



اثر نیتروژن و سیلیسیم به همراه کودهای بیولوژیک بر بیماری سفیدک سطحی، صفات فیزیولوژیکی و عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.)

سیده حدیثه بهاری ساروی^۱، * همت‌اله پیردشتی^۲ و یاسر یعقوبیان^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری،

^۲ دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری،

^۳ دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین (خوزستان)

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۰/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۳/۴

چکیده

به منظور بررسی اثر نیتروژن و سیلیسیم به همراه کودهای بیولوژیک بر بیماری سفیدک سطحی، صفات فیزیولوژیکی و عملکرد گندم رقم N8019 آزمایشی در سال ۱۳۸۸ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در گلخانه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی شامل کودهای زیستی در ۴ سطح (کاربرد نداشتن کود زیستی، کود فسفات بارور ۲ (شامل سودوموناس و باسیلوس)، کود نیتروکسین (شامل ازتوباکتر و آزوسپیریلوم) و کود سوپرنیتروپلاس (شامل آزوسپیریلوم، سودوموناس و باسیلوس)، کود نیتروژن (از منبع اوره) در ۳ سطح (بدون مصرف نیتروژن، ۳۵ و ۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) و سیلیکات پتاسیم در ۳ سطح (بدون مصرف، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سیلیکات پتاسیم) بود. نتایج نشان داد کودهای زیستی بر صفات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه گندم نسبت به شاهد برتری داشته و معنی‌دار بود. به طوری که بهترین تیمار کود زیستی از نظر صفت عملکرد دانه و سطح برگ مربوط به کاربرد کود نیتروکسین بوده و به ترتیب باعث افزایش ۳۲/۳ درصدی و ۲۷/۴ درصدی آن‌ها شد. همچنین بیش‌ترین مقدار کلروفیل a و کلروفیل b در کاربرد فسفات بارور ۲ به همراه کود نیتروژن (به ترتیب ۷۰ و ۳۵ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد. محلول پاشی سیلیکات پتاسیم (۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بر میزان آلودگی بوته‌ها و درصد بوته‌های آلوده به سفیدک سطحی تأثیرگذار بوده و میزان آلودگی‌ها را نسبت به تیمار شاهد به طور معنی‌داری کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: سفیدک سطحی، سیلیسیم، کودهای زیستی، گندم

* مسئول مکاتبه: h.pirdashti@sanru.ac.ir

مقدمه

غلات دانه‌ای نقش ویژه و مهمی در الگوی مصرف هر کشور دارند و یکی از مهم‌ترین تولیدات غذایی برای انسان به حساب می‌آیند. در این میان گندم (*Triticum aestivum* L.) مهم‌ترین غله دانه‌ای و همچنین مهم‌ترین گیاه زراعی به‌شمار می‌آید (زید و همکاران، ۲۰۰۷). این گیاه در ایران نیز یک محصول بسیار مهم غذایی است که در سطح وسیعی کشت می‌شود (امام، ۲۰۰۷). با توجه به محدودیت افزایش سطح زیر کشت گندم برای افزایش تولید، ضرورت افزایش عملکرد آن در واحد سطح اجتناب‌ناپذیر می‌نماید. در این راستا نقش عناصر غذایی در افزایش عملکرد در واحد سطح مهم می‌باشد به‌نحوی که کاهش عملکرد محصولات زراعی از جمله گندم در بسیاری از نقاط دنیا در درجه اول مربوط به کمبود عناصر غذایی است، بنابراین باید توجه ویژه‌ای به تغذیه مناسب این گیاه برای افزایش کمی و کیفی و در نتیجه درآمد کشاورزان گردد (ملکوئی و نفیسی، ۱۹۹۴).

نیترژن به‌عنوان یکی از عناصر پرمصرف و ضروری در تغذیه گیاهان، چهارمین عنصر اصلی تشکیل‌دهنده وزن خشک گیاه و یکی از اجزای تشکیل‌دهنده بسیاری از مولکول‌های مهم مانند پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک، برخی هورمون‌ها، کلروفیل و انواع دیگری از مواد سازنده اولیه و ثانویه گیاهان است (نصیری‌محلاتی و کوچکی، ۲۰۰۷؛ هاپکینز و هونر، ۲۰۰۴؛ خاوازی و همکاران، ۲۰۰۱؛ غلامی و کوچکی، ۲۰۰۱). بنابراین به‌منظور حفظ محیط زیست و رسیدن به کشاورزی پایدار و در کنار آن جبران کمبود عناصر غذایی و رفع نیاز غذایی گیاهان برای افزایش عملکرد، استفاده از کودهای بیولوژیکی از مؤثرترین شیوه‌ها می‌باشد (چر و همکاران، ۲۰۰۶). کودهای بیولوژیکی شامل ریزجانداران باکتریایی و قارچی مفید و مواد به‌دست آمده از فعالیت آن‌ها هستند که باکتری‌های افزاینده رشد گیاه (PGPR) از مهم‌ترین این کودها به‌شمار می‌روند (صالح‌راستین، ۲۰۰۱). باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه جزء باکتری‌های همیار یا آزادزی در خاک هستند که بیش‌تر در نزدیکی یا حتی در داخل ریشه گیاهان یافت می‌شوند (وان‌لون، ۲۰۰۷). بررسی‌ها نشان می‌دهد که باکتری‌های محرک رشد به‌عنوان تحریک‌کننده رشد گیاهی، غیر از تثبیت نیترژن مولکولی سبب تولید هورمون‌هایی مانند اکسین و جیبرلین شده که موجب افزایش تولید تارهای کشته ریشه می‌گردد و جذب عناصر غذایی از خاک و رشد گیاه را بهبود می‌بخشد (شارما، ۲۰۰۳؛ ظهیر و همکاران، ۲۰۰۴). این باکتری‌ها به‌دلیل توانایی در برقراری ارتباط با گیاهان مهم زراعی مانند گندم، برنج، ذرت و سورگوم توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند و پژوهش‌های بسیاری در مورد تأثیر این باکتری‌ها بر

رشد گیاهان صورت گرفته است (سریج و همکاران، ۱۹۹۲؛ میثرا و همکاران، ۱۹۹۸؛ زید و همکاران، ۲۰۰۳؛ روسی و همکاران، ۲۰۰۶).

بیماری‌های گیاهی یکی دیگر از مواردی است که باعث کاهش عملکرد گیاهان و از جمله گندم می‌شوند. از بیماری‌های مهم گندم به‌خصوص در مناطق مرطوب سفیدک سطحی است که عامل آن، قارچ *tritici Blumeria graminis f. sp* با فرم غیرجنسی *Oidium monilioides* است. سفیدک سطحی در حالت اپیدمی، همه قسمت‌های هوایی گیاه را به‌وسیله پودر سفیدرنگی که شامل کنیدی و کنیدی‌برهای عامل بیماری است می‌پوشاند که در نتیجه اثر منفی روی فعالیت‌های فتوسنتزی گیاه دارد و باعث کاهش عملکرد و زیان اقتصادی می‌گردد (شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۲۰۱۰). به‌طور معمول مدیریت بیماری سفیدک سطحی گندم با استفاده از ارقام مقاوم، تناوب زراعی، کشت تأخیری و کنترل شیمیایی صورت می‌گیرد. اگرچه کنترل شیمیایی مؤثرترین روش مبارزه با این بیماری می‌باشد ولی کاربرد آن در سطح وسیع اقتصادی نبوده و اثرات نامطلوبی بر محیط زیست دارد. از این‌رو لازم است تا از منابع دیگری برای کنترل این بیماری استفاده گردد.

در میان عناصر غذایی سیلیسیم (Si) به‌عنوان یک عنصر ضروری در تغذیه گیاهان مورد توجه قرار نگرفته است اما بسیاری از اثرات مفید آن شامل کاهش سمیت فلزات سنگین مانند کاهش آلومینیوم در گیاه، تأثیر مثبت بر فتوسنتز، مقاومت به آفات و بیماری‌ها، خوابیدگی در غلات و کاهش اختلالات فیزیولوژیکی را دارد (خلدیرین و اسلام‌زاده، ۲۰۰۱؛ رحیمی و کافی، ۲۰۱۰؛ رومرو-آراندا و همکاران، ۲۰۰۶؛ پیوست و همکاران، ۲۰۰۹). همچنین سیلیسیم ضخامت، سفتی و ایستادگی برگ‌های گیاه را افزایش می‌دهد که باعث افزایش نفوذ نور به کانوپی و در نتیجه عملکرد گیاه می‌گردد. با توجه به افزایش روزافزون کودها و سموم شیمیایی در کشاورزی توجه بیش‌تر به استفاده از کودهای زیستی و مواد غیرشیمیایی ضروری مدنظر است. بنابراین این آزمایش با هدف بررسی امکان استفاده از باکتری‌های محرک رشد به‌عنوان جایگزینی برای کودهای شیمیایی و برای کنترل بیماری سفیدک سطحی در گندم اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در شرایط گلخانه‌ای در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۴ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۴ متر از سطح دریا اجرا شد. قبل از شروع آزمایش به‌منظور تعیین خصوصیات خاک، نمونه‌برداری خاک از

عمق ۳۰-۰ سانتی متری انجام گرفت. برای اندازه‌گیری فسفر قابل جذب خاک از روش اولسن، نیتروژن کل از دستگاه کج‌دال، پتاسیم از روش استات آمونیوم ۱ مولار و با دستگاه فلم فتومتر و برای تعیین بافت خاک از روش هیدرومتری استفاده شد و به‌منظور اندازه‌گیری هدایت الکتریکی از عصاره اشباع و برای تعیین ماده آلی خاک از روش والکی و بلاک استفاده شد (کالرا، ۱۹۹۸). خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام گردید. فاکتورهای آزمایشی شامل تلقیح بذر با کودهای بیولوژیک (جدول ۲) در ۴ سطح (کاربرد نداشتن کود بیولوژیک، کود فسفات بارور ۲ (شامل سودوموناس و باسیلوس)، کود نیتروکسین (شامل ازتوباکتر و آزوسپیریوم) و کود سوپرنیتروپلاس (شامل آزوسپیریوم، سودوموناس و باسیلوس)، کود نیتروژن (از منبع اوره) در ۳ سطح (بدون مصرف نیتروژن، ۳۵ و ۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) و سیلیکات پتاسیم در ۳ سطح به‌صورت محلول پاشی برگی (بدون مصرف، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود. در این آزمایش از رقم N8019 استفاده شد که این رقم در برابر خشکی نیمه‌متحمل و در برابر آب‌گرفتگی حساس بوده و مناسب‌ترین منطقه برای کاشت آن مناطق دشت می‌باشد (شیخ و همکاران، ۲۰۰۸). تلقیح بذور گندم به‌وسیله کودهای بیولوژیک قبل از کشت براساس دستورالعمل شرکت‌های سازنده (سوپرنیتروپلاس: محلول ۱۰ درصد و نیتروکسین: محلول ۲۰ درصد و به‌صورت بذرمال) صورت گرفت که برخی از مشخصات آن‌ها در جدول ۲ آمده است.

کاشت بذور به تعداد ۱۰ بذر در گلدان‌هایی به ابعاد ۲۸×۳۰ سانتی‌متر انجام شد و آبیاری گلدان‌ها با توجه به وضعیت رطوبتی خاک در زمان‌های مورد نیاز صورت گرفت، به‌طوری‌که میزان رطوبت خاک در محدوده ظرفیت زراعی نگه داشته شد. محلول پاشی برگی سیلیکات پتاسیم در مرحله ۶ برگی استفاده شد. برای تعیین درصد آلودگی به بیماری، تعداد بوته‌های آلوده در هر گلدان شمارش گردید. برای تعیین شدت بیماری همه بوته‌های گلدان‌ها بررسی و براساس تیپ آلودگی (۰: بدون آلودگی، ۱: لکه روی گیاه بدون اسپور، ۲: لکه با اسپور کم، ۳: لکه با اسپور قابل مشاهده، ۴: لکه با اسپور زیاد و ۵: اسپور فراوان) نمره‌دهی گردید (حیدری و همکاران، ۲۰۰۵). به‌منظور اندازه‌گیری میزان کلروفیل a و b نمونه برگی از برگ پرچم و در مرحله گل‌دهی برداشت شد. میزان کلروفیل a و b براساس روش استخراج با متانول و اندازه‌گیری طیف نور جذبی محلول به‌دست آمده با دستگاه اسپکتروفتومتر (6405. UV/Vis-Jenway-England) در دو طول موج ۶۵۲ و ۶۶۵/۲ خوانده شد و نتایج به‌دست آمده با استفاده از رابطه‌های ۱، ۲ و ۳ محاسبه گردید.

سیده‌حدیثه بهاری ساروی و همکاران

$$a \text{ کلروفیل} = ۱۶/۲۹E^{۶۶۵/۲} - ۸/۵۴E^{۶۵۲} \quad (۱)$$

$$b \text{ کلروفیل} = ۳۰/۶۶E^{۶۵۲} - ۱۳/۵۸E^{۶۶۵/۲} \quad (۲)$$

$$a+b \text{ کلروفیل} = ۲۲/۱۲E^{۶۵۲} + ۲/۷۱E^{۶۶۵/۲} \quad (۳)$$

که در این رابطه‌ها، حرف E عدد قرائت شده در دستگاه اسپکتروفتومتر می‌باشد. پس از رسیدگی فیزیولوژیک بوته‌های گلدان‌ها برداشت و صفات مورفولوژیک و عملکرد دانه اندازه‌گیری شد.

داده‌های مربوط به بیماری سفیدک ابتدا با استفاده از روش رادیکالی تبدیل و نرمال گردید. سپس تجزیه آماری داده‌ها با نرم‌افزار آماری SAS (SAS Institute, ۱۹۹۷) و مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

جدول ۱- نتایج تجزیه نمونه خاک اولیه قبل از اجرای آزمایش.

هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	pH	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم	کربن آلی	نیترژن	شن درصد	رس	سیلت	بافت خاک
									رسی-سیلتی
۱/۳۶	۷/۰۸	۱۶/۸۸	۳۸۰	۲/۳۲	۰/۴۱	۱۷	۲۸/۸	۵۴/۲	رسی-سیلتی

جدول ۲- برخی مشخصات کودهای زیستی مورد استفاده.

کود زیستی	ماده مؤثره	علائم اختصاری	جمعیت تقریبی	شرکت سازنده
نیتروکسین	ازتوباکتر کروکوکوم و آزوسپیریوم برازیلنس	Azt+Azp	۱۰ ^۸ در هر میلی‌لیتر	فناوری زیستی مهر آسیا
فسفات بارور ۲	سودوموناس پوتیدا و باسیلوس لنتوس، آزوسپیریوم،	Psu+BAC	۱۰ ^۸ در هر میلی‌گرم	زیست فناور سبز
سوپر‌نیتروپلاس	سودوموناس فلورسنس و باسیلوس سابتیلیس	Azp+Psu+BAC	۱۰ ^۸ در هر میلی‌لیتر	فناوری زیستی مهر آسیا

نتایج و بحث

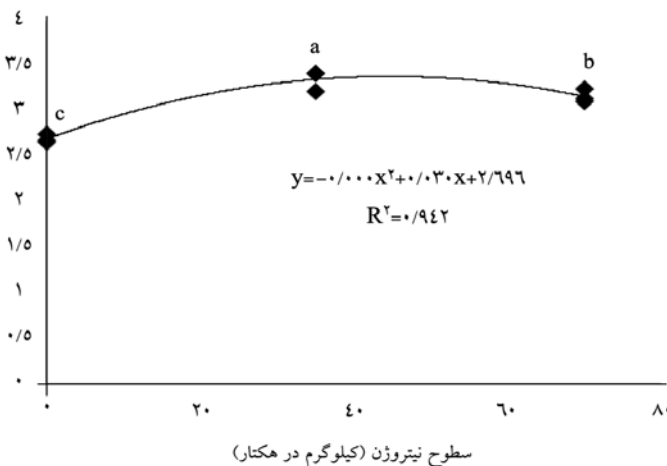
عملکرد دانه: طبق نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها تنها اثر ساده کود زیستی و کود نیتروژن بر عملکرد دانه به طور کامل معنی‌دار ($P < 0/01$) بود (جدول ۳). با بررسی مقایسه میانگین اثرات ساده کود بیولوژیک (جدول ۴)، بهترین تیمار کود زیستی از نظر صفت عملکرد دانه مربوط به کاربرد کود نیتروکسین بود که با کاربرد کود فسفات بارور ۲، کود سوپرنیتروپلاس و همچنین تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نشان داد. همچنین کاربرد کود فسفات بارور ۲ و کود سوپرنیتروپلاس نیز به نوبه خود میزان عملکرد بوته را به صورت معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش دادند. براساس مطالعات، باکتری‌های جنس ازتوباکتر و آزوسپیریوم از مهم‌ترین میکروارگانیسم‌های فعال در محیط ریشه (ریزوسفر) و افزایش رشد گیاه محسوب می‌شوند که علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن و تولید هورمون‌های رشدی به‌ویژه اکسین، جیبرلین و سیتوکنین رشد و نمو و عملکرد گیاهان زراعی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهند (وسی، ۲۰۰۳). بنابراین می‌توان بخشی از افزایش عملکرد گندم را به فعالیت باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن نسبت داد. بهبود عملکرد گیاه با کاربرد کودهای زیستی در گزارش پژوهشگران بسیاری آمده است. به‌عنوان مثال بیاری و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریوم بر گیاه ذرت بیان داشتند تلقیح با این باکتری‌ها عملکرد دانه ذرت را افزایش داد. ظهیر و همکاران (۱۹۹۸) نیز افزایش ۱۹/۸ درصدی عملکرد دانه را بر اثر تلقیح بذر با باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریوم گزارش کردند.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر صفات مورد اندازه‌گیری.

میانگین مربعات (MS)					درجه	منابع تغییرات
کلروفیل a+b	کلروفیل b	کلروفیل a	سطح برگ	عملکرد دانه	آزادی	
۱/۸۱ ^{ns}	۰/۶۰ ^{ns}	۲/۵۳ ^{ns}	۱۰۵/۲ ^{**}	۲/۵۸ ^{ns}	۲	بلوک
۱۵/۶ ^{**}	۱/۱۰ ^{ns}	۹/۰۹ ^{**}	۴۰۶/۹ ^{**}	۳/۲۱ ^{**}	۳	کود بیولوژیک (A)
۰/۸۱ ^{ns}	۱/۰۳ ^{ns}	۱/۷۶ ^{ns}	۳۹۶/۷ ^{**}	۴/۰۱ ^{**}	۲	نیتروژن (B)
۲/۸۶ ^{ns}	۰/۴۸ ^{ns}	۱/۹۹ ^{ns}	۱۶/۸ ^{ns}	۰/۱۵ ^{ns}	۲	سیلیکات پتاسیم (C)
۳/۳۰ ^{ns}	۱/۴۱ [*]	۳/۵۲ [*]	۱۸/۲ ^{ns}	۰/۳۵ ^{ns}	۶	A × B
۰/۴۱ ^{ns}	۰/۱۴ ^{ns}	۰/۸۹ ^{ns}	۳/۱۲ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}	۶	A × C
۲/۱۶ ^{ns}	۰/۳۰ ^{ns}	۲/۲۹ ^{ns}	۱۵/۲ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}	۴	B × C
۱/۸۴ ^{ns}	۰/۳۰ ^{ns}	۱/۶۳ ^{ns}	۱۵/۵ ^{ns}	۰/۱۱ ^{ns}	۱۲	A × B × C
۲/۰۱	۰/۴۷	۱/۱۵	۶۵/۵	۰/۱۸	۷۰	خطای آزمایش
۱۴/۴	۲۷/۰	۱۴/۳	۹/۱۲	۱۴/۲		ضریب تغییرات (درصد)

* معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ^{ns} غیرمعنی‌دار.

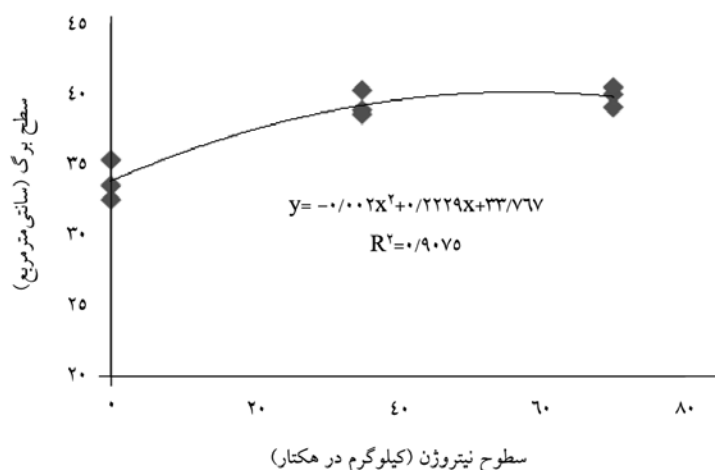
نتایج این پژوهش نشان داد اثر ساده کود نیتروژن بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۳) ولی ارتباط مابین میزان مصرف نیتروژن و عملکرد دانه از نوع درجه دوم بود (شکل ۱) به طوری که با افزایش میزان کود شیمیایی نیتروژن از صفر به ۳۵ کیلوگرم، عملکرد دانه ۲۴/۵ درصد افزایش یافت و با افزایش بیش‌تر آن (از ۳۵ کیلوگرم به ۷۰ کیلوگرم) تغییر قابل‌ملاحظه‌ای در مقدار عملکرد دانه مشاهده نشد. بیش‌ترین میزان عملکرد دانه مربوط به نیتروژن ۳۵ کیلوگرم بود که نسبت به شاهد و نیتروژن ۷۰ کیلوگرم تفاوت معنی‌داری داشت (شکل ۱). کاظمینی و غدیری (۲۰۰۷) نیز بیان کردند با افزایش سطح نیتروژن از صفر به ۳۵ و ۷۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه در گیاه گندم به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد. رایان و همکاران (۱۹۹۷) نیز دریافتند افزایش سطوح نیتروژن در چند رقم گندم تأثیر مثبت و معنی‌داری بر عملکرد دانه داشته است. بر خلاف معنی‌دار بودن اثرات ساده کود زیستی و کود نیتروژن، اثر متقابل این دو فاکتور مورد بررسی بر عملکرد دانه معنی‌دار نبود (جدول ۳) که بیانگر روند یکسان اثر کودهای زیستی در سطوح مختلف کود نیتروژن می‌باشد به‌عبارت دیگر مقادیر مختلف کود نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر فعالیت کودهای زیستی نداشته است. همچنین در اثرات متقابل نیتروژن و کود زیستی با سیلیکات پتاسیم این مسأله صادق بود.



شکل ۱- رابطه بین عملکرد دانه و کود نیتروژن.

سطح برگ: در بررسی اثر کود زیستی و کود نیتروژن بر سطح برگ مشاهده شد که بین سطوح مختلف کود زیستی و کود نیتروژن از نظر این صفت تفاوت معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود دارد (جدول ۳).

مقایسه میانگین اثرات ساده کود زیستی نشان داد که بیشترین سطح برگ مربوط به کاربرد کود زیستی نیتروکسین بوده که نسبت به کاربرد سوپرنیتروپلاس افزایش ۱۴/۸ درصدی، نسبت به کاربرد فسفات بارور ۲ افزایش ۱۶/۴ درصدی و نسبت به شاهد افزایش ۲۷/۴ درصدی داشت. کمترین سطح برگ نیز مربوط به تیمار شاهد بود که اختلاف معنی داری با کاربرد سوپرنیتروپلاس، کاربرد فسفات بارور ۲ داشت (جدول ۴). رابطه بین سطح برگ و میزان مصرف کود نیتروژن در شکل ۲ نشان داده شده است. براساس این رابطه افزایش مصرف کود تا سطح کودی ۳۵ کیلوگرم در هکتار به طور معنی داری سطح برگ را افزایش داد اما پس از آن تا مقدار ۷۰ کیلوگرم در هکتار از روند ثابتی برخوردار بود. در پژوهشی مشخص شد که سطح برگ در بوته‌های کلزای تلقیح شده با سویه‌های ازتوباکتر به طور معنی داری افزایش یافت، این اثرات می‌تواند به واسطه تأثیر ازتوباکتر بر افزایش میزان نیتروژن قابل استفاده برای گیاه و هورمون‌های گیاهی باشد که منجر به افزایش سطح برگ و عملکرد گیاه می‌شود (زید و همکاران، ۲۰۰۷). این باکتری‌ها به عنوان یک تحریک‌کننده رشد گیاهی، غیر از تثبیت نیتروژن مولکولی موجب تولید اکسین‌ها می‌شود که موجب افزایش تارهای کشنده ریشه می‌گردد و بنابراین جذب عناصر غذایی از خاک و رشد گیاه بهبود می‌یابد (تن و همکاران، ۱۹۷۷؛ پاکوسکی، ۱۹۹۰). بیاری و همکاران (۲۰۱۱) در گیاه ذرت و زید و همکاران (۲۰۰۷) در گیاه چغندر قند اعلام کردند که کاربرد مایه تلقیح ازتوباکتر و آزوسپیریوم بر سطح برگ تأثیر معنی داری داشته است.



شکل ۲- رابطه بین سطح برگ و کود نیتروژن.

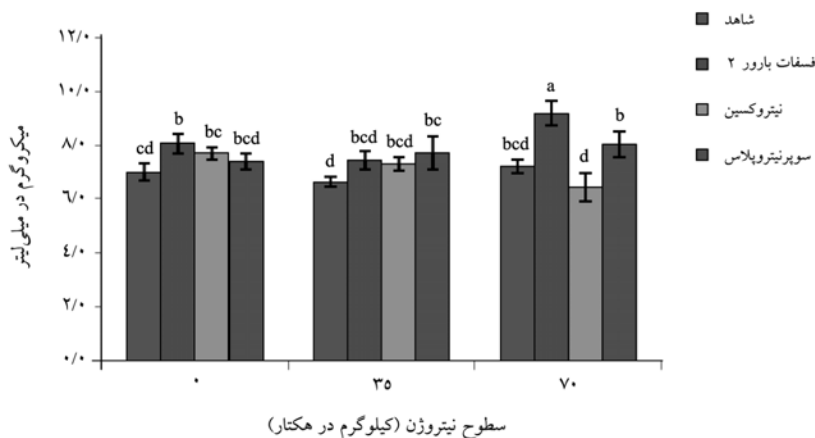
سیده‌حدیثه بهاری ساروی و همکاران

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات ساده کود زیستی بر صفات اندازه‌گیری شده.

منابع تغییر	عملکرد دانه (گرم در بوته)	سطح برگ (سانتی مترمربع در بوته)	کلروفیل a+b (میلی گرم در میلی لیتر)
کود زیستی			
شاهد	۲/۶۳ ^c	۳۳/۹ ^c	۹/۲۸ ^b
Psu+BAC	۳/۱۱ ^b	۳۷/۱ ^b	۱۱/۰۰ ^a
Azt+Azp	۳/۴۸ ^a	۴۳/۲ ^a	۹/۵۶ ^b
Azp+Psu+BAC	۳/۰۴ ^b	۳۷/۶ ^b	۹/۸۵ ^b

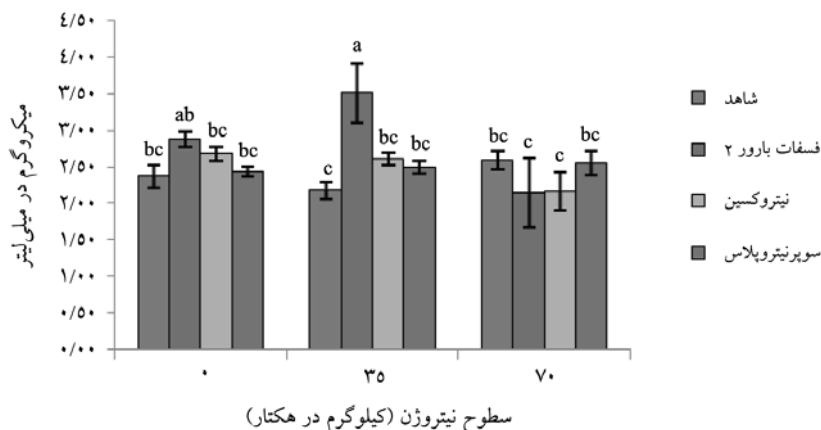
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و هر تیمار مطابق آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

میزان کلروفیل (a و b): بررسی نتایج به‌دست آمده از این پژوهش در جدول ۳ بیانگر آن است که اثر متقابل کود زیستی و کود شیمیایی نیتروژن تأثیر کاملاً معنی‌داری ($P < 0.01$) بر کلروفیل a در گیاه گندم داشت. به‌طوری‌که در سطوح صفر و ۳۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به‌ترتیب با کاربرد فسفات بارور ۲ و کاربرد سوپرنیتروپلاس و در کود نیتروژن ۳۵ کیلوگرم کاربرد فسفات بارور ۲ و کاربرد سوپرنیتروپلاس میزان کلروفیل a را به‌صورت معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش دادند. در بین ترکیبات تیماری بیش‌ترین مقدار کلروفیل a (۹/۱۷ میکروگرم در میلی‌لیتر) مربوط به کاربرد فسفات بارور ۲ و مصرف ۷۰ کیلوگرم کود نیتروژن بود (شکل ۳). با کاربرد کودهای زیستی، جذب عناصر غذایی توسط ریشه‌ها بیش‌تر شده و این امر منجر به افزایش رشد رویشی در گیاه و تولید برگ‌های بیش‌تر می‌شود. در نتیجه، افزایش تعداد برگ‌ها به‌منزله افزایش سطح جذب نوری و سطح فتوسنتزی گیاه است (صدقی‌مقدم و میرزایی، ۲۰۰۸). همچنین نیتروژن به‌صورت غیرمستقیم و به‌واسطه سیتوکنین بر هورمون جیبرلین اثر می‌گذارد به این ترتیب سبب افزایش رشد بخش‌های انتهایی شاخه‌ها و برگ‌های جوان و در نتیجه افزایش فتوسنتز در گیاه می‌شود. علاوه‌بر این به‌واسطه شرکت نیتروژن در ساختار کلروفیل ارتباط مثبت و معنی‌داری بین نیتروژن برگ و مقدار کلروفیل آن وجود دارد (جفری و جیلیس، ۲۰۰۳).



شکل ۳- اثر متقابل کود زیستی و کود نیتروژن بر کلروفیل a

نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل کود زیستی و کود شیمیایی نیتروژن بر کلروفیل b نیز تأثیر کاملاً معنی‌داری ($P < 0/01$) داشته است. نتایج نشان داد بیش‌ترین مقدار کلروفیل b مربوط به کاربرد هم‌زمان فسفات بارور ۲ و کاربرد ۳۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن می‌باشد (شکل ۴). بررسی‌های انجام شده نیز نشان‌دهنده نقش مؤثر باکتری‌های حل‌کننده فسفات مانند سودوموناس و باسیلوس در بهبود جذب فسفر و در نتیجه افزایش رشد ریشه است. افزایش رشد در ریشه نیز موجب بهبود جذب عناصری که در کلروفیل نقش دارند مانند منیزیم، منگنز و روی از طریق فرآیند جذب ریشه‌ای می‌گردد (خان و همکاران، ۲۰۰۹؛ باربر، ۱۹۹۵).



شکل ۴- اثر متقابل کود زیستی و کود نیتروژن بر کلروفیل b

نتایج بیانگر اثر کاملاً معنی‌دار ($P < 0/01$) کود زیستی بر کلروفیل $a+b$ بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات ساده کود زیستی (جدول ۴) نشان داد که بیش‌ترین مقدار کلروفیل $a+b$ مربوط به کاربرد فسفات بارور ۲ می‌باشد که با کاربرد نیتروکسین، کاربرد سوپرنیتروپلاس و شاهد تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهد. کودهای حل‌کننده فسفات شامل مؤثرترین باکتری‌های حل‌کننده فسفات می‌باشد که علاوه بر محلول کردن فسفات با تولید انواع هورمون‌ها مانند اکسین، جیبرلین و همچنین ترشح اسیدهای آمینه موجب رشد و توسعه ریشه و فتوسنتز قسمت‌های هوایی گیاه می‌گردد و در نهایت تأثیر مثبت بر مقدار کلروفیل می‌گذارد (مارشزر، ۱۹۹۵).

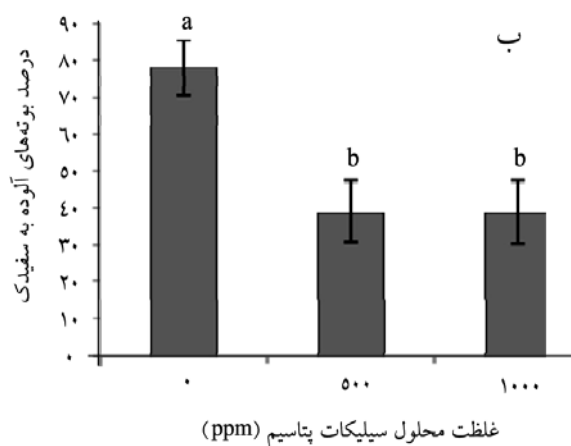
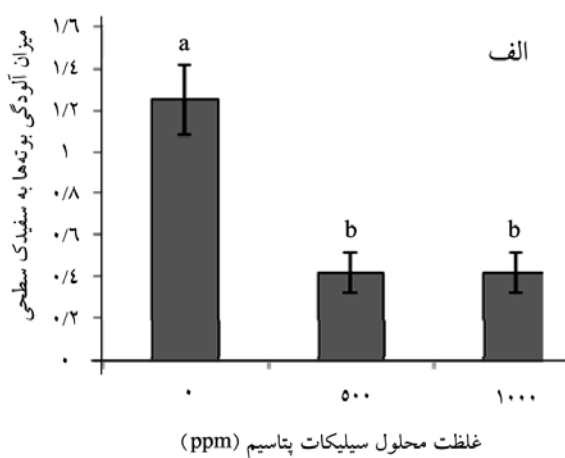
سفیدک سطحی: مطابق نتایج نشان داده شده در جدول ۵ مشخص شد که اثرات ساده کود زیستی و محلول پاشی سیلیکات پتاسیم بر میزان آلودگی بوته‌ها و درصد بوته‌های آلوده کاملاً معنی‌دار بود. برهم‌کنش کود زیستی و کود شیمیایی نیتروژن نیز تأثیر معنی‌داری بر میزان آلودگی و درصد بوته‌های آلوده داشت. همچنین اثر متقابل کود زیستی و سیلیکات پتاسیم بر درصد بوته‌های آلوده معنی‌دار بود. ($P < 0/05$)

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر صفات مربوط به سفیدک- بعد از محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم.

میانگین مربعات (MS)		درجه آزادی	منابع تغییرات
درصد بوته‌های آلوده	میزان آلودگی بوته‌ها		
۰/۰۷ ^{ns}	۰/۱۸ ^{ns}	۲	بلوک
۰/۱۶ ^{**}	۰/۵۲ ^{**}	۳	کود بیولوژیک (A)
۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۲	نیتروژن (B)
۰/۴۸ ^{**}	۱/۴۷ ^{**}	۲	سیلیکات پتاسیم (C)
۰/۲۳ ^{**}	۰/۳۷ ^{**}	۶	A × B
۰/۱ [*]	۰/۱۱ ^{ns}	۶	A × C
۰/۰۴ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۴	B × C
۰/۰۴ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}	۱۲	A × B × C
۰/۰۳۹	۰/۰۶	۷۰	خطای آزمایش
۲۰/۱	۲۳/۵		ضریب تغییرات (درصد)

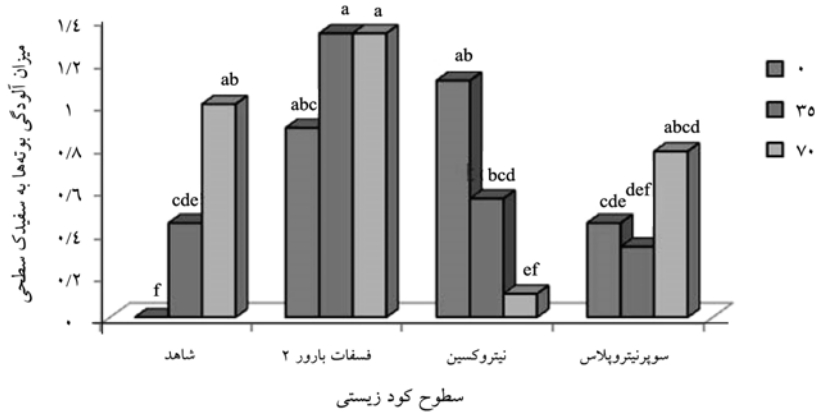
* معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ^{ns} غیرمعنی‌دار.

اثر ساده محلول پاشی سیلیکات پتاسیم بر میزان آلودگی بوته‌ها و درصد بوته‌های آلوده به سفیدک سطحی معنی‌دار بوده و محلول پاشی غلظت‌های ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم میزان آلودگی بوته‌ها (شکل ۵-الف) را ۶۷ درصد و درصد بوته‌های آلوده (شکل ۵-ب) را ۵۰ درصد نسبت به شاهد کاهش داد.

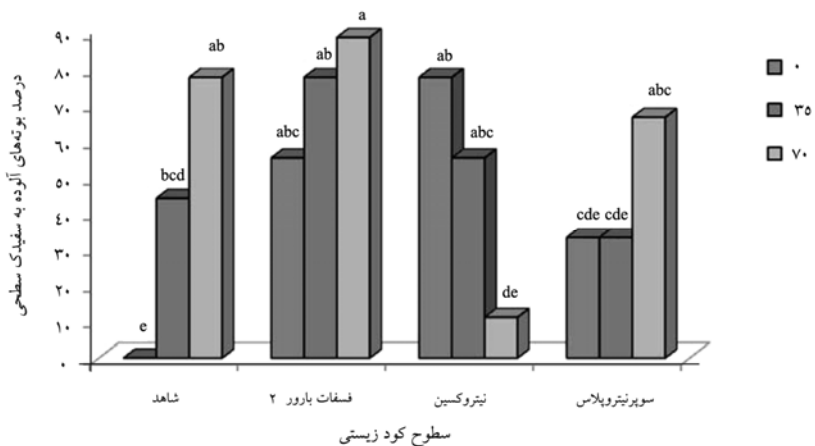


شکل ۵- اثر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم بر میزان آلودگی بوته‌ها (الف) و درصد بوته‌های آلوده (ب) به سفیدک سطحی.

اثر متقابل کاربرد کود زیستی و کود نیتروژن تأثیر معنی داری بر میزان آلودگی و درصد بوته‌های آلوده به سفیدک سطحی داشت و تقریباً تغییرات این دو (میزان و درصد آلودگی) به یک صورت بوده است. به این صورت که در همه تیمارهای کود زیستی به جز کاربرد هم‌زمان نیتروکسین با افزایش سطوح نیتروژن میزان و درصد آلودگی افزایش یافته است ولی در کاربرد هم‌زمان ازتوباکتر + آزوسپیریلوم عکس این حالت را نشان داد. بیش‌ترین میزان آن‌ها نیز در سطوح نیتروژن ۳۵ و ۷۰ کیلوگرم همراه با کاربرد هم‌زمان سودوموناس + باسیلوس و کم‌ترین آن‌ها مربوط به تیمار نیتروژن صفر و بدون کاربرد کود زیستی بود (شکل‌های ۶ و ۷).

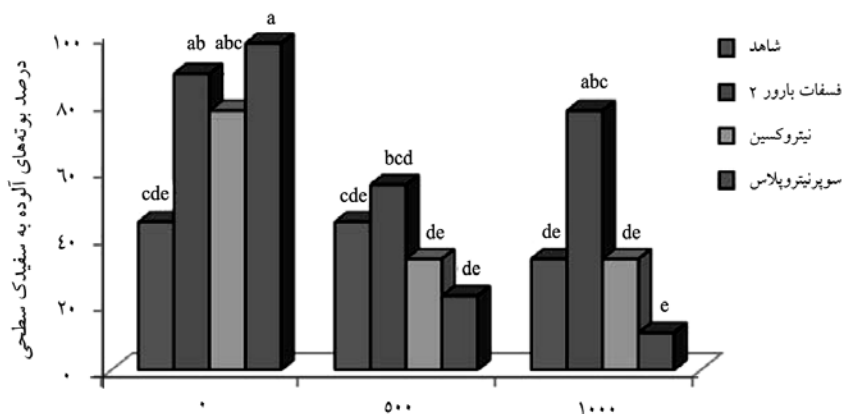


شکل ۶- اثر متقابل کود زیستی و کود نیتروژن بر میزان آلودگی بوته‌ها به سفیدک سطحی.



شکل ۷- اثر متقابل کود زیستی و کود نیتروژن بر درصد بوته‌های آلوده به سفیدک سطحی.

اثر متقابل کود بیولوژیک و محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم بر درصد بوته‌های آلوده به سفیدک سطحی معنی‌دار بود. در مجموع در سطوح کود زیستی به‌جز کاربرد فسفات بارور ۲ و تیمار بدون کاربرد کود زیستی محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم کاهش معنی‌دار درصد بوته‌های آلوده را در پی داشت. در سطح صفر محلول پاشی کاربرد هر سه کود زیستی و در سطح ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کاربرد فسفات بارور ۲ افزایش معنی‌دار درصد بوته‌های آلوده را نسبت به شاهد باعث شد. در سطوح ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم محلول پاشی کاربرد کود زیستی سوپرنیتروپلاس درصد آلودگی را کاهش داد که این کاهش معنی‌دار نبود (شکل ۸). در پژوهش‌های قبلی در خصوص بررسی مکانیسم عمل این باکتری‌ها مشخص شد که آن‌ها به‌طور مستقیم در تثبیت نیتروژن، تولید هورمون‌های رشد و برخی از آنزیم‌های مؤثر در جذب عناصر غذایی دخالت دارند. همچنین به‌طور غیرمستقیم از طریق تولید انواع آنتی‌بیوتیک و ترکیبات ضدقارچی سبب کاهش و یا پیش‌گیری از اثرات زیان‌آور سایر میکروارگانیسم‌ها مانند بیماری پژمردگی ورتیسیلیومی خیار و پوسیدگی سیاه ریشه توتون می‌گردند (کیل و همکاران، ۱۹۹۲؛ برگ، ۱۹۹۶؛ بارد، ۲۰۰۶؛ کاواجلیری و همکاران، ۲۰۰۴).



شکل ۸- اثر متقابل کود زیستی و سیلیکات پتاسیم بر درصد بوته‌های آلوده به سفیدک سطحی.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که کودهای زیستی بر صفات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه گندم نسبت به شاهد برتری داشتند. به‌طوری‌که بهترین تیمار کود زیستی از نظر صفت عملکرد دانه و سطح برگ مربوط به کاربرد نیتروکسین بود. همچنین بیش‌ترین مقدار کلروفیل a و کلروفیل b نیز مربوط به کاربرد فسفات

بارور ۲ به همراه کود نیتروژن (به ترتیب ۷۰ و ۳۵ کیلوگرم در هکتار) می‌باشد. در رابطه با بیماری سفیدک سطحی محلول پاشی سیلیکات پتاسیم (۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بر میزان آلودگی بوته‌ها و درصد بوته‌های آلوده تأثیرگذار بوده و میزان آلودگی‌ها را نسبت به تیمار شاهد کاهش داد.

منابع

- 1.Barber, S.A. 1995. Soil Nutrient Bioavailability, A Mechanistic Approach. Wiley and Sons Publications, 414p.
- 2.Bard, M.A. 2006. Efficiency of k-feldspar combined with organic materials and silicate dissolving bacteria on tomato yield. Applied Sciences Research, 2: 1191-1198.
- 3.Berg, G. 1996. Rhizobacteria of oilseed rape antagonistic to *Verticillium dahliae* var *longisporum* stark. J. Plant Dis. and Protect. 103: 20-30.
- 4.Biari, A., Gholami, A., and Rahmani, H. 2011. Effect of Different plant growth promotion bacteria (*Azotobacter*, *Azospirillum*) on growth parameters and Yield of maize. J. Water and Soil. 25: 1-10. (In Persian)
- 5.Cavaglieri, L.R., Passone, A., and Etcheverry, M.G. 2004. Correlation between screening procedures to select root endophytes for biological control of *Fusarium verticillioides* in *Zea mays*. Biological Control. 31: 259-262.
- 6.Cherr, C.M., Scholberg, J.M.S., and Mcsorlery, R. 2006. Green manure approaches to crop production. Agron. J. 98: 302-319.
- 7.Emam, Y. 2007. Cereal Production. Shiraz University Press, 190p. (In Persian)
- 8.Gholami, A., and Kochaki, A. 2001. Mycorrhiza in Sustainable Agriculture. Shahroud University Press, 212p. (In Persian)
- 9.Heydari, A., Safai, D., Orumchi, S., and Basati, J. 2005. Comparison of a new fungicide (opus) with common fungicides in controlling powery mildew of sugar beet. J. Suger beet. 21: 2. 179-188. (In Persian)
- 10.Hopkins, W.G., and Huner, N.P. 2004. Introduction to Plant Physiology (3rd Ed.). John Wiely and Sons Inc. New York, 560p.
- 11.Jeffrey, V., and Gyles, R. 2003. Controlled release urea as a nitrogen source of corn in southern Minnesota. Annual Report to Agrium U.S. Inc.
- 12.Kalra, Y.P. 1998. Handbook of Methods for Plant Analysis. Soil and Plant Analysis Council, Inc. CRC Press. New York, 291p.
- 13.Kazemian, A., and Ghadiri, H. 2006. Interaction effect of weed and nitrogen on growth and yield of wheat. Iran. Agric. Sci. J. 2: 377-385. (In Persian)
- 14.Keel, C., Schnider, U., Maurhofer, M., Voisard, C., Laville, J., Burger, U., Wirthner, P., Haas, D., and Defago, G. 1992. Suppression of root diseases by *Pseudomonas fluorescens* CHA0: importance of the bacterial secondary metabolite 2,4-diacetylphloroglucinol. Molecular Plant-Microbe Interactions. 5: 4-13.

15. Khaldbarin, B., and Eslamzade, T. 2001. Mineral Nutrition of Higher Plants. Shiraz University Press, 495p. (In Persian)
16. Khan, M.S., Zaidi, A., and Wani, P.A. 2009. Role of phosphate-solubilizing microorganisms in sustainable agriculture: review. Biomedical and Life Sciences, 5: 551-570.
17. Khavazi, K., Asadi Rahmani, H., and Malekoti, M.G. 2001. Biological Fertilizers Production in Iran. Sana Press, 464p. (In Persian)
18. Malakoti, M.G., and Nafisi, M. 1994. Fertilizer Application in Irrigated And Dryland Farms. 2nd Edition. Tarbiat Modares University Press, 242p. (In Persian)
19. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press London, 897p.
20. Mishra, M., Patjoshi, A.K., and Jena, D. 1998. Effect of biofertilization on production of maize (*Zea mays*). Ind. J. Agron. 43: 307-310.
21. Nassiri Mahallati, A., and Koocheki, M. 2007. The effects of arbuscular mycorrhizal fungus and free living nitrogen fixing bacteria on growth, photosynthesis and yield of corn (*Zea mays* L.) in conventional and ecological cropping systems. Iran. J. Field Crop Sci. 5: 1. 53-69. (In Persian)
22. Pacovsky, R.S. 1990. Development and growth effects in sorgum-*Azospirillum* association. J. Appl. Bacteriol. 68: 555-563.
23. Peyvast, Gh., Zaree, M.R., and Samizadeh, H. 2009. Interaction of silicon and on lettuce growth under NFT system condition. J. Horticult. Sci. 22: 1. 367-374. (In Persian)
24. Rahimi, Z., and Kafi, M. 2010. Effects of salinity and silicon application on biomass accumulation, sodium and potassium content of leaves and roots parslane (*Portulaca oleracea* L.). J. Water and Soil. 2: 24. 367-374. (In Persian)
25. Rayan, J., Nasraallah, N., and Mergoum, M. 1997. Nitrogen fertilization of durum wheat cultivars in the rainfed area of Morcocco: biomass, yield and quality con sidera. General Research Communications, 25: 85-90.
26. Roesi, D., Gaur, R., Johri, B.N., Imfeld, G., Sharma, S., Kawaljeet, K., and Aragno, M. 2006. Plant growth stage, fertilizer management and bio-inoculation of arbuscularmycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the rhizobacteria community structure in rainfed wheat fields. Soil. Biological. Biochem. 38: 1111-1120.
27. Romero-Aranda, M.R., Jurado, O., and Cuartero, J. 2006. Rapid isoelectric focusing in a vertical polyacryamide system. Ann. Biochem. 167: 290-294.
28. Saleh Rastin, N. 2001. Biofertilizer and their role in sustainable agriculture. Water and Soil Sci. J. biofertilizer issue. 23: 19-23. (In Persian)
29. Sarige, S., Okon, Y., and Blum, A. 1992. Effect of *Azospirillum brasilense* inoculation on growth dynamics and hydraulic conductivity of *Sorghum bicolor* roots. J. Plant Nutr. 15: 805-819.

30. Sedghi Moghadam, M., and Mirzaee, M. 2008. Effect of municipal solid wastes compost on the yield and some quantitative and qualitative indices of pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch. Expoir.). In: Proceeding of Third National Congress of Recycling and Reuse of Renewable Organic Resources in Agriculture, Esfahan. (In Persian)
31. Sharma, A.K. 2003. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios India, 79p.
32. Sheikh, F., Kalateh, M., Soghi, H., Taghi Bazi, M., and Mohamad Abroudi, A. 2008. The effect of waterlogging stress at filling stage on yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum*). Iran. Electronic J. Crop Sci. 1: 38-53. (In Persian)
33. Sheikholeslami, M., Safaee, D., and Younesi, H. 2010. Simultaneously occurrence of two species of powdery mildew on cucumber plants in greenhouses of Kermanshah province. In Proceedings at 19th Iranian Plant Protection Congress. Esfahan, Pp: 108-109. (In Persian)
34. Tien, T.M., Gaskins, M.H., and Hubel, D.H. 1977. Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet. Applied and Environmental Microbiology, 37: 1016-1024.
35. Van Loon, L.C. 2007. Plant responses to plant growth-promoting rhizobacteria. Europ. J. Plant Pathol. 119: 243-254.
36. Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. Plant and Soil, 255: 271-586.
37. Zahir, A.Z., Arshad M., and Frankenberger, W.F. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria. Advances in Agronomy, 81: 97-168.
38. Zahir, A.Z., Arshad, M., and Khalid, A. 1998. Improving maize yield by inoculation with plant growth promoting rhizobacteria. Pakistan J. Soil Sci. 15: 7-11.
39. Zaied, K.A., Abd El-Hady, A.H., Afify Aida, H., and Nassef, M.A. 2003. Yield and nitrogen assimilation of winter wheat inoculated with new recombinant inoculants rhizobacteria. Pakistan J. Biological Sci. 6: 4. 344-358.
40. Zaied, K.A., Abd El-Hady, A.H., Shrief, A.E., Ashour, E.H., and Nassef, M.A. 2007. Effect of horizontal DNA transciener in *Azospirillum* and *Azotobacter* strain on biological and biochemical traits of non-legume plants. J. Appl. Sci. Res. 3: 1. 73-86.



The effects of nitrogen and silicon biofertilizers on powdery mildew disease, physiological parameters and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.)

S.H. Bahari Saravi¹, *H. Pirdashti² and Y. Yaghoobian³

¹M.Sc. Student, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ²Associate Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ³Ph.D. Student, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Ramin University of Agricultural Sciences and Natural Resources (Khozestan)

Received: 2012/01/18; Accepted: 2012/05/24

Abstract

In order to evaluate the effects of nitrogen and silicon (Si) plus biofertilizers on powdery mildew disease, physiological parameters and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. N8019, a pot experiment was conducted in a factorial based randomized complete block design at Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University during 2009. Treatments included biofertilizer in four levels (non-inoculation, *Pseudomonas fluorescens* + *Bacillus subtilis*, *Azotobacter brasilense* + *Azospirillum lipoferum* and *Azospirillum* + *Pseudomonas* + *Bacillus*), three levels of nitrogen fertilizer (0, 35 and 70 kg nitrogen ha⁻¹) and three levels of potassium silicate (0, 500 and 1000 mg/kg). Results showed that biofertilizers significantly increased both physiological parameters and grain yield of wheat compared to control. Maximum grain yield and leaf area (32.3 and 27.4 percent more than control) were recorded in those plants which received co-inoculation of *Azotobacter* + *Azospirillum* (Nitroxin). Furthermore, coinoculation of *Pseudomonas* with *Bacillus* (Barvar 2) plus either medium or maximum nitrogen fertilizer markedly improved chlorophyll a and chlorophyll b content. In the case of powdery mildew, the spraying of both 500 and 1000 ppm of silicon significantly reduced the amount of powdery mildew infection and percentage of infected plants compared to control.

Keywords: Powdery mildew, Silicon, Biofertilizer, Wheat

* Corresponding Authors; Email: h.pirdashti@sanru.ac.ir