به زراعی کشاورزی
دوره ۱۵ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۲
صفحه‌های ۱۳٤-۱۲۵

بررسی واکنش لاین امیدبخش N_{8119} گندم به کاربردکود زیستی فسفات

ایراندخت منصوری* [۱]

۱. مربی، گروه زراعت، دانشکدهٔ علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری ـ ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۱/۵/۲۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۲/۳۱

چکیده

به منظور بررسی واکنش لاین امیدبخش N_{8119} گندم به کاربرد کود زیستی فسفات، آزمایشی در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری طی سال‌های زراعی ۱۳۸۷ الی ۱۳۸۹ اجرا شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. فاکتور اول کود زیستی فسفات در دو سطح شامل عدم مصرف کود زیستی و مصرف ۱۰۰ گرم در هکتارکود زیستی بود. فاکتور دوم کود فسفره در سه سطح شامل عدم مصرف کود فسفره، مصرف ٦۰ کیلوگرم در هکتار و مصرف ۹۰ کیلوگرم در هکتار انجام شد. نتایج نشان داد که کود زیستی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، طول سنبله، وزن هزار دانه و ضریب برداشت داشت، اما تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع گندم نشان نداد. در تیمارهایی که از کود بیولوژیک استفاده شد، از نظر میزان عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری بین دو تیمار٦۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره (۵۲۸/٤۰ گرم در مترمربع) و ۹۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره (۵۳۲/۹۵ گرم در مترمربع)، مشاهده نشد. بنابراین، به جای ۹۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره که به‌طور عرف در مازندران در مزرعهٔ گندم استفاده می‌شود می‌توان از ٦۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره همراه با کود بیولوژیک (۱۰۰گرم در هکتار) استفاده کرد که علاوه بر کاهش مصرف کود فسفره به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار، از آلودگی محیط زیست به‌خصوص خاک و آب نیز جلوگیری خواهد شد.

کلیدواژه‌ها: ضریب برداشت، عملکرد، کود بیولوژیک، کود فسفره، وزن هزار دانه.

* نویسنده مسئول Email: iranmansoori@yahoo.com

۱. مقدمه

غلات غذای اصلی مردم کشور را تشکیل می دهد و در رأس آن گندم، مهم‌ترین غله و محصولی استراتژیک، برای تأمین غذای مردم است [۳]. زراعت گندم در مناطق مختلف و شرایط آب و هوایی متفاوت انجام می‌شود و این امر حاکی از توانایی سازش بسیار زیاد این گیاه با اقلیم‌های گوناگون است [۲]. عواملی نظیر هزینه‌های پایین، درآمد نسبتاً زیاد، استفاده از کاه آن برای تغذیهٔ دام و غیره باعث شده است که این محصول روز به روز بیشتر مورد توجه قرار گیرد [۵]. بنابراین، توجه ویژه‌ای به تغذیهٔ مناسب این گیاه برای افزایش کمی و کیفی و در نتیجه افزایش درآمد کشاورزان می‌شود [٦]. استفاده از لاین‌های امیدبخش مانند لاین امیدبخش N_{8119} گندم با طول خوشه، وزن هزار دانه و عملکرد بالا (پتانسیل تولید حدود ۷ تن در هکتار)، داشتن مقاومت نسبت به بیماری زنگ زرد و سفیدک و قدرت سازگاری بالا، از دیگر راه‌های دستیابی به افزایش درآمد است [۲]. پس از نیتروژن، فسفر یکی از عناصر پرمصرف برای گیاه به شمار می‌رود و عنصری پایه و یکی از نیازهای ضروری گیاهان زراعی از جمله غلات است که سبب افزایش محصول می‌شود و یکی از عناصر حیاتی برای گیاهان است که به اشکال مختلف معدنی و آلی در خاک موجود است [۳] تأمین فسفر مورد نیاز گیاه به‌طور معمول از طریق استفاده از کودهای شیمیایی انجام می‌شود، با وجود این، مقادیر زیادی از فسفر موجود در کودهای شیمیایی بعد از ورود به خاک نامحلول شده و از دسترس گیاه خارج می‌شود [۱]. بنابراین، باید به روش‌های دیگر از جمله روش زیستی توجه بیشتری شود [۱۳].

کودهای زیستی متشکل از ریزسازواره‌ها[1] و همچنین، قارچ‌های مفیدی هستند که هر کدام برای منظور خاصی تولید می‌شوند و باعث تثبیت نیتروژن و رهاشدن یون‌های فسفات، پتاسیم و آهن از ترکیبات نامحلول آن‌ها می‌شوند. این ریزسازواره‌ها معمولا در اطراف ریشه مستقر می‌شوند و گیاه را در جذب عناصر یاری می‌کنند [۲۰]. بیشترین درصد ریزسازواره‌های حل‌کنندهٔ فسفات را باکتری‌ها و قارچ‌ها تشکیل داده‌اند که بیشتر آن‌ها باسیلوس و سودوموناس‌ها هستند، این باکتری‌ها از طریق کاهش تثبیت فسفر راندمان استفاده از کود را افزایش می‌دهند [۱٦، ۱۷].

کودهای زیستی فسفاته علاوه بر صرفه‌جویی و کاهش مصرف کود شیمیایی فسفاته، باعث جذب بیشتر فسفر توسط گیاهان و در نتیجه افزایش رشد آن می‌شوند و مقاومت گیاه به بیماری را افزایش می‌دهند. علاوه بر آن مصرف این نسل از کودها باعث کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی و هزینهٔ تولید محصولات زراعی می‌شود [۱۱، ۱٤]. این ریزسازواره‌ها معمولا گیاه را در جذب عناصر همیاری می‌کنند و علاوه بر کمک به جذب عنصری خاص، باعث جذب سایر عناصر، کاهش بیماری‌ها و بهبود ساختمان خاک و در نتیجه تحریک رشد بیشتر گیاه، افزایش کمی و کیفی محصول، کاهش مصرف فسفر و در نتیجه کاهش هزینهٔ اقتصادی و کاهش خسارت اکولوژیک می‌شوند [۲۰]. بدین لحاظ، از نظر علمی این باکتری‌ها محرک رشد گیاه نامیده می‌شوند. از آن‌جا که این باکتری‌ها از خاک گرفته می‌شوند، مزایای فراوانی برای آن‌ها ذکر می‌شود [۸]. در ایران نیز طی پژوهش‌های پنج سالهٔ اخیر، جداکردن باکتری‌های حل‌کنندهٔ فسفر از خاک‌های مناطق مختلف کشور انجام شده است [٦]، این باکتری‌ها تحت آزمایش‌های متعددی مانند بررسی مقاومت به تنش‌های محیطی دما، شوری، pHهای مختلف و رقابت با ریزسازواره‌های دیگر قرار گرفتند. براساس این تحقیقات، این باکتری‌ها می‌توانند دامنهٔ وسیعی از pH بین ۵ تا ۱۱،

1. Microorganisms

دمای بالا تا ٤٢ درجهٔ سانتی‌گراد و شوری تا ۳/۵ درصد را به خوبی تحمل کنند. با توجه به نقش باکتری‌های حل‌کنندهٔ فسفر برای افزایش کارایی مصرف کودهای فسفره در گیاهان زراعی و عدم انجام پژوهش در این زمینه در استان مازندران، هدف از انجام این آزمایش بررسی اثر کود زیستی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد لاین امیدبخش N_{8119} گندم است.

۲. مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر کود زیستی فسفات بر عملکرد و اجزای عملکرد لاین امیدبخش N_{8119} گندم، آزمایشی در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشگاه کشاورزی ساری طی سال‌های زراعی ۱۳۸۷ الی ۱۳۸۹ اجرا شد. این لاین گندم توسط بخش غلات مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر کرج برای کاشت در سواحل دریای خزر مانند استان گلستان و مازندران تولید شد و بذر لازم برای انجام این پژوهش از مرکز تحقیقات کشاورزی سازمان جهاد کشاورزی استان مازندران تهیه شد. زمین آزمایش دارای بافت سیلتی رسی (۳۲ درصد رس،۵۰ درصد سیلت و ۱۸ درصد شن)، میزان مادهٔ آلی خاک ۱/۷۲ با pH= ۷/٦ بود. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. فاکتور اول کود بیولوژیک فسفاته در دو سطح شامل: a_1: بدون مصرف کود زیستی و a_2: مصرف کود زیستی و فاکتور دوم کود فسفره در سه سطح شامل: b_1: بدون مصرف کود فسفره، b_2: مصرف ٦۰ کیلوگرم در هکتار و b_3: مصرف ۹۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره بود.

فسفر استفاده‌شده از منبع کودی سوپر فسفات تریپل تهیه شد. قبل از اجرای طرح، برای تعیین میزان فسفر خاک نمونه‌برداری خاک انجام شد، بدین صورت که خاک مزرعه از عمق ۳۰ــ۰ سانتی‌متری برداشت شد و پس از خشک‌کردن و الک‌کردن، مقدار فسفر خاک به روش اولسن (استفاده از بیکربنات سدیم ۰/۵ نرمال با pH= ۸/۵) تعیین شد [۱۵]. به‌طوری که مقدار فسفر خاک در این عمق ppm۱۵/۳ بود. در پاییز نسبت به شخم زمین اقدام شد و پس از دیسک‌زدن، کرت‌بندی انجام و تیمارهای کودی به خاک اضافه شد. ابعاد هر کرت آزمایشی ٤×۲ مترمربع بود و در هر کرت آزمایشی ۹ خط کاشت وجود داشت. فاصلهٔ بین خطوط کاشت ۲۵ سانتی‌متر و فاصلهٔ بین تیمارها ۵۰ سانتی‌متر و فاصلهٔ بین بلوک‌ها ۲ متر بود. کاشت در نیمهٔ اول آبان اجرا شد. لاین امیدبخش N_{8119} گندم (دارای ارتفاع متوسط، میان رس، مقاوم به زنگ زرد و سفیدک، با طول خوشه و وزن هزار دانه و عملکرد بالا) به میزان ۵۰۰ بذر در مترمربع کاشت شد. مقدار ۲ گرم کود زیستی فسفات در این آزمایش استفاده شد و روش مصرف آن هم به این صورت بود که بلافاصله قبل از کاشت، ۲ گرم فسفات بارور-۲ در ۳۰۰ سانتی‌متر مکعب آب حل و روی بذر مورد نظر اسپری شد و سپس، بذرها به‌خوبی هم زده و کاملا با محلول فوق آغشته شدند و پس از آن کاشت انجام شد.

کود اوره به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت سرک در سه نوبت (۱/۳ در هنگام کاشت،۱/۳در انتهای مرحله پنجه‌زنی و ۱/۳هنگام تشکیل سنبله) به خاک اضافه شد. در طول مرحلهٔ داشت مبارزه با علف‌های هرز به‌طور دستی انجام شد. محاسبهٔ وزن خشک نیز طی دوران رویشی گیاه انجام شد که طی آن از سطح یک مترمربع تمام اندام هوایی گیاه قطع و پس از محاسبهٔ وزن تر برای تعیین وزن خشک از هر کرت آزمایشی، نمونه‌های ۱۰۰ گرمی تهیه و در پاکت کاغذی به آزمایشگاه منتقل شد و در آون در دمای ۷۵ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ٤۸ ساعت خشک و سپس، وزن خشک آن‌ها محاسبه شد.

برای اندازه‌گیری خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک

گندم، ۸ بوته در هر کرت آزمایشی به‌طور تصادفی انتخاب شدند و صفاتی از قبیل وزن تر و خشک اندام‌های هوایی، تعداد دانه در سنبله، ارتفاع، طول سنبله و وزن هزار دانه و تعداد پنجه بارور در هر بوته اندازه‌گیری شد. برای محاسبهٔ عملکرد دانه، از سطح ۲ مترمربع در داخل هر کرت برداشت شد و عملکرد بر حسب گرم در مترمربع و شاخص برداشت بر حسب درصد محاسبه شد. تجزیهٔ داده‌های حاصله با استفاده از برنامهٔ نرم‌افزاری MSTAT-C به‌صورت تجزیهٔ مرکب داده‌ها انجام شد و برای مقایسهٔ میانگین‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطوح ۵ درصد و ۱درصد استفاده شد.

۳. نتایج و بحث

اثر سال بر عملکرد دانهٔ گندم در سطح ۱درصد معنی‌دار شد (جدول ۱) و بیشترین عملکرد گندم در سال دوم بود. بارندگی بیشتر طی سال دوم به‌خصوص وجود رطوبت بیشتر در خاک در زمان کاشت و در اوایل رشد گیاه طی سال دوم را می‌توان دلیل این امر دانست؛ زیرا این شرایط سبب افزایش نسبی حلالیت و کاهش رسوب عنصر فسفر شد [۲۱] و در نتیجه سبب تولید گیاهچه‌های سالم و قوی شد که در نهایت، عملکرد را افزایش داد که با نتایج محققان دیگر مطابقت دارد [٦، ۹].

کاربرد کود زیستی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد گندم داشت (جدول ۲) به‌طوری که استفاده از کود زیستی نسبت به عدم استفاده از آن سبب افزایش ۳/۵ درصدی عملکرد شد که علت آن تأثیر مثبت کود زیستی در جذب مواد غذایی از خاک توسط گیاه است [۵]. با مصرف کود زیستی تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در مترمربع افزایش، اما وزن هزاردانه کاهش یافت. افزایش تعداد دانه در هر بوته سبب کاهش سهم هر دانه برای دریافت مواد فتوسنتزی شده و در نتیجه وزن هر دانه و متعاقب آن وزن هزاردانه کاهش یافته است [١٤].

جدول ۱. اثر سال بر تعداد پنجه بارور در هر بوته، وزن خشک اندام‌های هوایی (گرم در مترمربع)، تعداد سنبله در هر مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه (گرم) و عملکرد دانه (گرم در مترمربع).

سال	تعداد پنجه بارور در هر بوته	وزن خشک اندام‌های هوایی(گرم در مترمربع)	تعداد سنبله در هر مترمربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزاردانه (گرم)	عملکرد (گرم در مترمربع)
۱۳۸۷	٦/۳۱ b	٦٥۱/۱۱ b	۳۰۰/۰۱b	۲۸/۱۲ b	٤۷/۹٥ b	٤۱٤/٥٤ b
۱۳۸۸	۷/۰۷ a	٦۷۲/٥۲ a	۳۱۱/۲۲ a	۲۹/۲۳ a	٥۱/۲۰ a	٤۳۳/۹۱ a

میانگین تیمارهای هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترکند، اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد ندارند.

جدول۲. مقایسهٔ میانگین اثر سادهٔ کود زیستی بر ارتفاع (سانتی‌متر)، تعداد پنجه بارور در هر بوته، عملکرد بیولوژیکی (گرم در مترمربع)، تعداد سنبله در هر مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه (گرم) و عملکرد دانه (گرم در مترمربع) در گندم.

کود زیستی	ارتفاع (سانتی‌متر)	تعداد پنجه بارور در هر بوته	وزن خشک اندام‌ها هوایی (گرم در مترمربع)	تعداد سنبله در مترمربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزاردانه (گرم)	عملکرد (گرم در مترمربع)	شاخص برداشت (درصد)
مصرف کود	۹۷/۸۸a	٦/۳۷a	٦٥۱/۰٤a	۳۰۷/۷۳a	۲۸/۳۸ a	٤۷/۷٤ b	٤۲۱/٥۱ a	۳۹/۳a
بدون مصرف کود	۹۷/۲۷ a	٦/۱٦b	٦٥۰/۰۸ab	۲۹۹/۸۲b	۲۷/۳۲ b	٥۰/۰ a	٤۰٦/۹٦ b	۳۸/٥b

میانگین تیمارهای هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترکند، اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد ندارند.

اثر متقابل کـود زیـستی و کـود فـسفره نیـز در سـطح ۱درصد بر عملکرد گندم معنی‌دار بود (جدول ۳). این نکته را می‌توان به تبدیل فرم غیرقابل دسترس فسفر بـه‌صـورت قابل دسترس گیاه، توسط میکروارگانیسم‌های خاک نـسبت داد. گیاه جوان گندم گستردگی ریـشهٔ کمـی بـرای جـذب فسفر دارد و در نتیجه وجود فسفر قابـل جـذب در ناحیـهٔ ریشه کمک زیادی به رشد اولیه در گندم می‌کند کـه خـود سبب افزایش شاخه، برگ و عملکرد دانـهٔ گنـدم مـی‌شـود [۲۳]. محققان دیگر به‌طور مشابه افزایش معنـی‌داری را در رشد و عملکرد گندم بـه‌واسـطهٔ اسـتفاده از ریـزوبـاکترهـا مـشاهده کردنـد [۲٤]. از نظـر میـزان عملکـرد اخـتلاف معنی‌دار بین دو تیمار ٦۰ کیلوگرم در هکتـار کـود فـسفره همراه با استفاده از کود زیـستی و ۹۰ کیلـوگـرم در هکتـار کود فسفره با استفاده از کـود زیـستی مـشاهده نـشد. ایـن نتیجه نشان می‌دهد که اسـتفاده از کـود زیـستی مـی‌توانـد به‌طور چشمگیری مصرف کود فسفره را کاهش دهد کـه از نظر کاهش آلودگی خاک و آب‌هـای زیـرزمینـی و کـاهش هزینهٔ اقتصادی قابل توجه اسـت. محققـان دیگـر افـزایش ۱۹/۸ درصـدی عملکـرد دانـهٔ ذرت را بـر اثـر اسـتفاده از کـودهـای زیـستی مـشاهده کردنـد [۲۱]. آن‌هـا ترشـح هورمون‌های تحریک‌کنندهٔ رشـد ماننـد اکـسین و جیبـرلین توسط باکتری‌های موجود در کودهای زیستی را دلیل ایـن امر گزارش کرده‌اند.

وزن خـشک گنـدم تحـت تـأثیر سـال قـرار گرفـت و بیـشترین وزن خـشک گنـدم در سـال دوم بـه‌دسـت آمـد (جدول ۱) که با توجـه بـه بارنـدگی بیـشتر در سـال دوم نشان‌دهندهٔ استفادهٔ گیاه از شـرایط مناسـب ایجـادشـده در خاک از نظر رطوبت است.

جدول ۳. مقایسهٔ میانگین تأثیرات متقابل کود بیولوژیک و کود فسفره بر ارتفاع (سانتی‌متر)، تعداد پنجه بارور در هر بوته، وزن خشک اندام‌های هوایی (گرم در مترمربع)، طول سنبله (سانتی‌متر) تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه (گرم در مترمربع)، وزن هزاردانه (گرم)، شاخص برداشت (درصد) در گندم.

تیمار	ارتفاع (سانتی‌متر)	تعداد پنجه بارور در هر بوته	وزن خشک اندام های هوایی (گرم در مترمربع)	طول سنبله (سانتی‌متر)	تعداد دانه در سنبله	عملکرد (گرم در مترمربع)	وزن هزاردانه (گرم)	شاخص برداشت (درصد)
a_1b_1	۸۷/۳۳ cd	٦/۱۳ d	٦٥۸/۹٥ d	۹/۳۸ d	۲٥/۲٤ d	۳٤٥/۳٥ f	٤۹/٤٦ b	۳٤/٤ d e
a_1b_2	۱۰٤/٦٥ a	۷/۲٦ a	۷۹٥/۰٤ b	۱۱/۹٥ a	۳۰/۹۰ ab	٥۲۸/٤۰ a b	٤٦/۹۲ d	۳۹/۸ a b
a_1b_3	۱۰۱/۷ ab	٦/۸۳ b	۸۰۲/٤۲ a	۱۱/۷۱ a	۳۱/۷۹ a	٥۳٤/۹٥ a	٤۸/۰٦ cd	٤۰/۰ a
a_2b_1	۸٤/٦۲ d	٤/۸۱ e	٦۸۷/۰۳ e	۸/۰٥ e	۲۲/۷٤ d	۲۸۱/۹۸ e	٥۰/٥۱ a	۲۹/۱ f
a_2b_2	۹۱/٦٥ c	٦/۰٦ d	۷۱۱/۷۸ c	۱۰/۱۰ d	۲٦/٤۷ c	۳۸۱/٥۸ d	٤۸/۸٥ c	۳٤/۹ d
a_2b_3	۹۷/٥٥ b	٦/٥۲ c	۷٤۰/۹۸ c	۱۰/۸۷ c	۲۹/۹٦ b	٤٥۷/۹٦ c	٤۸/٤۲ cd	۳۸/۲ c

میانگین تیمارهای هر ستون که دارای حرف مشترکند، از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیستند.

a_1 و a_2 به ترتیب مصرف کود بیولوژیک و عدم مصرف کود بیولوژیک.

b_1، b_2 و b_3 به ترتیب صفر، ٦۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره.

وزن خشک گیاه تحت تأثیر مصرف کود زیستی و کودهای فسفره و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفت (جدول ۳)، به‌طوری که بیشترین وزن خشک گندم در تیمار ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره همراه با استفاده ازکود زیستی به‌دست آمد. با توجه به این نکته که استفاده از کود زیستی به انحلال فسفر خاک کمک کرده است و میزان فسفر در دسترس را در خاک افزایش می‌دهد [۱۹] و دسترسی بیشتر گیاه به فسفر سبب رشد بهتر ریشه و به دنبال آن رشد بیشتر اندام‌های هوایی گیاه می‌شود [۶، ۲۱]، نتایج نشان داد که کارایی کود زیستی به میزان فسفر موجود در خاک و به عبارتی میزان کود فسفرهٔ مصرفی بستگی دارد و حداکثر عملکرد کود زیستی تا میزان مشخصی از فسفر اتفاق می‌افتد و با افزایش میزان فسفر از حد مطلوب آن، از کارایی کودهای زیستی کاسته می‌شود که باید بررسی‌های بیشتری در این مورد صورت گیرد [۱۹].

اثر متقابل کود زیستی و کود فسفره بر وزن خشک اندام‌های هوایی گندم معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین وزن خشک گندم در تیمار ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره همراه با کود زیستی به‌دست آمد. در تحقیقی نیز افزایش رشد رویشی و عملکرد گوجه‌فرنگی بر اثر تلقیح بذر با باکتری‌های افزایندهٔ رشد گزارش شده است. این گروه از باکتری‌ها علاوه بر افزایش فراهمی عناصر معدنی خاک، از طریق تثبیت زیستی نیتروژن و محلول‌کردن فسفر خاک، مهار عوامل بیماریزا و تولید مواد تنظیم‌کنندهٔ رشد گیاه، عملکرد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهند [۱۶، ۱۹].

بیشترین تعداد دانه در سنبله در سال دوم به‌دست آمد که نسبت به سال اول ۳/۸ درصد افزایش داشت (جدول ۱). با مصرف کود زیستی تعداد دانه در سنبله به میزان ۳/۷ درصد افزایش یافت (جدول ۲) که احتمالا به دلیل آزادشدن بهتر فسفر در خاک و مصرف بیشتر فسفر توسط گیاه است؛ زیرا فسفر از عوامل مؤثر بر بهبود خصوصیات زایشی گیاه بوده است و سبب افزایش تعداد گل و دانه و میوه در گیاه می‌شود [۱۰، ۷]. از آنجایی که تعداد سنبله در مترمربع و تعداد دانه در سنبله از عوامل مؤثر بر عملکرد گیاه است [۴] بنابراین، مصرف کود زیستی با افزایش این دو صفت سبب افزایش عملکرد گیاه شد.

اثر متقابل کود زیستی و کود فسفره بر تعداد دانه در سنبله معنی‌دار شد و در تیمارهایی که کود زیستی مصرف شد، با مصرف ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره بیشترین تعداد دانه در سنبله به‌دست آمد که به دلیل تأثیر مثبت کود زیستی در جذب مواد غذایی و فراهمی فسفر و نیتروژن درگیاه است [۱۸].

ارتفاع گیاه تحت تأثیر اثر سال و مصرف کود زیستی قرار نگرفت (جدول ۲)، اما اثر متقابل کود زیستی و کود فسفره بر ارتفاع گندم معنی‌دار بود (جدول ۳) و بیشترین ارتفاع گندم با استفاده از کود زیستی و مصرف ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره به‌دست آمد. محققان اعلام کردند که کاربرد باکتری‌های محرک رشد ضمن کاهش میزان مصرف و افزایش کارایی کودهای شیمیایی سبب افزایش رشد گیاهان می‌شود [۱۲].

تعداد پنجهٔ بارور در بوته تحت تأثیر اثر سال (جدول ۱)، کود زیستی (جدول ۲) و کود فسفره و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفت (جدول ۳)، به‌طوری که بیشترین تعداد پنجه بارور در سال دوم و با مصرف ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره همراه با مصرف کود زیستی به‌دست آمد. علت این امر را می‌توان به توسعهٔ ریشه و استفاده بهتر از مواد غذایی مخصوصا فسفر و رطوبت موجود در اعماق پایین خاک نسبت داد که در نتیجه سبب افزایش پنجه‌های بارور شد [۲۱]، زیرا ریزسازواره‌های حل‌کنندهٔ فسفات با رهاکردن تدریجی یون فسفات، کارایی آن‌ها را بالا می‌برند. این ریزسازواره با استقرار در منطقهٔ ریزوسفر، از ترشحات

ریشه استفاده می‌کنند و با تغییر pH و یا ترشح آنزیم‌ها، شرایط را برای تبدیل فسفر نامحلول به شکل قابل استفاده گیاه فراهم می‌سازند [۱۰].

طول دانه و طول سنبله نیز تحت تأثیر اثر سال، کود زیستی و مقادیر مختلف کود فسفره قرار گرفتند. اثر متقابل کود زیستی و کود فسفره بر طول دانه و طول سنبله معنی‌دار شد و با مصرف کود زیستی و ٦٠ کیلوگرم در هکتار کود فسفره بیشترین طول دانه و طول سنبله مشاهده شد. شاخص برداشت تحت تأثیر اثر سال قرار نگرفت؛ اما با مصرف کود زیستی شاخص برداشت ۱/۸ درصد نسبت به عدم مصرف کود زیستی افزایش یافت، علت آن رشد زایشی بیشتر و افزایش عملکرد در این تیمار است. کودهای زیستی متشکل از ریزسازواره‌ها و همچنین، قارچ‌های مفیدی هستند که با ترشح آنزیم‌های فسفاتاز سبب تجزیهٔ ترکیبات فسفاته آلی و حتی معدنی می‌شوند و با توجه به این نکته که از نظر زراعی، فسفر نقشی اساسی در توسعهٔ ریشه، رشد رویشی، گلدهی، میوه‌دهی، رسیدن محصول و افزایش کیفیت گیاه دارد [۱۹]، بنابراین، استفاده از کودهای زیستی فسفاته سبب توسعهٔ بیشتر ریشه، استفادهٔ بهتر گیاه از آب و مواد غذایی خاک، افزایش عملکرد و در نتیجه افزایش شاخص برداشت شده است که با نظر محققان مطابقت دارد [۲۰]. اثر متقابل کود زیستی و کود فسفره بر شاخص برداشت در سطح ۱درصد معنی‌دار بود و هنگامی که از کود زیستی استفاده شد، تفاوت معنی‌داری از نظر درصد شاخص برداشت بین دو تیمار ٦٠ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات مشاهده نشد.

اثر سال بر تعداد پنجه بارور، وزن خشک اندام‌های هوایی (گرم در مترمربع)، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، وزن هزاردانه و عملکرد معنی‌دار بود و بیشترین مقدار صفت‌های فوق در سال دوم به‌دست آمد (جدول ۱). بارندگی بیشتر طی سال دوم به‌خصوص وجود رطوبت بیشتر در خاک در زمان کاشت و در اوایل رشد گیاه طی سال دوم را می‌توان دلیل این امر دانست.

طبق نتایج به‌دست‌آمده اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای ۹۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره و ٦٠ کیلوگرم در هکتار کود فسفره به همراه کود زیستی بر تعداد دانه در سنبله، طول سنبله، وزن هزاردانه، شاخص برداشت و عملکرد مشاهده نشد (جدول ۳) با توجه به یکسان‌بودن اثر تیمارهای فوق بر صفات ذکرشده نتایج نشان‌دهندهٔ نقش مثبت باکترهای حل‌کننده فسفر بر افزایش کارایی کودهای فسفره در گندم است. در نتیجه به جای ۹۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره که به‌طور عرف در مازندران در مزرعه گندم به کار می‌رود، می‌توان از ٦٠ کیلوگرم در هکتار کود فسفره همراه با کود زیستی برای تولید حداکثر عملکرد و کاهش آلودگی محیط زیست استفاده کرد که حرکتی در راستای کشاورزی پایدار است.

تشکر و قدردانی

در پایان، از مسئولان محترم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری برای تأمین اعتبار این طرح تشکر می‌شود.

منابع

۱. آستارایی، ع؛ کوچکی، ع؛ (۱۳۷۵). *کاربرد کودهای بیولوژیکی در کشاورزی پایدار (ترجمه)*. جهاد دانشگاهی دانشگاه مشهد۳٦۸ صفحه.

۲. ایران‌نژاد، ح؛ شهبازیان، ن؛ (۱۳۸٤). *زراعت غلات*. انتشارات کارنو، ۲۷۱ صفحه.

۳. بای بوردی، م؛ ملکوتی، ه، م؛ (۱۳۷۹). *تولید و مصرف بهینهٔ کود شیمیایی در راستای اهداف کشاورزی پایدار*. نشر آموزش کشاورزی.

٤. سرمدنیا، غ؛ کوچکی، آ؛ (١٣٧٥). *فیزیولوژی گیاهی*. جهاد دانشگاهی مشهد، چاپ ششم، ٤٦٧ صفحه.

٥. صالح راستین، ن؛ (١٣٧٧). «مدیریت پایدار از دیدگاه بیولوژیکی خاک». مجموعه مقالات ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور، مؤسسهٔ تحقیقات آب و خاک، ص.٤٦٠.

٦. ملکوتی، م، ج؛ نفیسی، م؛ (١٣٧٣). *مصرف کود در اراضی دیم و فاریاب*. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران٣٤٢ صفحه.

7. Cooke GW (2005) the value of fertilizer placement. J. Royal Agric. Society, England. 118:37-49.

8. Deibert E (1994) Fertilizer application with small grain seed at planting. North Dakota State University. Extension Service. USA.

9. Dwivedi BS, Singh VK and Dwivedi V(2004) Application of phosphate rock, with or without *Aspergillus awamori* inoculation, to meet phosphorus demands of rice–wheat systems in the Indo–Gangetic plains of India. Australina Journal of Experimental Agriculture. 44: 1041–50

10. El- Kholy MA, Ashly SE and Gomaa AM (2005) Biofertilizer of maize crop and its impact on yield and grain nutrient under low rates of mineral fertilizers. Journal of Applied Science Research. 2:117-121.

11. Feiziasl V, Jafarzadeh J, Pala M and Mosavi S (2009) Determination of micronutrient critical Levels by plant response column order procedure for dry land wheat (*T. aestivum*. L.) in Northwest of Iran. International Journal of Soil Science. 4(1): 14-19.

12. Fitter AH (1988) Water relations of red clover (*Trifolium pretense* L.) as effected by VA mycorrhizal colonization of phosphorus supply before and during drought. Journal of Experimental Botany. 39:595-603.

13. Heyne EJ (2003) Wheat and wheat improvement. American Society of Agronomy, Inc. Publisher. pp 521.

14. Mulay AJ and Deshmuh SV (1999) Effect of Placement of fertilizer on yield of rainfed wheat. Research Journal. 13:21-23.

15. Olsen SR, Cole CV, Watanabe FS, and Dean LA (1954) Estimation of available phosphorus in soils byextraction with sodium bicarbonate. USDA, Cire. 939, U. S. Gover. Prin. Office, Washington DC.

16. Roberts TL (2008) Improving nutrient use efficiency. Turk. J. Agric. 32:177-182.

17. Rodriguez H and Fraga R (2009) Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. Biotechnology Advances. 17:319-339.

18. Saad OAO and Hammad AMM (1998) Fertilizing wheat plants with rock phosphate combined with phosphate dissolving bacteria and mycorrhizae as alternate for ca–superphosphate. Annual Agricultural Science Cairo. 43: 445–60.

19. Sanhita-gupta D, Dilp K and Srivasta K (2004) Growth promotion of tomato plants by rizobacteria and imposition of energy stress on *Rhizoctonia solani.* Soil Biology Biochemistry. 27: 1051-1058.

20. Sharma AK (2003) Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India. pp 261-265.

21. Trolore SN, Hedley MJ, Kirk N, Bolan S and Loganathan P (2003) Changes in phosphorous fractions, pH, and phosphates activity in rhizosphere of two rice genotypes. Australian Journal of Soil Research. 41: 471-499.

22. vessy JK (2003) Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. Plant and Soil. 255:571-586.

23. Zahir AZ, Arched M and Khalid a (2006) Improving maize yield by inoculation with plant growth promoting rhizobacteria. Pakistanian Journal of Soil Science. 15:7-11.

24. Zahir AZ, Arshad M and Frankenberger WF (2004) Plant growth promoting rhizobacteria applications and perspectives in agriculture. Advanced Agronomy. 81:97-168.