{3-}_4 و عناصر کم‌مصرف) توسط گیاه در اثر تلقیح با آزوسپرولیوم به دلیل افزایش رشد ریشه و گسترش تارهای کشنده در اثر هورمون‌ها و برخی ماکرومولکول‌های تولید شده توسط باکتری می‌باشد. بنابراین به نظر می‌رسد که باکتری‌ها با فراهم کردن مواد غذایی لازم و هورمون‌های تنظیم رشد گیاه، توانسته نقش موثری در افزایش فتوسنتز و درنتیجه افزایش عملکرد گیاه داشته باشند. کلوپر و همکاران (۲۹) نشان دادند که عملکرد گندم تا ۳۰ درصد در اثر استفاده و تلقیح با ازتوباکتر افزایش یافت.

عملکرد کاه

عملکرد کاه گندم که جزئی از عملکرد بیولوژیک می‌باشد، از نظر اثر متقابل استفاده از کود بیولوژیک و سطوح کود شیمیایی اختلاف معنی داری را در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد، اما عملکرد کاه تحت تاثیر اثرات ساده سطوح کود شیمیایی مورد آزمایش قرار نگرفت (جدول ۱). اما از نظر اثر ساده کود بیولوژیک نیتروکسین هم معنی‌دار بود ($p\leq۰/۰۱$). بیشترین (۶/۳۴۰ تن در هکتار) و کمترین (۵/۳۹۰ تن در هکتار) عملکرد کاه بترتیب در تیمار کود بیولوژیک نیتروکسین + ۸۰ کیلوگرم در هکتار اوره و شاهد (بدون استفاده از کود شیمیایی و بیولوژیک) بدست آمد (جدول۲). با توجه به عملکرد کاه به دست آمده می‌توان گفت با همان مقدار کود شیمیایی (۸۰ کیلوگرم در هکتار اوره) در صورت تلفیق این سطح کودی با کود بیولوژیک نیتروکسین، عملکرد بالاتری به‌دست می‌دهد که این امر می‌تواند به دلیل نقش موثر باکتری‌های محرک رشد گیاهی در تثبیت بیولوژیکی نیتروژن باشد.

در یک بررسی هگازی و همکاران (۲۶) افزایش وزن خشک ذرت و کاه گندم تلقیح شده با آزوسپیریلوم را گزارش کردند. این اثر افزایش آزوسپیریلوم را در درجه اول به افزایش سطح و گسترش ریشه گیاه در اثر تلقیح با آن و هم‌چنین تأثیرات هورمونی آزوسپیریلوم به روی رشد توسعه اندام‌های هوایی نسبت می‌دهند. در تحقیق دیگری نیز کومار و همکاران (۳۰) گزارش کردند که تلقیح بذر واریته های گندم با باکتری های محرک رشد از جمله ازتوباکتر باعث افزایش عملکرد دانه (۱۵/۳درصد) و عملکرد کاه (۱۵/۱درصد) نسبت به شاهد گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص برداشت

با توجه به نتایج تجزیه واریانس شاخص برداشت گندم نیز تحت تاثیر تیمارهای مختلف کودی اختلاف معنی داری را در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول۱). تمامی تیمارهای کودی مورد استفاده شاخص برداشت را نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری دادند و از بین این تیمارها، ۳۲۰ کیلوگرم در هکتار اوره که با کود بیولوژیک نیتروکسین نیز تلقیح شده‌است، بیشترین تاثیر را در افزایش این صفت داشت (جدول۲). اثر متقابل کود شیمیایی و کود بیولوژیک نیز معنی‌دار شده ($p\leq ۰/۰۱$). در مورد سطوح مختلف کود شیمیایی نیز تیمار ۳۲۰ کیلوگرم در هکتار اوره بیشترین شاخص برداشت را دارا می‌باشد (شکل۶). به نظر می‌رسد که تغییر سطوح کودی و استفاده از کود بیولوژیک نیتروکسین، عملکرد دانه را نسبت به عملکرد کاه به یک نسبت افزایش نداد و این سبب افزایش شاخص برداشت تیمارهای آزمایش نسبت به شاهد گردید.

تلقیح گیاهان با آزوسپیریلیوم علاوه بر کاهش ۳۰ تا ۳۵ درصد کود نیتروژن دارای اثرات مفید دیگری است که در مقایسه با مقدار مشابه کود نیتروژن، می‌تواند سبب رشد بهتر گیاه تلقیح شده و افزایش مقدار محصول آن گردد. افزایش در وزن کل گیاه به وسیله ریزوباکترها به واسطه افزایش در جذب عناصر غذایی و در نتیجه رشد بهتر گیاه می‌باشد که می‌تواند موجب شاخص برداشت بالاتری گردد. جنس‌های آزوسپرولیوم، هربااسپرولیوم و ازتوباکتر، عموما باعث افزایش تولید اقتصادی و شاخص برداشت گیاهان زراعی مثل ذرت، گندم، برنج (*Oryza sativa* L.)، سورگوم و چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) می‌باشد (۲۲).

جدول۲- اثرتلقیح با کود بیولوژیک نیتروکسین و سطوح مختلف کود شیمیایی نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم

تیمار	تعداد پنجه در بوته	تعداد دانه در سنبله	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	عملکرد کاه	شاخص برداشت	وزن هزاردانه
عدم تلقیح با کود بیولوژیک نیتروکسین(N0)	۳/۲۳۸^{b}	۲۵/۷۱۴^{b}	۱۰/۴۶۱^{b}	۴/۵۸۸^{b}	۵/۸۹۷^{a}	۴۳/۰۴۸^{b}	۲۷/۲۳۸^{b}
تلقیح با کود بیولوژیک نیتروکسین(N1)	۵/۰۹۵^{a}	۲۸/۵۲۴^{a}	۱۱/۱۴۵^{a}	۵/۱۹۳^{a}	۵/۱۹۳^{a}	۴۷/۲۳۸^{a}	۳۴/۳۷۴^{a}
سطوح کود شیمیایی اوره							
صفر کیلوگرم در هکتار اوره(A)	۳/۵۰۰^{b}	۲۵/۸۳۳^{a}	۱۰/۲۲۷^{de}	۴/۳۶۵^{a}	۵/۸۶۲^{a}	۴۴/۸۳۳^{ab}	۳۳/۴۱۷^{ab}
۱۰ کیلوگرم در هکتار اوره (B)	۳/۵۰۰^{b}	۲۶/۱۶۷^{a}	۱۰/۶۱۳^{cd}	۴/۵۵۲^{a}	۶/۰۲۸^{a}	۴۲/۶۶۷^{b}	۳۴/۶۴۲^{a}
۲۰ کیلوگرم در هکتار اوره (C)	۳/۸۳۳^{b}	۲۶/۶۶۷^{a}	۱۰/۸۶۸^{bc}	۴/۵۸۵^{a}	۵/۹۵۳^{a}	۴۳/۱۶۷^{ab}	۳۱/۳۳۳^{abc}
۴۰ کیلوگرم در هکتار اوره (D)	۴/۳۳۳^{ab}	۲۷/۳۳۳^{a}	۱۱/۱۱۰^{ab}	۵/۰۱۲^{a}	۵/۸۸۷^{a}	۴۵/۶۶۷^{ab}	۳۰/۳۳۳^{bcd}
۸۰ کیلوگرم در هکتار اوره (E)	۴/۳۳۳^{ab}	۲۷/۵۰۰^{a}	۱۱/۲۷۳^{ab}	۵/۳۲۸^{a}	۵/۹۴۵^{a}	۴۵/۰۰^{ab}	۲۹/۳۳۳^{cd}
۱۶۰ کیلوگرم در هکتار اوره (F)	۴/۵۰۰^{ab}	۲۸/۰۰۰^{a}	۱۱/۳۷۰^{a}	۵/۳۹۳	۵/۹۷۷^{a}	۴۷/۱۶۷^{ab}	۲۹/۰۸۳^{cd}
۳۲۰ کیلوگرم در هکتار اوره (G)	۵/۱۶۷^{a}	۲۸/۳۳۳^{a}	۱۰/۱۵۸^{e}	۴/۹۹۷^{a}	۵/۶۰۷^{a}	۴۷/۵۰۰^{a}	۲۷/۵۰۰^{d}
N0A	۲/۶۶۷^{ef}	۲۴/۳۳۳^{d}	۱۰/۰۵۷^{e}	۴/۰۲۰^{b}	۵/۳۹۰^{c}	۴۲/۳۳^{cd}	۲۹/۶۶۷^{def}
N0B	۲/۳۳۳^{f}	۲۴/۶۶۷^{cd}	۱۰/۳۷۷^{de}	۴/۰۳۷^{b}	۶/۲۶۷^{ab}	۴۰/۰۰۰^{d}	۲۹/۵۰۰^{def}
N0C	۳/۰۰۰^{ef}	۲۵/۳۳۳^{bcd}	۱۰/۷۴۳^{cd}	۴/۸۷۳^{ab}	۶/۰۳۳^{abc}	۳۹۰/۰۰۰^{d}	۲۷/۰۰۰^{efg}
N0D	۳/۳۳۳^{def}	۲۶/۰۰۰^{abcd}	۱۰/۳۴۷^{de}	۴/۴۰۷^{ab}	۵/۹۴۰^{abc}	۴۴/۶۶۷^{abc}	۲۶/۳۳۳^{fg}
N0E	۳/۳۳۳^{def}	۲۶/۰۰۰^{abcd}	۱۰/۳۵۰^{de}	۴/۷۲۷^{ab}	۵/۶۲۳^{bc}	۴۲/۶۶۷^{bcd}	۲۵/۶۶۷^{g}
N0F	۳/۶۶۷^{cde}	۲۶/۶۶۷^{abcd}	۱۱/۱۲۷^{c}	۵/۲۱۳^{ab}	۵/۹۱۳^{abc}	۴۵/۶۶۷^{abc}	۲۷/۸۳۳^{efg}
N0G	۴/۳۳۳^{bcd}	۲۷/۰۰۰^{abcd}	۱۰/۲۲۷^{e}	۴/۸۳۷^{ab}	۶/۰۳۷^{abc}	۴۷/۰۰۰^{abc}	۲۴/۶۶۷^{g}
N1A	۴/۳۳۳^{bcd}	۲۷/۳۳۳^{abcd}	۱۰/۳۹۷^{de}	۴/۷۱۰^{ab}	۵/۶۷۸^{abc}	۴۷/۳۳۳^{ab}	۳۷/۱۶۷^{ab}
N1B	۴/۶۶۷^{bc}	۲۷/۶۶۷^{abcd}	۱۰/۸۵۰^{c}	۵/۱۳۳^{ab}	۵/۷۱۷^{abc}	۴۵/۳۳۳^{abc}	۳۹/۷۸۳^{a}
N1C	۴/۶۶۷^{bc}	۲۸/۰۰۰^{abcd}	۱۰/۹۹۳^{c}	۵/۱۲۰^{ab}	۵/۸۷۳^{abc}	۴۷/۳۳۳^{ab}	۳۵/۶۶۷^{bc}
N1D	۵/۳۳۳^{ab}	۲۸/۶۶۷^{abcd}	۱۱/۸۷۳^{ab}	۵/۶۱۷^{ab}	۵/۸۳۳^{abc}	۴۶/۶۶۷^{ab}c	۳۷/۳۳۳^{bc}
N1E	۵/۳۳۳^{ab}	۲۹/۰۰۰^{bcd}	۱۲/۱۹۷^{a}	۴/۲۶۷^{ab}	۶/۳۴۰^{a}	۴۷/۳۳۳^{ab}	۳۳/۰۰۰^{cd}
N1F	۵/۳۳۳^{ab}	۲۹/۳۳۳^{ab}	۱۱/۶۱۳^{b}	۵/۵۷۳^{ab}	۶/۰۴۰^{abc}	۴۸/۰۰۰^{a}	۳۰/۳۳۳^{de}
N1G	۶/۰۰۰^{a}	۲۹/۶۶۷^{ab}	۱۰/۰۹۰^{e}	۵/۹۳۰^{a}	۵/۸۲۳^{bc}	۴۸/۶۶۷^{a}	۳۰/۳۳۳^{de}

*- در هر ستون میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند.

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه که اکثر خاک های کشور ما به دلیل کشت و کار و تخلیه مداوم عناصر غذایی از نظر مواد غذایی فقیر شده و تعادل عناصر غذایی آنها بهم خورده و از باروری آنها کاسته شده‌است و همین امر سبب شده است تا مصرف محرک های رشدی از قبیل نیتروکسین که نیتروژن مورد نیاز را تأمین و هم چنین فراهمی سایر عناصر غذایی را بیش‌تر می‌کنند، تأثیر مثبت بر افزایش عملکرد و به دنبال آن افزایش شاخص برداشت گندم داشته باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که تمامی تیمارهای کودی مورد استفاده باعث افزایش عملکرد گندم نسبت به شرایط عدم استفاده از کود شدند و از بین این تیمارها، اکثرا تیمار کود تلقیح کود بیولوژیک نیتروکسین همراه با ۳۲۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی اوره بیشترین تاثیر را در افزایش صفات مورد اندازه‌گیری این گیاه داشت. اگرچه با افزایش سطوح کود شیمیایی نیز صفات مورد مطالعه افزایش یافت ولی زمانی که از کودهای بیولوژیک همراه با شیمیایی استفاده شد، این افزایش بیشتر بود همچنین با توجه به مشکلات زیست محیطی و انرژی بالای تولید کودهای شیمیایی استفاده از کودهای بیولوژیک از جمله نیتروکسین می‌تواند در طولانی مدت بسیار موثر واقع شود.

منابع

۱- اسدی رحمانی، ه.، ک. خاوازی، ا. اصغرزاده و ف. رجالی. ۱۳۸۴. کودهای بیولوژیک، مکمل یا جایگزین با کودهای شیمیایی، مجموعه مقالات ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور. چاپ دوم. صفحه۳۲-۴۱.

۲- پارسا، س. ۱۳۷۷. مطالعه اثرات شوری و نیتروژن بر عملکرد و محتوی نیتروژن ارقام گندم نان (*Triticum aestivum*). پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

۳- خادمی، ز.، م. ج. ملکوتی، و ا. گلچین. ۱۳۷۸. روش های افزایش پروتئین گندم و اعمال آن به هنگام خرید در راستای بهبود کیفی نان .مجله علمی پژوهشی خاک و آب. ۱۲: ۴۶-۳۵.

۴- خسروی، ه. ۱۳۷۶. بررسی فراوانی و انتشار ازتوباکتر کروکوکوم در خاک های زراعی استان تهران و مطالعه برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی آن. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده. دانشگاه تهران. ایران.

۵- سازمان هواشناسی کشوری. ۱۳۸۸. آمار هواشناسی کشوری. Http://www.irimo.ir .

۶- شریفی عاشورآبادی، الف. ۱۳۷۷. بررسی حاصل‌خیزی خاک در اکوسیستم های زراعی. پایان نامه دکتری. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات.

۷- صالح راستین، ن. ۱۳۷۷. کودهای بیولوژیک .مجله علوم آب و خاک. ۱۲:۱-۳۶.

۸- صالح راستین، ن. ۱۳۸۰. کودهای بیولوژیک و نقش آنها در راستای نیل به کشاورزی پایدار. مجله علوم خاک و آب. ویژه نامه کودهای بیولوژیک. ۷۸-۶۵.

۹- صالح راستین، ن. ۱۳۸۴. مدیریت پایدار از دیدگاه بیولوژی خاک. مجموعه مقالات ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور. چاپ دوم با بازنگری بنیادی تدوین کنندگان(خاو ازی، ک.، اسدی رحمانی، ه.، ملکوتی، م.). مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی، انتشارات سنا.

۱۰- کوچکی، ع.، ع. نخ فروش، و ح. ظریف کتابی. ۱۳۷۶. کشاورزی ارگانیک، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد .

۱۱- مظاهری، د.، ف. فنودی، الف. هاشمی دزفولی و غ. افشارمنش. ۱۳۷۷. بررسی تاثیر مقادیر کود نیتروژن و زمان های مصرف آن بر روی عملکرد ارقام جو در منطقه جیرفت. پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. موسسه تحقیقات ، اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج.

۱۲- معز اردلان، م. و غ. ر. ثواقبی فیروزآبادی. ۱۳۸۱. مدیریت حاصل خیزی خاک برای کشاورزی پایدار. انتشارات دانشگاه تهران.

۱۳- ملکوتی، م. ج. ۱۳۷۵. کشاوزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران. نشر آموزش کشاورزی.

۱۴- ملکی، ع. ۱۳۷۸. اثر فواصل آبیاری و تقسیط نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزای بهاره(*Brassica napus*). پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده کشاورزی. دانشگاه فردوسی مشهد.

۱۵- هاشمی داران، ح. ۱۳۸۴. کشاورزی پایدار راهگاه توسعه پایدار. انتشارات پرسمان.

16- Adediran, J. A., L. B. Taiwo, M. O. Akande, R. A. Sobulo, and O. J. Idowu. 2004. Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. Journal of Plant Nutrition. 27: 1163-1181.

www.SID.ir

Archive of SID

17- Alexandratos, N. 2003. World agriculture: towards 2015-30. Congress on Global food Security and Role of Sustainable Fertilization. 26-28 March.2003. Rome. Italy.
18- Amara, M. A. T., and M. S. A. Dahdoh. 1997. Effect of inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and uptake of nutrients by wheat grown on sandy soils. Egypt Journal of Soil Science. 37: 467–484.
19- Boddey, R. M., and J. Dobereiner. 1988. Nitrogen fixation association with grasses and cereals: Recent results and perspective for future research. Plant and Soil. 108: 53-65.
20- Bothe, H., H. Korsgen, T. Lehmacher, and B. Hundeshagen. 1992. Differential effects of *Azospirillum*, *auxin* and combined nitrogen on the growth of the roots of wheat. Journal of Symbiosis. 13: 167-179.
21- Coaldrake P. D. 1985. Leaf area accumulation of pearl millet as affected by nitrogen supply. Field Crops Research, 11:185-192.
22- Döbereiner, J. 1997. A importância da fixação biológica de nitrogênio para a agricultura sustentável. Biotecnologia Ciência and Desenvolvimento - Encarte especial. 1: 2-3.
23- Fallik, E., and Y. Okon. 1996. The response of maize (*Zea mays*) to Azospirillum inoculation in various types of soils in the field. World Journal of Microbiology and Biotechnology. 12: 511-515.
24- Gaind, S., and A. C. Gaur. 1989. Effects of pH on phosphate solubilization by microbes. Current Science. 58:1208–1211.
25- Harly, J. L. and S. E. Smith. 2000. Azotobacter Symbiosis. Academic Press, London.
26- Hegazi, N. A., M. Monib, H. A. Amer, and E. S. Shokr. 1983. Response of maize to inoculation with azospirillum and straw amendment in Egypt. Canadian Journal of Microbial .29:888-894.
27- Hegde, D. M., B. S. Dwived, and S. N. Sudhakara. 1999. Biofertilizers for cereal production in India. a review. Indian Journal of Agriculture Science. 69: 73– 83.
28- Jain, D. K., and D. G. Partivquin. 1984. Root hair deformation, bacterial attachment, and plant growth in wheat-Azospirillum associations. Applied and Environmental Microbiology. 48:1208-1213.
29- Kloepper, J. W., G. W. Zehnder, S. Tuzun, J. F. Murphy, G. Wei, C. Yao, and G. S. Raupach. 1996. Toward agriculture implementation of PGPR mediated induced systemic resistance against crop pests. Pages 165-174 in: Advances in Biological Control of Plant Diseases. T. Wenhua, R.J. Cook, and A. Rovira. Eds. China Agriculture University Press, Beijing.
30- Kumar, V., R. K. Behl, and N. Narula. 2001. Effect of phosphate-solubilizing strains of *Azotobacter chroococcum* on yield traits and their survival in the rhizosphere of wheat genotypes under field conditions. Acta Agronomica Hungarica. 49: 141-149.
31- Kundu, B. S., and A. C. Gaur. 1980. Establishment of nitrogen fixing and phosphate solubizing bacteria in rhizosphere and their effect on yield and nutrient uptake of Wheat crop. Plant and Soil. 57:223-230.
32- Mishra, M., A. K. Patjoshi, and D. Jena. 1998. Effect of biofertilization on production (*Zea mays*) of maize. Indian Journal of Agronomy. 43: 307–310.
33- Murdock, L., S. Jones, C. Bowley, P. Needham, J. James, and P. Howe. 1997. Using a chlorophyll meter to make nitrogen recommendations on wheat. Co operative Extension Service. University of Kentucky-College of Agriculture.
34- Narender, K. S., B. Bhushan, and P. K. Sharma. 2001. Effect of phosphorus, mulch and farmyard manure on soil moisture and productivity of maize in mid hills of Himachal Pradesh. Research Crops, 2: 116-119.
35- Narula, N., Kumar, V. Behl, R. K. A. Deubel, A. Gransee, and W. Merbach. 2000. Effect of P-solubilization *Azotobzcter chroococum* on N, P, K uptake in P-responsive wheat genotypes grown under greenhouse conditions. Journal of Plant and Nutrient Soil Science. 163: 393-398.
36- Pandey, A., E. Sharma, and L. M. S. Palni. 1998. Influence of bacterial inoculation on maize in upland farming systems of the Sikkim Himalaya. Soil Biology and Biochemistry. 30: 379–384.
37- Rai, S. N. and A. C. Gaur. 1988. Characterization of *Azotobacter* spp. and effect of Azotobacter and Azospirillum inoculate on the yield and N-Uptake of wheat crop. Plant and Soil. 109:131-134.
38- Rao, A. V., and M. V. R. Pillai. 1982. Associative symbiosis of *Azospirillum lipoferum* with dicotyledonous succulent plants of the Indian desert. Canadian Journal of Microbiology. 28:778-782.
39- Rao, D. L. N. 1986. Nitrogen fixation in free living and associative symbiotic bacteria. In: Rao, S. (Ed.), Soil Microorganisms and Plant Growth. Oxford and IBH Pub., New Delhi, pp. 116– 140.
40- Sarige, S., A. Blum, and Y. Okon. 1988. Improvement of the water status and yield of field grown grain sorghum by inoculation with *Azospirillum brasilense*. Journal of Agriculture Science. 110:271-277.
41- Saubidet, M. I., N. Fatta, and A. J. Berneix. 2002. The effect of inoculation with *A. brasilense* on growth and nitrogen utilization by wheat plants. Plant and Soil, 245: 215-222.
42- Sharaan, A. N., and F. S. A. El-Samie. 1999. Response of wheat varieties to some environmental influences. 1. Effect of seeding rates and N fertilization levels on growth and yield of two wheat varieties (*Triticum aestivum* L.). Annual Agriculture Science, 44: 589–601.
43- Shende, S. T., and R. Apte. 1982. Azospirillum inoculation-A highly remunerative input for agriculture, PP. 532-

www.SID.ir

Archive of SID

543. In Biological Nitrogen Fixation, Proceedings of the National Symposium held at I.A.R.I., New Delhi.
44- Starr, M. P., H. Stdp, H. G. Truper, A. Balows, and H. G. Schlegel. 1995. The Prokaryotes, Springer-Verlage.
45- Sumner, M.E. 1990. Crop responses to Azospirillum inoculation. In: Stewat, B. A. (Ed.). Advances in Soil Science. New York: Springer-Verlag. pp. 52-123.
46- Sundara, W. V. B., H. S. Mann, N. B. Palul, and S. P. Mathur. 1962. Bacterial inoculation experiments with special reference to Azotobacter. Indian. Agri. Research Inst. New Dehli.
47- Tien, T. M., M. H. Gaskins, and D. H. Hubel. 1977. Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet. Applied and Environmental. Microbiology, 37:1016-1024.
48- Turan, M., N. Ataoglu, and F. Sahin. 2006. Evaluation of the capacity of phosphate solubilizing bacteria and fungi on different forms of phosphorus in liquid culture. J. Sustainability. Agriculture. 28: 99–108.
49- Vessey, J. K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil. 255: 571–586.
50- Yadav, K. S., D. P. Singh, S. Sunita, N. Neeru, K. Lakshminarayana, S. Suneja, and N. Narula. 2000. Effect of *Azotobacter chroococcum* on yield and nitrogen economy in wheat (*Triticum aestivum*) under field conditions. Environment-and-Ecology. 18: 109-113.
51- Yu, X., J. Cheng, and M. H. Wong. 2005. Earthworm-mycorrhiza interaction on Cd uptake and growth of ryegrass. Soil Biology and Biochemistry. 37:195-201.
52- Zaied, K. A., A. Afify, and M. A. Nassef. 2003. Yield and Nitrogen Assimilation of Winter Wheat Inoculated with New Recombinant Inoculants of Rhizobacteria. Pakistan Journal of Biological Sciences. 6: 344-358.

www.SID.ir