نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد پنجم، شماره اول، ۱۳۹٤
http://ejsms.gau.ac.ir

بررسی اثرات کودهای زیستی حاوی باکتری‌های تثبیت‌کننده غیرهمزیست نیتروژن و حل‌کننده فسفات بر روی صفات کمی و کیفی گندم

[*]محمود مهتدی[۱]، محمدجواد میرهادی[۲]، علی چراتی[۳] و مجید بهادری[۴]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه زراعت، واحد علوم و تحقیقات تهران، [۲]دانشیار گروه زراعت، واحد علوم و تحقیقات تهران،
[۳]استادیار بخش خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، [٤]مربی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مازندران
تاریخ دریافت: ۹۲/۵/۲۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۱/۲٦

چکیده

حفظ محیط زیست و دست‌یابی به توسعه فراگیر از اهداف مهم کشاورزی پایدار محسوب می‌شود بنابراین روشی که بتواند از مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی بکاهد ضروری به‌نظر می‌رسد. این پژوهش با هدف ارزیابی تأثیر ریزجانداران محرک رشد گیاه و اثر سیستم‌های تغذیه تلفیقی- شیمیایی و باکتریایی بر مراحل فنولوژی، عملکرد، اجزای عملکرد و درصد پروتئین دانه گندم رقم N8019 بود. آزمایش در سال ۱۳۹۰ در مزرعه پژوهشی ایستگاه تحقیقات زراعی بابع‌کلا وابسته به مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مازندران اجرا شد. این بررسی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و به‌صورت اسپلیت پلات (طرح کرت‌های خرد شده) با ۱۲ تیمار و در ۳ تکرار به اجرا درآمد. تیمارها شامل کود شیمیایی (نیتروژن و فسفر) به‌عنوان عامل اصلی در ۳ سطح: ۱- بدون مصرف (C_0)، ۲- برابر ۵۰ درصد توصیه کودی (C_1) و ۳- معادل ۱۰۰ درصد توصیه کودی (C_2) و دو نوع کود بیولوژیک هر کدام شامل ریزجانداران حل‌کننده فسفات و تثبیت‌کننده نیتروژن به‌عنوان عامل فرعی در ٤ سطح: ۱- بدون تلقیح (B_0)، ۲- بذور تلقیح‌شده با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن (B_1)، ۳- بذور تلقیح‌شده با باکتری‌های حل‌کننده فسفات (B_2) و ٤- مصرف هم‌زمان کودهای زیستی (B_3). نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس اجرای آزمایش نشان داد که اثر تیمارهای مختلف شامل مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و کودهای بیولوژیک بر فنولوژی گیاه، عملکرد و میزان پروتئین دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. اما بیش‌ترین تأثیر بر روی اجزای یادشده در تیمار ترکیبی (۱۰۰ درصد کود شیمیایی + کودهای بیولوژیک) و اثرات متقابل آن‌ها به‌دست آمده است بنابراین خصوصیات کمی و کیفی گندم در سیستم تلفیقی (کود زیستی و شیمیایی) نسبت به زمانی که به تنهایی استفاده می‌شود نتیجه بهتری داشته است.

واژه‌های کلیدی: کودهای زیستی، کود شیمیایی، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، پروتئین دانه

مقدمه

گندم معمولی (*Triticum aestivum*) در محدوده وسیعی از شرایط آب و هوایی جهان رشد می‌کند و در حقیقت این گیاه سازگارترین گونه‌های غلات است. زمین‌های زیادی در سرتاسر جهان در مقایسه با سایر گیاهان زراعی به کشت آن اختصاص داده شده است زیرا گندم غذای اصلی انسان است که به‌طور

[*] مسئول مکاتبه: m.mohtadi.263@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

مستقیم مورد مصرف قرار می‌گیرد (نورمحمدی و همکاران، ۲۰۱۰). براساس نقش تغذیه‌ای گندم در سلامت افراد علاوه‌بر کمیت، کیفیت آن نیز مهم می‌باشد و اگر میزان پروتئین دانه گندم به‌طور متوسط ۱۲ درصد در نظر گرفته شود میزان پروتئین گیاهی به‌دست آمده از ۱۵ میلیون تن مصرف سالانه کشور ۱/۸ میلیون تن در سال خواهد شد که این مقدار پروتئین از طریق مصرف نان می‌تواند در تامین پروتئین مورد نیاز مردم نقش اساسی داشته باشد (ملکوتی و همکاران، ۲۰۰۹). به همین دلیل گندم به‌عنوان یکی از محصولات اساسی کشاورزی دارای اهمیت ویژه‌ای بوده و تامین این محصول برای جوامعی مانند ایران که جایگاه خاصی در الگوی تغذیه دارد به معنی ایجاد امنیت غذایی می‌باشد (موسوی، ۲۰۱۰). در این رابطه توجه جدی به بوم‌نظام‌های زراعی از اهداف اصلی مدیریت پایدار است در کشاورزی تجاری تمرکز براساس افزایش تولید در واحد سطح و افزایش انرژی وارده به مزرعه از طریق کودهای شیمیایی و سموم آفات نباتی بدون توجه به روابط پیچیده جانداران با یکدیگر و با محیط می‌باشد. در مقابل دیدگاه کشاورزی پایدار مبتنی بر نگرش سیستمی و تاکید اساسی و همزمان با به حداکثر رساندن عملکرد و افزایش پایداری بوم‌نظام‌های زراعی با هدف تولید غذای سالم و فرآوری شده شناسه دارمیباشد (قلاوند و همکاران، ۲۰۰۹). سینگ و کاپور (۱۹۹۸) بیان نمودند جهت افزایش تولید محصولات کشاورزی در واحد سطح عملیات زراعی متعددی مانند مصرف کودهای شیمیایی صورت می‌گیرد که نتیجه این فعالیت‌ها طی سالیان اخیر بحران آلودگی‌های زیست‌محیطی به‌ویژه آلودگی منابع خاک و آب بوده که زنجیره‌وار به منابع غذایی انسان‌ها راه‌یافته و سلامت جامعه بشری را مورد تهدید قرار داده است. به همین منظور تلاش‌های گسترده‌ای با هدف یافتن راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت خاک، محصولات کشاورزی و حذف آلاینده‌ها آغاز شده است که امروزه با عنوان مدیریت پایدار در بوم‌نظام‌های زراعی (کشاورزی پایدار) مطرح می‌باشد (اسدی‌رحمانی و همکاران، ۲۰۱۰).

در بین ریزجانداران خاک که توانایی تبدیل شدن به کود زیستی را دارند می‌توان به باکتری‌های ریزوسفری اشاره کرد باکتری‌های منطقه ریزوسفر را در اصطلاح ریزوباکتر می‌نامند انواع ریزوباکترهایی که بر روی رشد و عملکرد گیاه اثرات مثبت دارند در اصطلاح ریزوباکترهای محرک رشد گیاه (PGPR) گفته می‌شود که شامل جنس‌های *Azospirillum*، *Aztobacter*، *Bacillus*، *Enterobacter*، *Clostridum*، *Serrtia*، *Arthrobacter*، *Pseudomonas*، *Hydrogenophaga* و *Pantoea* می‌باشد (گلیک، ۱۹۹۵). سازوکارهای متعددی برای توضیح چگونگی تأثیر باکتری‌های افزاینده رشد گیاه بر رشد و نمو گیاهان شناخته شده‌اند که این سازوکارها را به‌طورکلی می‌توان شامل دو گروه مستقیم و غیرمستقیم دانست (زهیر و همکاران، ۲۰۰٤). در حالت مستقیم انواع PGPR با استفاده از مکانیزم‌های تثبیت زیستی نیتروژن، افزایش جذب و فراهمی یا محلول کردن عناصر غذایی، تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، تولید سیدروفورهای کلاته‌کننده آهن و محلول ساختن فسفات باعث تحریک و افزایش رشد گیاهان می‌شوند (سیمون و همکاران، ۲۰۰٤). در حالت غیرمستقیم با استفاده از مکانیسم‌های مختلف آنتاگونیستی 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 آنتی‌بیوتیک، آنزیم‌های لیتیک و تولید سیانیدهیدروژن (HCN) از مهم‌ترین مکانیزم‌های مورد استفاده در این روش می‌باشد (کلوپر و همکاران، ۱۹۸۹).

Archive of SID

www.SID.ir

براساس نتایج به‌دست آمده از پژوهش‌های انجام شده و با شرایط انتخابی مانند تعداد باکتری‌های موجود در مایه تلقیح، مقدار ماده آلی و معدنی خاک، مخلوط کردن سویه‌های مختلف و نوع گیاه میزبان، افزایش عملکردی از ۱۰ تا ۳۰ درصد در عملکرد دانه و وزن خشک گیاهان گندم، ذرت و سورگوم در نتیجه تلقیح با *آزوسپیریلوم* و *ازتوباکتر* گزارش شده است. تلقیح چاودار، جو و گندم با *آزوسپیریلیوم* همراه با اضافه کردن ٤٠ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، عملکرد این گیاهان را افزایش داده است. با تلقیح بذر توسط باکتری *آزوسپیریلیوم برازیلنس*، عملکرد دانه برنج به‌میزان ١٦/٧، گندم ٢١/٨، جو ٢٦/٦، سورگوم ٢٦/٨ تا ٨١/٣، یولاف ٤٣/٨ و ارزن ٦٦/٢٥ درصد افزایش یافته است (کاپولنیک و همکارن، ١٩٨١). تلقیح گندم بهاره با *آزوسپیریلیوم* و *ازتوباکتر* در شرایط گلخانه و مزرعه، عملکرد دانه را از ٨ تا ٣٢ درصد، نیتروژن کل دانه را از ١٠ تا ١٥ درصد و وزن هزاردانه را از ١٣ تا ٢٣ درصد افزایش داده ولی نیتروژن کل اندام هوایی افزایش نیافته و میزان صرفه‌جویی در مصرف کود نیتروژنه در نتیجه تلقیح با *آزوسپیریلیوم*، به‌میزان ٣٠ درصد گزارش شده است (کاپولنیک و همکارن، ١٩٨١). در پژوهش دیگر اثر سویه‌های بومی ازتوباکتر بر رشد گندم مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش غیر از تثبیت نیتروژن، ساخته شدن تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه در این امر مؤثر شناخته شده است (خسروی، ١٩٩٧). نتایج تاها و همکاران (١٩٦٩) نشان داد که تلقیح حل‌کنندگان فسفات با خاک‌های استریل، وزن خشک محصول، جذب فسفر و غلظت فسفر محلول خاک را افزایش می‌دهد. بانیک و دی (١٩٨٢) گزارش کردند که اگرچه اضافه کردن این ریزموجودات در صورت لزوم فسفر خاک را بالا نمی‌برند، ولی استفاده از آن‌ها به همراه کود دامی بسیار سودمند است. مولاو چادری (١٩٨٤) پس از جداسازی باکتری‌های حل‌کننده فسفات از ریزوسفر گندم و چاودار نشان دادند که باکتری باسیلوس به‌طور معنی‌داری pH خاک را در شرایط استریل و غیراستریل کاهش می‌دهد و همچنین لینهوس و نچک (١٩٩٤) تولید اکسین را یکی از مکانیسم‌های مؤثر باکتری‌های حل‌کننده فسفات در بهبود رشد و افزایش عملکرد گیاه ذکر کردند. هدف اصلی از این بررسی، مطالعه امکان کاهش مصرف کودهای شیمیایی فسفره و نیتروژنه با استفاده از کودهای بیولوژیکی به‌عنوان مکمل در تغذیه زراعت گندم برای نیل به توسعه پایدار در بخش تولید محصولات کشاورزی در کشور بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ١٣٩٠ در مزرعه تحقیقاتی ایستگاه تحقیقات زراعی بابع‌کلا وابسته به مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران واقع در شرق استان از توابع شهرستان نکا با مختصات جغرافیایی ٣٦ درجه و ١٨ دقیقه عرض شمالی و ٥٣ درجه و ١٣ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و در ارتفاع ١٦ متری از سطح دریا اجرا شد. براساس داده‌های هواشناسی اداره کل هواشناسی استان مازندران، ایستگاه تحقیقات زراعی بابع‌کلا دارای تابستان‌های گرم و مرطوب و زمستان‌های به نسبت سرد و مرطوب و دارای مجموع بارندگی سالانه ٩٥٩ میلی‌متر می‌باشد. قبل از شروع آزمایش به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از محل اجرای طرح به عمق ٣٠-٠ سانتی‌متر نمونه‌برداری شد و برخی خواص خاک مانند نیتروژن کل به روش کجلدال (کلوت، ١٩٨٦)، فسفر قابل جذب به روش اولسن و عصاره‌گیری با بیکربنات سدیم در اسیدیته معادل ٨/٥ (زاهو و همکاران، ١٩٩٦). پتاسیم قابل‌جذب با استفاده از استات سدیم (کلوت، ١٩٨٦). درصد مواد خنثی‌شونده به روش تیتراسیون با NaCL، بافت خاک به روش

Archive of SID

www.SID.ir

هیدرومتری (با استفاده از هیدرومتر بایکاس)، آهن، روی و منگنز هر سه به روش DTPA (لنیدزی، ۱۹۷۹). اسیدیته خاک در عصاره ۱:۱ آب و خاک به‌وسیله دستگاه pH متر Metrohm مدل ۷٤٤ و هدایت الکتریکی خاک در عصاره ۱:۱ آب و خاک با هدایت‌سنج Crison مدل GLP 32 تعیین گردیدند. کربن آلی خاک به روش اکسیداسیون تر اندازه‌گیری شدند. که پس از تجزیه نتایج آن در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- نتایج فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای طرح.

Textur	Kav	Pav	O.C	O.M	N	T.N.V	EC	pH
	میلی‌گرم بر کیلوگرم		درصد				(دسی‌زیمنس بر متر)	
Cilty-Clay	۳۷۷	۸/۳	۱/۰٦	۱/۸۳	۰/۱۲۷	۲۸	۰/۸٤	۷/۸

O.C= Organic Carbon, Pav = Available Phosphoru
O.M= Organic Material, T.N.V=Total Neutralizing Value
Kav= Available Potassium, EC= Electrical Conductivity

نوع طرح مورد استفاده کرت‌های یک‌بار خرد شده (اسپلیت پلات)[1] در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار و ۱۲ تیمار بود. در این آزمایش فاکتور کود شیمیایی با ۳ سطح به‌عنوان عامل اصلی با نماد C و فاکتور کود بیولوژیک با چهار سطح به‌عنوان عامل فرعی با نماد B در نظر گرفته شده است. فاکتور اصلی کود شیمیایی در ۳ سطح شامل: C_0: بدون مصرف کود شیمیایی، C_1: برابر نصف توصیه کودی براساس نتایج آزمون خاک (۰/۵R)، C_2: برابر توصیه کامل کودی براساس نتایج آزمون خاک (R). میزان مصرف کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر براساس نتایج آزمون خاک و حد بحرانی توصیه شده برای گیاه توسط مرکز تحقیقات کشاورزی ومنابع طبیعی شامل نیتروژن از منبع اوره به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و سوپر فسفات تریپل به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بوده است (به‌دلیل بالا بودن پتاسیم خاک، کود پتاسیم مصرف نگردید) همه کودهای شیمیایی فسفر و $\frac{1}{3}$ کود نیتروژن قبل از کاشت به زمین داده شد و سپس به‌وسیله دیسک با خاک مخلوط گردید. بقیه کود نیتروژن به‌صورت سرک در دو مرحله ($\frac{1}{3}$ در زمان ظهور ساقه و $\frac{1}{3}$ در مرحله قبل از گلدهی) مصرف شده است. فاکتور فرعی کود بیولوژیک در چهار سطح شامل: B_0: بدون مصرف کود بیولوژیک، B_1: باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن (NFB)[2] B_2: باکتری‌های حل‌کننده فسفات (PSB)[3]، B_3: تلقیح هم‌زمان باکتری‌های (NFB) و (PSB). براساس دستورالعمل شرکت سازنده میزان مصرف کود زیستی شامل باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن (NFB) یک لیتر و میزان مصرف کود زیستی شامل باکتری‌های حل‌کننده فسفات (PSB) ۱۰۰ گرم برای ۲۰۰ کیلوگرم بذر گندم در هکتار می‌باشد. مصرف همه کودهای زیستی به‌صورت بذرمال قبل از کاشت بوده است. پس از انجام نمونه‌برداری و آنالیز خاک و شخم و دیسک زمین محل اجرای آزمایش، اقدام به پیاده کردن نقشه طرح شده است. مساحت هر کرت ۱۰ مترمربع به ابعاد ۲/۵×٤ متر شامل ۱۲ خط کاشت که فاصله ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر درنظر گرفته شده است. برای کاشت از گندم لاین N-80-19 به‌میزان ۱۵۰ کیلوگرم (بذور تلقیح‌شده) در هکتار و متوسط

1- Split Plot

2- Nitrogen Fixing Bacteria
3- Phosphate Solubilizing Bacteria

Archive of SID

www.SID.ir

۵۰۰ بوته در مترمربع استفاده شد همه عملیات داشت مانند وجین و مبارزه با علف‌های هرز و بیماری‌ها به‌طور یکنواخت در همه کرت صورت گرفته است. پارامترهای اندازه‌گیری شده قبل از برداشت شامل اندازه‌گیری سطح برگ و بعد از برداشت شامل ارتفاع بوته، تعداد سنبله در هر بوته، تعداد بوته در هر مترمربع، طول سنبله، تعداد دانه در هر سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد اقتصادی، شاخص برداشت و میزان نیتروژن و پروتئین دانه بوده است. برای محاسبه عملکرد بیولوژیکی و اقتصادی از هر کرت با حذف حاشیه‌ها از ٤ طرف و انتخاب ۲ مترمربع از وسط کرت تعداد کل بوته‌های باقی‌مانده کف بر شده و با احتساب رطوبت ١٤ درصد دانه‌ها، وزن کل بوته‌ها توزین و ارقام به‌دست آمده به‌عنوان عملکرد بیولوژیکی محاسبه گردید پس از محاسبه عملکرد بیولوژیکی، دانه‌ها از سنبله‌ها جدا و با محاسبه رطوبت ١٤ درصد دانه‌های به‌دست آمده توزین و میزان عملکرد آن در هکتار محاسبه گردید. تجزیه آماری داده‌های آزمایشی با استفاده از نرم‌افزار MSTATC صورت گرفت و برای مقایسه میانگین از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ و ۱ درصد استفاده گردید.

جدول ۲- مشخصات کودهای بیولوژیک مورد استفاده.

نوع کود زیستی	باکتری‌های فعال در کود	جمعیت تقریبی زنده و فعال
باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن (NFB)	*ازتوباکترکروکوکوم Aztobacter chroococum* *آزوسپریلیوم برازیلنس Azospirillium brasilense*	10^8 در هر میلی‌لیتر CFU/ml
باکتری‌های حل‌کننده فسفات (PSB)	*سودوموناس پوتیدا Pseudomonas Potida Strain P13* *پانتوآآگلومرانس Pantoe aagglomerace Strain P5**	10^8در هر میلی‌گرم CFU/mg

* لازم به توضیح است جنس *پانتوآآگلومرانس Pantoe aagglomerace* قبلاً به‌نام *Enterobacter agglomerans* بوده است.

نتایج و بحث

عملکرد دانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد دانه تحت‌تأثیر سطوح مختلف کود شیمیایی و بیولوژیک در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌داری داشته است (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات ساده نشان می‌دهد که بیش‌ترین عملکرد دانه با مصرف توصیه کودی (۵۰۵۵ کیلوگرم در هکتار) در تیمار C_2 و کم‌ترین آن مربوط به بدون مصرف کود شیمیایی (۳۲۰۵ کیلوگرم در هکتار) در تیمار .C به‌دست آمده است (جدول ٤). با بررسی جدول ۵ مشاهده می‌شود که عملکرد دانه به‌شدت تحت‌تاثیر اثرات متقابل کودهای شیمیایی و بیولوژیکی بوده است به‌طوری‌که بیش‌ترین تأثیر در افزایش عملکرد دانه در تیمار C_2B_3 تیمار کاربرد هم‌زمان کودهای شیمیایی و کودهای بیولوژیک (PSB+NFB) به‌دست آمده است که این مقدار ٥٥٠٦ کیلوگرم در هکتار بوده است که اختلاف آماری معنی‌دار و افزایش ۵۸ درصدی را نسبت به تیمار شاهد (.C.B) با عملکرد ۲۲۹۲ کیلوگرم داشته است. عملکرد در گندم برآیند عواملی مانند طول دوره رشد، سرعت و ارتباط بسیاری از فرآیندهای حیاتی در مراحل نمو گیاهی است و هیچ فرآیندی به تنهایی کلید دسترسی به حداکثر پتانسیل عملکرد را در اختیار نمی‌گذارد با این حال فرآیند رشد و نموی مانند سیستم ریشه‌ای گسترده، سرعت رشد بالا در طول مرحله رویشی، تشکیل مخزن با بهره‌وری بهتر، اندازه مخزن بیش‌تر، انتقال بیش‌تر کربوهیدرات‌ها از قسمت‌های رویشی گیاه به سنبله‌ها و شاخص سطح برگ بالاتر در طول پر شدن دانه

Archive of SID

www.SID.ir

باعث افزایش عملکرد بالای دانه در ارقام پر محصول و هیبرید محصولات زراعی می‌شود (آگاتا، ۱۹۹۰؛ آمانو و همکاران، ۱۹۹۳؛ یانگ و همکاران، ۲۰۰۳). به‌نظر می‌رسد افزایش تثبیت نیتروژن و ترشح فیتوهورمون‌ها و در نتیجه آن افزایش جذب عناصر غذایی توسط ریشه به واسطه توسعه سیستم ریشه‌ای موجب افزایش عملکرد دانه شد (تیلک و همکاران، ۱۹۸۲). باکتری‌های *سودوموناس پوتیدا* و *پانتوآگلومرانس*، *ازتوباکترکروکوکوم* و *آزوسپیریلوم برازیلنس* به‌عنوان یک باکتری ترشح‌کننده مواد محرک رشد (PGPR) می‌تواند اثرات مفیدی علاوه‌بر قابلیت جذب فسفر و تثبیت نیتروژن در گیاه داشته باشند. این باکتری‌ها افزایش جذب و فراهمی یا محلول کردن عناصر غذایی در محیط خاک اطراف ریشه، تولید مواد تنظیم‌کننده رشد گیاه، افزایش مقاومت نسبت به تنش‌ها، فعالیت از طریق مجموعه‌ای از سازوکارها، همین‌طور ترشح اسیدهای آلی، افزایش غلظت عناصری مثل آهن، روی و سایر ریزمغذی‌ها، نیاز گیاه به آن‌ها را تأمین نموده و در نهایت در افزایش عملکرد دانه گیاه مؤثر باشد (بانیک و همکاران، ۱۹۸۲؛ جونز، ۱۹۹۸). نتایج آزمایش‌های مزرعه‌ای انجام شده در تلقیح بذر گندم باعث افزایش تعداد سنبلچه‌ها در سنبله گردید. تلقیح بذر گندم با سویه nir *آزوسپیریلیوم لیپوفروم* و *ازتوباکتر* و *سودوموناس* همراه با کاربرد ٤۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار باعث افزایش عملکرد دانه به‌میزان ۳۰ درصد شده است و با کاربرد ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش عملکرد دانه به ۳٦ درصد رسیده است (کاپولنیک و همکاران، ۱۹۸۱).

ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ: نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ تحت‌تأثیر سطوح مختلف کود شیمیایی و کود بیولوژیک در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌داری را داشته‌اند (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات اصلی نشان می‌دهد که بیش‌ترین ارتفاع و بالاترین شاخص سطح برگ در عامل اصلی یعنی مصرف کودهای شیمیایی مربوط به تیمار برابر ۱۰۰ درصد توصیه کودی و کم‌ترین آن مربوط به بدون مصرف کود شیمیایی و همچنین بیش‌ترین ارتفاع و بالاترین شاخص سطح برگ مربوط به مصرف هم‌زمان باکتری‌های PSB+NFB و پایین‌ترین آن مربوط به تیمار شاهد (بدون مصرف کودهای بیولوژیک) به‌دست آمد (جدول ٤). بررسی اثرات متقابل کودهای شیمیایی و کودهای بیولوژیک نشان داد (جدول ۵) با مصرف برابر ۱۰۰ درصد توصیه کودی به همراه کودهای بیولوژیک (PSB+NFB) افزایش معنی‌داری را در ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ در مقایسه با شاهد داشته‌اند. در غلات مصرف نیتروژن باعث طویل شدن ساقه و ارتفاع گیاه و به دنبال آن افزایش حجم و کانوپی گیاه و در نهایت عملکرد می‌شود. این تغییر در شکل ظاهری اندام هوایی در شرایط تغذیه گیاه با نیترات شدیدتر از آمونیوم است. علت این امر احتمالاً تغییر در توازن هورمونی در گیاه است (انگل و همکاران، ۲۰۰۱). همچنین به‌نظر می‌رسد تأثیر هورمونی القاء شده در گیاه به‌وسیله *آزوسپیریلوم* و *ازتوباکتر* به‌طور مستقیم باعث تغییرات مشخص در مرفولوژی ساقه و برگ نیز می‌گردد (کوهن و همکاران، ۱۹۸۰؛ رای، ۱۹۸۸؛ ساریج و همکاران، ۱۹۹۲). داسیلوا و استات (۱۹۸۱) طی آزمایشی نتیجه گرفتند که با افزایش مقدار نیتروژن، سطح برگ نیز افزایش می‌یابد. نتایج مشابهی توسط سایر پژوهشگران از جمله اشنایر و همکارن (۱۹۹۰)؛ صدرزاده و همکاران (۲۰۰٤) نیز گزارش شده است.

اجزا عملکرد: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف کودهای شیمیایی و بیولوژیک بر اجزای عملکرد (تعداد سنبله در هر بوته، طول سنبله،

Archive of SID

www.SID.ir

تعداد دانه در هر سنبله، تعداد بوته در مترمربع و وزن هزاردانه) گندم در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات اصلی نشان می‌دهد که بالاترین شاخص‌های اجزای عملکرد در تیمارهای برابر توصیه کودی و کودهای بیولوژیک و کم‌ترین آن مربوط به تیمار بدون مصرف کودهای شیمیایی و بیولوژیک (شاهد) بوده است (جدول ٤) و با بررسی اثرات متقابل کودهای بیولوژیک و شیمیایی با مصرف برابر توصیه کودی ۱۰۰ درصد به همراه کودهای بیولوژیک (PSB+NFB) در تیمار C_2B_3 اختلاف آماری معنی‌داری در اجزا عملکرد در مقایسه با سایر تیمار و شاهد داشته‌اند (جدول ۵). بنابراین می‌توان چنین استنباط نمود که میزان نیتروژن فراهمی برای گیاه از طریق کودهای شیمیایی و باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن دارای اثرات هم‌افزایی بوده و افزایش تعداد سنبله در هر بوته، طول سنبله، تعداد دانه در هر سنبله، تعداد بوته در مترمربع و وزن هزاردانه را به دنبال دارد که بیانگر یک نوع ارتباط مستدل فیزیولوژی است. در این رابطه گستل و نلسون (۱۹۹٤)؛ مک‌آدام و همکاران (۱۹۸۹) گزارش دادند افزایش تعداد پنجه‌های بارور و سنبله در بوته به شاخص جذب نیتروژن (NNI)[1] گیاه و افزایش سطح برگ و تاج پوشش بستگی دارد که باعث گسترش برگ‌های منفرد و پنجه‌دهی در گندم می‌شود و همچنین میزان ظهور برگ‌ها و عمر برگ‌ها افزایش پیدا می‌کند و با افزایش میزان نیتروژن در گیاه، تجمع کربوهیدرات‌های ساختمانی در برگ‌ها و ساقه‌ها افزایش و در نهایت پنجه‌دهی و ظهور سنبله‌های بارور در گیاه را موجب می‌شود. و نیز برخی پژوهندگان معتقدند اثرات هم‌افزایی و یا سینرژیستی به‌وسیله ریزوباکترهای محرک رشد به‌طور مستقیم باعث تغییرات مشخص در مرفوفولوژی ساقه، مانند افزایش پنجه‌زنی و تعداد پنجه‌های بارور، طول سنبله و تعداد دانه در هر سنبله و در نهایت عملکرد می‌شوند (پاتری‌کوئین و دوبرینر، ۱۹۷۸).

وزن کاه و عملکرد بیولوژیک: نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین اثرات متقابل (جدول‌های ۳ و ۵) نشان می‌دهد که بین سطوح تیمارهای C_1B_1، C_1B_2 و C_2B_3 از نظر وزن کاه و عملکرد بیولوژیک اختلاف آماری معنی‌داری دیده می‌شود و بیش‌ترین وزن کاه و عملکرد بیولوژیک در تیمار C_2B_3 (کاربرد هم‌زمان کودهای بیولوژیک + ۱۰۰ درصد کود شیمیایی) به‌دست آمده است. که این مسأله اختصاص بیش‌تر نیتروژن و فسفر به کل زیست‌توده (کاه و کلش + عملکرد اقتصادی) موجود در سطح زمین بوده است و افزایش زیست‌توده ارتباط مستقیم با کارایی مصرف نیتروژن (NUE) دارد از دیدگاه هایرل و همکاران (۲۰۰۷) کارایی مصرف نیتروژن و واکنش گیاه به نیتروژن کل (N_{tot}) شامل کود نیتروژن‌دار (N_{fert}) و نیتروژن خاک (N_{soil}) می‌باشد که از سه فرآیند تشکیل شده است: ۱- ظرفیت گیاه برای استفاده از نیتروژن خاک، ۲- ظرفیت گیاه برای استفاده از نیتروژن در تولید زیست‌توده و ۳- توانایی گیاه برای تخصیص کربن و نیتروژن به دانه. هایروس و بازاز (۱۹۹۵) نیز تخصیص بیش‌تر نیتروژن و کربن به ساقه و برگ و یا قسمت فوقانی تاج پوشش را مرتبط با مبادله بین RUE[2] و NUE[3] می‌دانند که موجب افزایش وزن خشک به‌ازای هر واحد نیتروژن جذب شده می‌گردد. در شرایط مزرعه‌ای، تلقیح گیاه گندم با *آزوسپیریلیوم* و *ازتوباکتر* باعث افزایش کاه از ۱/۵ تا ۱/۷ برابر،

1- Nitrogen Nutrition Index

2- Radiation Use Efficiency
3- Nitrogen Use Efficiency

Archive of SID

www.SID.ir

عملکرد دانه از ۱/۸ تا ۲/۷ برابر و نیتروژن کل از ۱/۲ تا ۱/۳ برابر شده است (رای و گوار، ۱۹۸۸).

شاخص برداشت: افزایش ۲۷/۲ درصدی شاخص برداشت در تیمار C_2B_3 (کاربرد هم‌زمان کودهای بیولوژیک + ۱۰۰ درصد کودهای شیمیایی) در مقابل تیمار شاهد .C.B (بدون مصرف کودهای شیمیایی و بیولوژیک) بیانگر تأثیر متقابل و برهم‌کنش مثبت باکتری‌های حل‌کننده فسفات و تثبیت‌کننده نیتروژن با کودهای شیمیایی بوده است که افزایش معنی‌داری را نسبت به تیمار شاهد داشته است (جدول ۵). شاخص برداشت نسبتی از عملکرد بیولوژیک است که عملکرد اقتصادی را نشان می‌دهد و یا به‌عبارت دیگر HI منبع تغییر در عملکرد دانه در هر واحد جذب نیتروژن است و با افزایش تسهیم ماده خشک برای عمکرد اقتصادی، شاخص برداشت نیز افزایش پیدا می‌کند (سینکلر، ۱۹۹۸). به بیان دیگر شاخص برداشت به‌عنوان یک صفت در صورتی می‌تواند معیار خوبی برای مقایسه تیمارها مدنظر قرار گیرد که عملکرد بیولوژیک گیاه ثابت بوده و کاهش نیافته باشد و در واقع افزایش آن به‌دلیل افزایش عملکرد دانه باشد، نه کاهش عملکرد بیولوژیک (فلاح و همکاران، ۲۰۰۱).

درصد نیتروژن و پروتئین دانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که درصد نیتروژن دانه تحت‌تأثیر سطوح مختلف کود شیمیایی و کود بیولوژیک در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌داری را داشته است (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات ساده کودهای بیولوژیک و شیمیایی نشان می‌دهد کاربرد هم‌زمان کودهای بیولوژیک تأثیر زیادی در افزایش نیتروژن دانه در مقایسه با تیمار شاهد بدون استفاده از کودهای شیمیایی و بیولوژیک .B.C داشته است که با افزایش ۳۷ درصدی اختلاف معنی‌داری را با تیمارهای یاد شده به‌وجود آورده است (جدول ٤). این مسأله نشان می‌دهد که کاربرد کودهای بیولوژیک کارایی بیش‌تری در جذب نیتروژن توسط گیاه داشته است به‌ویژه وجود باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفات و اثرات متقابل آن‌ها باعث افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه و اختصاص بیش‌تر به دانه شده است این نتیجه می‌تواند بیانگر رابطه تقویت‌کنندگی[1] ترکیب باکتری‌های نام‌برده با یکدیگر در جهت افزایش رشد ریشه و جذب مواد غذایی توسط بوته‌های گندم باشد (زهیر و همکاران، ۲۰۰٤).

در آزمایشی تلقیح گندم بهاره با *آزوسپیریلیوم لیپوفروم* و *ازتوباکتر کروکوکوم* در شرایط گلخانه و مزرعه، عملکرد دانه را از ۸ تا ۳۲ درصد، نیتروژن کل دانه را از ۱۰ تا ۱۵ درصد و وزن هزاردانه را از ۱۳ تا ۲۳ درصد افزایش داده و میزان صرفه‌جویی در مصرف کود نیتروژنه در نتیجه تلقیح با *آزوسپیریلیوم* و *ازتوباکتر*، به‌میزان ۳۰ درصد گزارش شده است (کاپولنیک و همکاران، ۱۹۸۱). اثر نیتروژن روی شاخص برداشت محصولات زراعی (HI)[2] مشخص می‌کند که HI منبع تغییر در عملکرد دانه در هر واحد جذب نیتروژن است. علاوه‌بر کارایی مصرف نیتروژن زراعی، شاخص برداشت نیتروژن (NHI)[3] نیز در گیاهان دانه‌ای اهمیت زیادی دارد. NHI نشان‌دهنده میزان پروتئین است که در کیفیت تغذیه دانه اهمیت زیادی دارد (سینکلر، ۱۹۹۸). بنابراین میانگین صفات مورد بررسی فوق نشان می‌دهد با افزایش راندمان مصرف نیتروژن، NHI نیز افزایش یافته که به دنبال آن افزایش معنی‌دار پروتئین دانه در تیمار (PSB+NFB) در ترکیب با کود شیمیایی بوده است.

1- Synergisti
2- Harvest Index
3- Nitrogen Harvest Index

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی گندم تحت‌تأثیر مقدار کود شیمیایی و کود بیولوژیک.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		ارتفاع بوته	تعداد سنبله در هر بوته	تعداد بوته در هر مترمربع	سطح برگ	طول سنبله	تعداد دانه در هر سنبله	وزن هزاردانه
بلوک	۲	٤۲^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۷۰۸^{ns}	۰/۰۲۷^{ns}	۰/۵۰۲^{ns}	۲۱٦^{ns}	۱/۸۲^{ns}
C	۲	۸۸/٤**	۱/۰٦**	۱۷۱۵۰۰**	۱۱/۲**	۱۳/٤**	۱۷٤**	۱۳۱**
خطا	٤	۱/٤۵	۰/۰۱	۱۲۱	۰/۰۰۷	۰/۰۱٤	۵/۳٦	۰/۱۱۲
B	۳	٦٤/۲**	۰/۱۷۳**	۱۵۰۵۹**	۰/٤٦۵**	۰/۷٤۵**	۲۱/۱**	۹/٦٤**
B×C	٦	۲/۹۷**	۰/۰۱۳*	۳۱۵۷**	۰/۰۱٦*	۰/۰۲۷*	۹/۷٤^{ns}	۱/۱۷**
خطا	۱۸	۱۱/۵	۰/۰۰٤	۱۲۸	۰/۰۰۵	۰/۰۰۷	۳/۹٦	۰/۰۵
ضریب تغییرات (درصد)	–	٤/۳٤	۳/۱۵	۱/۸۱	۱/۷۱	۱/۹۱	۵/۹	۱/۵۷

^{ns}، ** و * مطابق آزمون F به‌ترتیب عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد

C و B به‌ترتیب مصرف کودهای شیمیایی و کود بیولوژیک

ادامه جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی گندم تحت‌تأثیر مقدار کود شیمیایی و کود بیولوژیک.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		عملکرد دانه	وزن کاه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	درصد نیتروژن	درصد پروتئین
بلوک	۲	۱۸۳۷٦۵۲^{ns}	۷٤٦۱٤۱^{ns}	۱۷۳۸۱۳۵^{ns}	۰/۱۳۲^{ns}	۰/۰۰۷^{ns}	۰/۱۹۹^{ns}
C	۲	۱۰٤٦٦۹۹۳**	۱٦٦۸۱۵۵**	۱٤۹۱۸٤٤۳**	۱۳۱**	۰/۸٦۷**	۲۷/۵**
خطا	٤	۲۸٤۹۹۹	٤۰۳۱۷	۳۵۵۰۷	۰/۱۱۲	۰/۰۰۳	۰/۰۸۳
B	۳	۳۱٦۱٤۷۲**	۳۳۸۵۸۱۳**	۱۲٤۸۸۷٦۸**	۱۳**	۰/٦٦۸**	۲۱/۲**
B×C	٦	٦۲۹۸۹**	۲۵۱۹۷٦**	۵٦۰۷۰۸**	۱/۵۱**	۰/۰۸۳**	۲/٦۱**
خطا	۱۸	۱۲۰۳٦۷	۲٤۹۷۱٤	۵٦۳۲٦۲	۱/۰۸	۰/۰۰۲	۰/۰٦۵
ضریب تغییرات (درصد)		۸/۲۵	۸/۱۵	۷/۱٦	۱/٦۹	۲/۳۰	۲/۲۳

^{ns}، ** و * مطابق آزمون F به‌ترتیب عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد

C و B به‌ترتیب مصرف کودهای شیمیایی و کود بیولوژیک

جدول ٤- بررسی اثرات ساده کودهای شیمیایی و بیولوژیک بر صفات فیزیولوژیکی، اجزای عملکرد و عملکرد گندم.

سطح کود شیمیایی	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد سنبله در هر بوته	تعداد بوته در هر مترمربع	شاخص سطح برگ	طول سنبله (سانتی‌متر)	تعداد دانه در هر سنبله	وزن هزاردانه (گرم)
C_0	۷٦/۳^{c}	۱/٦۷^{c}	٤۹۲^{c}	۳/۰۹^{c}	۸/۱^{c}	۲۹/۸^{c}	۳٦^{c}
C_1	۷۷/٤^{b}	۲/۰٦^{b}	٦۷۵^{b}	٤/۳۱^{b}	۹/٤^{b}	۳۳/۸^{b}	٤۰/۵^{b}
C_2	۸۱/۵^{a}	۲/۲۵^{a}	۷۱٦^{a}	۵^{a}	۱۰/۱^{a}	۳۷/۵^{a}	٤۲/۵^{a}
کود بیولوژیک							
B_0	۷٤/٦^{d}	۱/۸۳^{d}	۵۷۱^{c}	۳/۸۳^{d}	۸/۹۷^{d}	۳۲/۵^{b}	۳۸/٦^{d}
B_1	۷۸/۵^{c}	۱/۹٤^{c}	٦٤۱^{b}	٤/۱۱^{c}	۹/۰۸^{c}	۳۳/۱^{b}	۳۹^{c}
B_2	۷۹/۷^{b}	۲/۰۷^{b}	٦۳۱^{b}	٤/۲۳^{b}	۹/۲۸^{b}	۳۳/۳^{b}	٤۰/۲^{b}
B_3	۸۰/۸	۲/۱٤^{a}	٦٦۹^{a}	٤/۳٦^{a}	۹/٦۳^{a}	۳٦^{a}	٤۰/۸^{a}

در هر ستون و به‌طور جداگانه برای هر یک از اثرات اصلی کود شیمیایی و کود بیولوژیک، حروف لاتین مشابه طبق آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

C_0، C_1 و C_2 به‌ترتیب بدون مصرف کود شیمیایی، ۰/۵R و R (مصرف کود شیمیایی براساس آزمون خاک).

B_0، B_1، B_2 و B_3 به‌ترتیب بدون کاربرد کود بیولوژیک، مصرف باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن (NFB)، مصرف باکتری‌های آزادکننده فسفات (PSB) و تیمار ترکیبی PSB+NFB.

Archive of SID

www.SID.ir

ادامه جدول ٤- بررسی اثرات ساده کودهای شیمیایی و بیولوژیک بر صفات فیزیولوژیکی، اجزای عملکرد و عملکرد گندم.

سطح کود شیمیایی	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن کاه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)	درصد نیتروژن دانه (درصد)	درصد پروتئین دانه (درصد)
C_0	۳۲۰۵^{c}	۵۷۷۰^{c}	۹۲۷۵^{c}	۳۷/۳۱^{c}	۱/۷٦^{c}	۱۰^{c}
C_1	٤۳٤۸^{b}	٦۱۱٤^{b}	۱۰۷۱۳^{b}	٤۲/۱۷^{b}	۱/۹٦^{b}	۱۱/۲^{b}
C_2	۵۰۵۵^{a}	٦۵۱۵^{a}	۱۱٤۷۱^{a}	٤۳/٦^{a}	۲/۲۹^{a}	۱۳^{a}
کود بیولوژیک						
B_0	۳٤۲۰^{d}	۵۲٦۷^{c}	۸۸٤۳^{d}	۳۹/٤^{c}	۱/٦۷^{d}	۹/۵۵^{d}
B_1	٤۰۹٤^{c}	٦۳۳۱^{b}	۱۰٤٤۸^{c}	٤۱^{b}	۲/۱٤^{b}	۱۲/۲^{b}
B_2	٤۵۲۱^{b}	٦۵٤۰^{a}	۱۱۱۷۳^{b}	٤۱/۲^{b}	۱/۹^{c}	۱۰/۸^{c}
B_3	٤۷۷٦^{a}	٦۵۹٤^{a}	۱۱٤۸۱^{a}	٤۲/۳^{a}	۲/۲۹^{a}	۱۳^{a}

در هر ستون و به‌طور جداگانه برای هر یک از اثرات اصلی کود شیمیایی و کود بیولوژیک، حروف لاتین مشابه طبق آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

C_0، C_1 و C_2 به‌ترتیب بدون مصرف کود شیمیایی، ۰/۵R و R (مصرف کود شیمیایی براساس آزمون خاک).

B_0، B_1، B_2 و B_3 به‌ترتیب بدون کاربرد کود بیولوژیک، مصرف باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن (NFB)، مصرف باکتری‌های آزادکننده فسفات (PSB) و تیمار ترکیبی PSB+NFB.

جدول ۵- بررسی اثرات متقابل کودهای شیمیایی و بیولوژیک بر صفات فیزیولوژیکی، اجزای عملکرد و عملکرد گندم.

شیمیایی	تیمارها بیولوژیک	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد سنبله در هر بوته	تعداد بوته در مترمربع	شاخص سطح برگ	طول سنبله (سانتی‌متر)	تعداد دانه در هر سنبله	وزن هزاردانه (گرم)
C_0	B_0	۷٤/۱^{h}	۱/٤٦^{g}	٤۵۰^{g}	۲/۸^{h}	۷/۹^{h}	۳۰/۷^{d}	۳۵/۲^{g}
C_0	B_1	۷۵/۹^{h}	۱/٦۳^{f}	٤۹٤^{f}	۳/۱^{g}	۷/۹^{h}	۲۹/۳^{d}	۳۵/۹^{f}
C_0	B_2	۷٦/۷^{g}	۱/۸^{e}	٤۸۵^{f}	۳/۱^{g}	۸/۱^{h}	۲۹/۳^{d}	۳٦/۲^{f}
C_0	B_3	۷۸/۵^{e}	۱/۸^{e}	۵۳۹^{e}	۳/۳^{f}	۸/۵^{g}	۳۰/۲^{d}	۳٦/۸^{e}
C_1	B_0	۷۳/۳^{g}	۱/۸٦^{e}	۵٦٦^{d}	٤^{e}	۹/۱^{f}	۳۱/٦^{cd}	۳۹^{d}
C_1	B_1	۷۷/٤^{f}	۲^{d}	۷۰۷^{bc}	٤/۳^{d}	۹/۳^{e}	۳۲/٦^{cd}	۳۹/۲^{d}
C_1	B_2	۷۹/٤^{d}	۲/۱^{cd}	٦۹۵^{c}	٤/۳^{d}	۹/۵^{d}	۳۲/۵^{cd}	٤۱/٦^{c}
C_1	B_3	۷۹/۸^{d}	۲/۳^{ab}	۷۳۳^{a}	٤/٦^{c}	۹/۹^{c}	۳۸/٦^{ab}	٤۲/٤^{b}
C_2	B_0	۷٦/٦^{c}	۲/۱٦^{c}	٦۹۸^{c}	٤/۷^{c}	۹/۳^{c}	۵۳/۳^{bc}	٤۱/۸^{c}
C_2	B_1	۸۲/۳^{c}	۲/۲^{bc}	۷۲۲^{ab}	٤/۹^{b}	۱۰^{c}	۳۷/۵^{ab}	٤۱/۹^{c}
C_2	B_2	۸۳^{b}	۲/۳^{a}	۷۱۲^{bc}	۵/۲^{a}	۱۰/۳^{b}	۳۸/۱^{ab}	٤۳^{a}
C_2	B_3	۸٤^{a}	۲/۳^{a}	۷۳٤^{a}	۵/۱^{a}	۱۰/۵^{a}	۳۹/۱^{a}	٤۳/۳^{a}

در هر ستون حروف لاتین مشابه طبق آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

C_0، C_1 و C_2 به‌ترتیب بدون مصرف کود شیمیایی، ۰/۵R و R (مصرف کود شیمیایی براساس آزمون خاک).

B_0، B_1، B_2 و B_3 به‌ترتیب بدون کاربرد کود بیولوژیک، مصرف باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن (NFB)، مصرف باکتری‌های آزادکننده فسفات (PSB) و تیمار ترکیبی PSB+NFB.

Archive of SID

www.SID.ir

ادامه جدول ۵- بررسی اثرات متقابل کودهای شیمیایی و بیولوژیک بر صفات فیزیولوژیکی، اجزای عملکرد و عملکرد گندم.

شیمیایی	تیمارها بیولوژیک	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن کاه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)	درصد نیتروژن دانه (درصد)	درصد پروتئین دانه (درصد)
C_0	B_0	۲۲۹۲^{i}	٤٤۳۸^{f}	٦۹۳۱^{h}	۳٤/۸^{i}	۱/۲۲^{f}	۷/۰۱^{f}
C_0	B_1	۳۱۲۱^{h}	۵۸٤٦^{e}	۹۳۰۳^{g}	۳۷/۱^{h}	۱/۸٤^{d}	۱۰/٤^{d}
C_0	B_2	۳۵۹۸^{g}	٦٤٦۵^{bc}	۱۰۳۹٦^{ef}	۳۷/۷^{g}	۱/۸۵^{d}	۱۰/۵^{d}
C_0	B_3	۳۸۰۸^{f}	٦۳۳۰^{c}	۱۰٤۷۲^{e}	۳۹/۵^{f}	۲/۱۱^{c}	۱۲^{c}
C_1	B_0	۳٤۸۲^{f}	۵۳۷۷^{d}	۹۵۲۵^{f}	٤۰/٦^{e}	۱/٦٦^{e}	۹/٤٦^{e}
C_1	B_1	٤۲۷٦^{e}	٦۱۳٤^{d}	۱۰٦٤٤^{e}	٤۲/۳^{d}	۲/۱۹^{c}	۱۲/٤^{c}
C_1	B_2	٤۷۲۱^{d}	٦٤۰٦^{bc}	۱۱۱۲۷^{d}	٤۲/٤^{d}	۱/۷۲^{e}	۹/۸۵^{e}
C_1	B_3	۵۰۱٤^{c}	٦۵٤۱^{b}	۱۱۵۵۵^{c}	٤۳/۳^{bc}	۲/۲۸^{b}	۱۳^{b}
C_2	B_0	٤٤۸۸^{d}	۵۹۸۵^{c}	۱۰۰۷۳^{d}	٤۲/۹^{c}	۲/۱٤^{c}	۱۲/۲^{c}
C_2	B_1	٤۹۸٤^{c}	٦٤۱۳^{bc}	۱۱۳۹۸^{c}	٤۳/٦^{b}	۲/٤۱^{a}	۱۳/٦^{a}
C_2	B_2	۵۲٤۵^{b}	٦۷٤۹^{a}	۱۱۹۹٤^{b}	٤۳/٦^{b}	۲/۱۳^{c}	۱۲/۱
C_2	B_3	۵۵۰٦^{a}	٦۹۱۱^{a}	۱۲٤۱۷^{a}	٤٤/۲^{a}	۲/٤۸^{a}	۱٤/۱^{a}

در هر ستون حروف لاتین مشابه طبق آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

C_0، C_1 و C_2 به‌ترتیب بدون مصرف کود شیمیایی، ۰/۵R و R (مصرف کود شیمیایی براساس آزمون خاک).

B_0، B_1، B_2 و B_3 به‌ترتیب بدون کاربرد کود بیولوژیک، مصرف باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن (NFB)، مصرف باکتری‌های آزادکننده فسفات (PSB) و تیمار ترکیبی PSB+NFB.

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات و تثبیت‌کننده نیتروژن به‌صورت هم‌زمان و یا جداگانه باعث افزایش زیست‌توده کل گیاه، میزان نیتروژن و پروتئین دانه، اجزای عملکرد و در نتیجه عملکرد دانه گندم گردید ولی کاربرد هم‌زمان باکتری‌های حل‌کننده فسفات و تثبیت‌کننده نیتروژن نسبت به کاربرد جداگانه این ریزموجودات از کارایی بیش‌تری برخوردار است و در صورت استفاده ترکیبی کودهای بیولوژیک با کودهای شیمیایی براساس نتایج آزمون خاک، راندمان تولید افزایش یافته که احتمالاً به‌دلیل وجود یک اثر هم‌افزایی مثبت بین ریزجانداران و کودهای شیمیایی است از این‌رو کودهای زیستی موجود به تنهایی نمی‌تواند جایگزین کودهای شیمیایی شوند و از سوی دیگر با توجه به هزینه بالای کودهای شیمیایی و خطرات زیست‌محیطی ناشی از مصرف زیاد این کودها استفاده از ریزموجودات حل‌کننده فسفات و تثبیت‌کننده نیتروژن در تلفیق با مقدار متعادل و بهینه کودهای شیمیایی گزینه مناسبی به‌منظور دست‌یابی به اهداف کشاورزی پایدار می‌باشند.

منابع

1.Agata, W. 1990. Mechanism of high yielding an achievement in Chinese F1 rice compared with cultivated rice varieties. Jap. J. Crop Sci. 59: 270-273.

2.Amano, T., Zhu, Q., Wan, Y., Inou, N., and Tanake, H. 1993. Case studies on high yields of paddy rice in Jiangsu Province, China. I. Characteristic of grain production. Jap. J. Crop Sci. 62: 267-274.

Archive of SID

www.SID.ir

3.Asadi Rahmani, H., Khavazy, K., Asgharzadeh, A., Rajalee, F., and Afshari, M. 2010. Biofertilizers in Iran. Opportunities and Challenges. first Challenges Congress fertilizer in iran. Half a century of fertilizer consumption (Key Articles).
4.Banik, S., and Dey, B.K. 1982, Available phosphate content of an alluvial soil is influenced by inoculation of some isolated phosphate solubilizing microorganisms. Plant Soil. 69: 353-364.
5.Cohen, E., Okon, Y., Kigel, J., Nur, I., and Henis, Y. 1980. Increase in dry weight and total nitrogen content in *Zea mays* and *Serariaitalica* associated with nitrogen fixing Azospirillum. Plant Physiol. 66: 746-749.
6.Dasilva, P., and Stutte, C. 1981. Nitrogen loss in conjunction with translocation from leaves as influenced by growth stage, leaf position and N supply. Agron. J. 73: 38-42.
7.Engel, A.J., Bird, A., Hil, J.E., Horwath, W.R., and Kessel, C.V. 2001. Nitrogen dynamics and fertilizer use efficiency in rice following straw in corporation and winter flooding. Agron. J. 93: 1346-1354.
8.Falah Nosratabad, A., and Khavazy, K. 2001. Role of phosphate solubilizing bacteria in agriculture. Necessity in the industrial production of biological fertilizers (Total articles). Publication Agricultural Education Commissioned by the Institute of Soil and Water.
9.Gastal, F., and Nelson, C.J. 1994. Nitrogen use within the growing leaf blade of tall fescue. Plant Physiol. Pp: 105-119.
10.Ghalavand, A., Shirvani, A., Dehganshoar, M., Malakoti, M., Asgharzadeh, A., and Chokan, D. 2009. Application of biofertilizers (Biological), Strategy for ecologically sustainable management of agricultural ecosystems, Iranian agronomy and Breeding Sciences Ninth congress (Key Articles). Pp: 200-224.
11.Glick, B.R. 1995. The enhancement of plant growth by free living bacteria. Can. J. Microbiol. 41: 109-117.
12.Hirel, B., Gouis, J., Ney, B., and Gallais, A. 2007. The Challenger of improving nitrogen use efficiency in crop plants: towards a more central role of genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches. J. Exp. Bot. 58: 2369-2387.
13.Hirose, T., and Bazzaz, F.A. 1995. Trade off between light and nitrogen use efficiency in canopy photosynthesis. Ann. Bot. 82: 195-202.
14.Jones, D.L. 1998. Organic acids in the rhizosphere a critical review. Plant Soil. 205: 25-44.
15.Kapulnik, Y., Sarige, S., Nur, I., and Henis, Y. 1981. Effect of *Azospirillum Inculation* on some growth parameters and N content of wheat, sorghum and panicum. Plant Soil. 61: 65-77.
16.Khosravi, H. 1997. Study of frequency of and release of *azotobacter chroococcum* In gricultural soils of Tehran province and Some physiological characteristics of the research, M.Sc thesis, Faculty of agriculture, University of Tehran.
17.Klopper, HJ.W., Lifshitz, R., and Zablotowicx, R.M. 1989. Free living bacterial inoculator enhancing crop productivity. Trends in Biotech.7: 39-44.
18.Klute, A. 1986. Methods of Soil Analysis, Agronomy No. 9, Part 1. Madison, WI.
19.Leinhos V., and Nacek, O. 1994. Biosynthesis of auxins by PSMs from Wheat and Rye. Microbiol. Res. 149: 31-35.
20.Lindsay, W.L. 1979. Chemical equilibria in soil, John and sons. New York. 130: 25-36.
21.Mac Adam, J.W., Volenec, J.J., and Nelson, C.J. 1989. Effects of nitrogen on mesophyll cell division and epidermal cell elongation in tall fescue leaf blades. Plant Physiol. 89: 549-556.
22.Malakoti, M.J., Khademi, Z., and golchin, Z. 2009. Ways to increase wheat protein and actions to improve the quality while buying bread. Balanced nutrition of wheat (Key Articles) Second edition. Pp: 39-46.
23.Molla, M.A.Z., and Chodhury, A.A. 1984. Microbial mineralization, of organic phosphate in soil, Plant Soil. 78: 3. 393-399.
24.Mousavi, S.H. 2010, An analysis of self-sufficiency in wheat production. Ph.D. Thesis, Agricultural Economics, Shiraz University.
25.Noor Mohammad, G., Syadat, A., and Kashani, A. 2010. The first volume of cereal crops. Shahid Chamran University Publications.

Archive of SID

www.SID.ir

26.Patriquin, D.G., and Dobereiner, J. 1978. Light microscopy observation of tetrazolium reducing in the endorhizosphere of maize and other grasses in Brazil. Can. J. Microbiol. 24: 734-742.
27.Rai, R. 1988. High temperature adapted *A. brasilense* strain: growth and interaction response on associative nitrogen fixation, mineral uptake and yield of cheem (*Panicummiliaceum* L.) genotypes in calcareous soil. J. Agric. Sci. 110: 321-329.
28.Rai, S.N., and Gaur, A.C. 1988. A Characterization of *Azotobacter spp*, and effect of *Azotobacterization* in presence of fertilizer nitrogen in the yield of wheat. Indian Soc. Soi. Sci. 33: 424-426.
29.Sadrzadeh, S.M. 2004. Research of nitrogen and potassium Fertilizer on yield and yield components and index of rice growing Khazar varieties. M.Sc. Thesis Agronomy, College of Agricultural Sciences University of Guilan.
30.Sarige, S., Blum, A., and Okon, Y. 1992. Improvement of the water status and yield of fieldgrown grain sorghum by inoculation with *Azospirillum brasillense*. J. Agric. Sci. 110: 271-277.
31.Schnier, H.F., Dingkuhu, M., Dedatta, S., Mengel, K., and Faronilo, J. 1990. Nitrogen fertilization of direct seeded flooded transplanted rice: Nitrogen uptake, photosynthesis, growth and yield. Crop Sci. 30: 1276-1284.
32.Shimon, M., Trosh, H., and Glick, B.R. 2004. Plant growth promoting bacteria confer resistance tomato plant to salt stress. Plant Physiol. Biochem. 42: 565-572.
33.Sinclair, T.R. 1998. Historical changes in harvest index crop Sci: 38: 638-643.
34.Singh, S., and Kapoor, K.K. 1998 Inoculation with phosphate solubilizing microorganisms and a vesicular *arbuscular mycorrhizal* fungus improves dry matter yield and nutrient uptake by wheat grown in a sandy soil. Biol. Fertil. Soils. 95: 373-397.
35.Taha, S.M., Mahmoud, S.A.Z., Halim, A., Damaty, E.L., and Abd El hafez, A.M. 1969. Activity of phosphate dissolving bacteria in Egyptian soils. Plant and Soil. 113: 149-159.
36.Tilak, K.V.B., Singh, C.S., Roy, V.K., and Rao, N.S.S. 1982. *Azosprillum brasilense* and *azotobacter chroococcum* inoculum: effect of maize and sorghum. Soil Biol. Biochem. 14: 417-418.
37.Yang, J., Zhang, J., Wang, Z., Liu, L., and Zhu, Q. 2003. Post an thesis water deficits enhance grain filling in tow line hybrid rice. Crop Sci. 43: 2099-2108.
38.Zahir, A.Z., Arshad, M., and Franendberger, W.F. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: application and perspectives in agriculture. Adv. Agron. 81: 97-168.
39.Zhao, F.J., Loke, S.Y., Grosland, A.R., and Mc Grath, S.P. 1996. Method to determine elemental sulfur in soil applied to measure sulfur oxidation. Soil Biol. Biochem. 28: 1083-1087.

Archive of SID

www.SID.ir

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 5(1), 2015
http://ejsms.gau.ac.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Evaluating the effects bio-fertilizers containing non-symbiotic nitrogen-fixing and phosphate solubilizing bacteria on quantitative and qualitative traits of wheat

***M. Mohtadi[1], M.J. Mirhadi[2], A. Charaty[3] and M. Bahadori[4]**

[1]M.Sc. Graduate, Dept. of Agronomy, Science and Research Branch, Tehran, [2]Associate Prof., Dept. of Agronomy, Science and Research Branch, Tehran, [3]Assistant Prof., Dept. of Soil and Water, Research Center for Agriculture and Natural Resource of Mazandaran, [4]Educator of Agriculture and Natural Resources Research Center of Mazandaran

Received: 08/20/2013; Accepted: 02/15/2014

Abstract

Environmental protection and achieving inclusive development are considered as the important aim of sustainable agriculture. Therefore it seems essential method that can reduce the excessive consumption of chemical fertilizers. The purpose of this study was to assess the impact of plant growth promoting microorganisms and effect of combined nutrition systems, chemical and bacterial on phenology stages, yield, yield components wheat grain protein precedent variety N8019. Experiment was conducted in research farm of agricultural research stations Baykola affiliated with agriculture and natural resources research center of mazandaran in 2011. The study was conducted as a split plot and to form randomized complete blocks design with 12 treatments and 3 replications. Treatments included fertilizer (nitrogen and phosphorus) as the main factor in three levels: 1-noconsumption(C_0), 2-equivalent to 50% of the fertilizer recommendations (C_1), 3-equivalent to %100 of the fertilizer recommendations (C_2) and two types of biological fertilizers which contain nitrogen-fixing and phosphate solubilizing rhizobacteria as the subsidiary factor in 4 levels: 1-noinoculation (B_0), 2-seeds inoculated with nitrogen-fixing bacteria (B_1), 3-Seed inoculation with phosphate solubilizing bacteria (B_2), 4-Combined application of bio-fertilizers (B_3). The results of the analysis of variance experiment run indicated that effect of different treatments, including the use of %100 chemical fertilizers and biofertilizers on plant phenology, yield and grain protein rate, was significant at the %1 but greatest influence on the aforementioned components is achieved through the combination treatment (%100 chemical fertilizers+biofertilizers) and interaction effects. Thus the quantitative and qualitative characteristics of wheat in the compilation system (bio-fertilizer and chemicals) had a better result than when used alone.

Keywords: Bio fertilizers, Chemical fertilizer, Grain yield, Biological yield, Grain protein

* Corresponding Authors; Email: m.mohtadi.263@gmail.com

Archive of SID

www.SID.ir