



ارزیابی تأثیر کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی فسفات و نیتروژن بر صفات زراعی و فیزیولوژیکی گندم

مهسا کریمی^۱، سید کیوان مرعشی^{۲*}، خوشناز پاینده^۳

۱- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

۲- استادیار گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

۳- استادیار گروه خاکشناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۵ تاریخ پذیرش: ۹۷/۲/۶

چکیده

کودهای زیستی به عنوان راهبردی جایگزین برای مصرف کودهای شیمیایی جهت حاصلخیزی خاک در بحث کشاورزی پایدار مورد توجه قرار گرفته‌اند. به منظور بررسی تأثیر کاربرد توأم کودهای شیمیایی و زیستی فسفات و نیتروژن بر شاخص‌های فیزیولوژیکی و عملکرد گندم، این تحقیق بر اساس آزمایش فاکتوریل در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا در سال زراعی ۹۵-۹۴ اجرا شد. عاملهای آزمایش شامل کود فسفره در چهار سطح (تماماً کود سوپرفسفات تریپل، ۷۰ درصد کود سوپرفسفات تریپل + کود زیستی فسفات بارور ۲، ۴۰ درصد کود سوپرفسفات تریپل + کود زیستی فسفات بارور ۲، کود زیستی فسفات بارور ۲) و کود نیتروژن در سه سطح (تماماً کود اوره، ۷۰ درصد کود اوره و مابقی از طریق ازتوباکتر، ۴۰ درصد کود اوره و مابقی از طریق ازتوباکتر) بودند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر تیمارها بر صفت عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود. بررسی روندهای رشد نشان داد، تیمار ۷۰ درصد سوپرفسفات تریپل + بارور ۲ و تیمار ۷۰ درصد اوره + ازتوباکتر باعث افزایش شاخص سطح برگ، ماده خشک کل، سرعت رشد محصول و فتوسنتز خالص گردید. بیشترین عملکرد دانه (۶۷۴۰ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار ۷۰ درصد سوپرفسفات + بارور ۲ و ۷۰ درصد اوره + ازتوباکتر با و کمترین آن (۳۴۸۱ کیلوگرم در هکتار) در تیمار کود تماماً سوپرفسفات تریپل + تماماً اوره بود. در مجموع طبق نتایج این تحقیق تیمار ۷۰ درصد کود سوپرفسفات تریپل + کود زیستی فسفات بارور ۲ و کود ۷۰ درصد اوره + ازتوباکتر بیشترین عملکرد دانه و شاخص‌های رشد را به خود اختصاص داد و قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: تغذیه، شاخص سطح برگ، عملکرد دانه، گندم

مقدمه

گندم از جمله غلات مهم جهان محسوب می‌گردد. این گیاه در محدوده وسیعی از شرایط آب و هوایی کشور کشت می‌شود. در ایران به دلیل تأمین غذای غالب مردم از گندم و با توجه به سازگاری مناسب این گیاه به انواع مدیریت‌های زراعی، ایجاد شرایط مطلوب به لحاظ تأمین عناصر غذایی مهم، در راستای افزایش شاخص‌های رشدی و عملکرد گندم ضروری به نظر می‌رسد (Ayneband *et al.*, 2010). مواد آلی و کودهای زیستی به عنوان گزینه‌های جایگزین مناسبی برای مصرف روزافزون کودهای شیمیایی و به منظور افزایش حاصلخیزی خاک به خصوص در بحث کشاورزی پایدار مورد توجه قرار گرفته‌اند (Vos *et al.*, 2005). از جمله کودهای زیستی می‌توان به کود زیستی ازتوباکتر بارور ۲ اشاره کرد. این کود حاوی باکتری‌های ازتوباکتر می‌باشند که علاوه بر تثبیت نیتروژن هوا، قادر به تولید ترکیبات ضد قارچی بر علیه بیماری‌های گیاهی بوده و سبب تقویت جوانه زنی و بنیه گیاه می‌شوند که رشد پایه گیاهی را به دنبال دارد. این باکتری‌ها با متعادل کردن جذب عناصر پرمصرف و ریزمغذی، ترشح اسیدهای آمینه و انواع آنتی بیوتیک‌ها موجب رشد و توسعه ریشه و قسمت‌های هوایی و در نتیجه منجر به افزایش تولید محصول در گیاهان می‌شوند (Blak, 2011).

پاسخ غلات به تلقیح با ازتوباکتر بر حسب سوبه‌های باکتری و شرایط خاک و آب و هوای منطقه متفاوت بوده و در موارد پاسخ مثبت، افزایش محصول حدود ۷ تا ۱۲ درصد و حداکثر تا ۳۹ درصد گزارش شده است (Khavari, 2010). فسفر نیز یکی دیگر از عناصر مهم مورد نیاز گیاهان می‌باشد که باعث رشد و قوی‌تر شدن ریشه‌ها، رشد و ضخیم‌تر شدن ساقه‌ها، پر حجم شدن دانه‌ها، افزایش میزان عملکرد و زودرسی محصول می‌شود و در عمل تلقیح گل‌ها دخالت دارد. برخلاف نیتروژن، بخش زیادی از فسفر رسیده به خاک از راه کودهای شیمیایی، به شکل نامحلول در آمده و نمی‌تواند به راحتی جذب گیاه شود که این موضوع سبب افزایش نیاز به این عنصر و مصرف آن می‌شود (Iran Nejad and Shahbazian, 2004). با این حال، تغییر شیوه مدیریت کشت‌زارها و استفاده از کودهای بیولوژیک تشکیل شده از باکتری‌ها و قارچ‌های حل‌کننده فسفات معدنی خاک می‌تواند در استفاده بهینه از کود فسفر مصرفی و همچنین، فسفات معدنی موجود در خاک کمک فراوانی نماید. این کودها در کنار حل کردن فسفات معدنی خاک، باعث سهولت جذب فسفر به وسیله گیاهان هم می‌شوند. از باکتری‌های حل‌کننده فسفات، می‌توان به باکتری‌های جنس سودوموناس اشاره کرد. باکتری‌های جنس سودوموناس هوازی و میله‌ای شکل بوده و از مهمترین باکتری‌های محرک رشد به شمار

سودوموناس+ کمپوست غنی شده حاصل شد. رشیدی و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند، کاربرد توامان کود شیمیایی فسفر و باکتری حل کننده فسفر به دلیل افزایش جذب فسفر و نیتروژن به گیاه گندم موجب افزایش میزان عملکرد دانه گردید. تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی و بیولوژیک نیتروژن و فسفر بر شاخص‌های رشد و عملکرد گندم در منطقه اهواز بود.

مواد و روش‌ها

خصوصیات تیمارها و مکان تحقیق

این آزمایش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه شهید سالمی واقع در شمال شرقی شهرستان اهواز، با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی با ارتفاع ۲۲/۵ متر از سطح دریا اجرا گردید. این منطقه از لحاظ آب و هوایی جزء مناطق گرم و خشک می‌باشد. قبل از اجرای آزمایش از عمق ۳۰-۰ خاک نمونه-گیری گردید که بر این اساس خاک محل انجام تحقیق دارای بافت رسی- لومی با اسیدیته ۷/۷ و هدایت الکتریکی ۴/۶ بود (جدول). این تحقیق بر اساس آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل‌های آزمایش شامل کود فسفره در چهار سطح (P₁: تماماً کود سوپرفسفات‌تریپل، P₂: ۷۰ درصد کود سوپرفسفات‌تریپل + کود زیستی

می‌آیند (Vessey, 2003). فارسانی و همکاران (۱۳۹۱) اعلام نمودند که با کاربرد ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفات و مابقی کود زیستی بارور ۲ بیشترین ماده خشک در گندم حاصل شد. توحیدی مقدم و همکاران (۱۳۸۶) بیان نمودند تیمارهایی که در آن‌ها از کودهای بیولوژیک ازته و فسفره توأم استفاده شده است، باعث افزایش عملکرد دانه ذرت گردید و در حضور باکتری‌های حل کننده فسفات میزان کودهای شیمیایی فسفات تا ۵۰ درصد کاهش یافت. Amanullah *et al* (2012) گزارش نمودند تلفیق کودهای بیولوژیکی با ۵۰ درصد کودهای نیتروژن و فسفر باعث افزایش عملکرد دانه گندم بین ۲۰ تا ۴۶ درصد در مقایسه با شرایط کنترل شد. (Sawicka & Sweszynska (2000) گزارش کردند که تعداد جمعیت باکتری‌های محرک رشد در مراحل مختلف رشد و نمو غلات در کنار کود نیتروژنه افزایش می‌یابد و کاربرد نیتروژن معدنی در زمان مناسب در خاک، ضمن کمک به این باکتری‌ها موجب می‌شود گیاه با افزایش رشد رویشی، بهره‌برداری بهتر از نور و فتوسنتز و تخصیص ماده خشک بیشتر به بوته، به افزایش سرعت رشد محصول و ماده خشک تولیدی در گیاه کمک نماید.

Umesha Sawicka *et al* (2013) در آزمایشی که به منظور بررسی تأثیر کودهای شیمیایی و بیولوژیکی بر ذرت دانه‌ای انجام دادند گزارش کردند بالاترین عملکرد دانه از تیمارهای NPK+

استفاده قرار گرفت. کود اوره در دو مرحله به صورت پایه و سرک در ابتدای مرحله ساقه رفتن و کود سوپر فسفات تریپل نیز تماماً به صورت پایه استفاده شد. این آزمایش از ۳۶ کرت تشکیل گردید. هر کرت شامل هفت خط کشت به طول پنج متر و فاصله بین خطوط ۰/۲ متر بود. در ۲۵ آبان ماه بذور گندم به صورت کرتی و در تراکم ۴۰۰ بذر در متر مربع کشت شدند. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کشت انجام گردید.

فسفات بارور ۲، P₃: ۴۰ درصد کود سوپرفسفات- تریپل+ کود زیستی فسفات بارور ۲، P₄: کود زیستی فسفات بارور ۲) و کود نیتروژن در سه سطح (N₁: تماماً کود اوره، N₂: ۷۰ درصد کود اوره + ازتوباکتر، N₃: ۴۰ درصد کود اوره + ازتوباکتر) بودند. اعمال تیمارهای کود شیمیایی و بیولوژیک فسفر و نیتروژن بعد از عملیات آماده سازی زمین مورد نظر انجام شد. کود زیستی ازتوباکتر و فسفات بارور ۲ در مرحله ابتدای ساقه رفتن به صورت محلول پاشی مورد

جدول ۱- نتایج آزمون خاک تحت آزمایش

پتاسیم (پی پی ام)	فسفر (پی پی ام)	کربن آلی (درصد)	اسیدیته	شوری (دسی زیمنس بر متر)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	بافت
۱۲۳	۶/۸	۰/۴۵	۷/۵۱	۵/۹۶	۲۷	۳۸	۳۵	Clay - loam

ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شدند. سرعت رشد گیاه و سرعت فتوسنتز خالص بر اساس فرمول واتسون (Watson, 1967) و بر حسب گرم بر متر مربع در روز بیان می شود.

$$CGR(g/m^2/day^{-1}) = \frac{TDM2 - TDM1}{(T2 - T1) * GA}$$

$$NAR = CGR * \frac{\ln LA2 - \ln LA1}{GA * LAI2 - LAI1}$$

برای تعیین عملکرد دانه پس از حذف اثر حاشیه، یک متر مربع از وسط هر کرت برداشت و پس از جدا کردن دانه ها و توزین آن عملکرد دانه تعیین گردید.

صفات اندازه گیری شده

برداشت نهایی در تاریخ ۲۳ اردیبهشت ماه ۱۳۹۴، پس از حذف حاشیه ها از سطحی معادل یک مترمربع صورت پذیرفت. به منظور اندازه گیری شاخص های فیزیولوژی رشد در طول دوره رشد گیاه، هر ۱۴ روز یک بار از خطوط ۲ و ۴ با احتساب خطوط حاشیه نمونه برداری انجام و نمونه ها برای محاسبه صفات فیزیولوژی به آزمایشگاه منتقل شدند. شاخص سطح برگ با دستگاه Leaf area meter اندازه گیری شد. برای تعیین ماده خشک بوته در واحد سطح، نمونه ها به مدت ۴۸ ساعت در درجه حرارت ۷۵ درجه سانتی گراد در آون قرار داده و سپس با

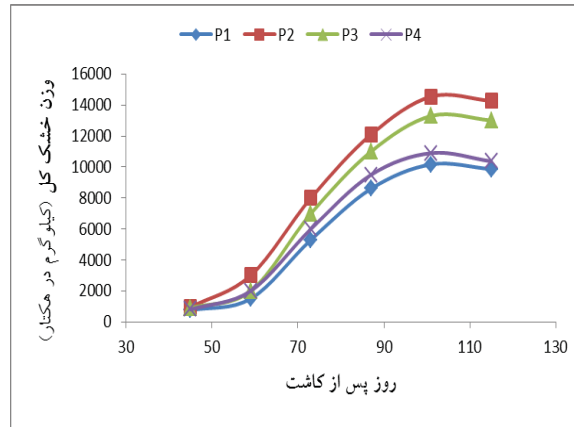
روند تجمع ماده خشک تحت تأثیر کاربرد توأم کودهای شیمیایی و بیولوژیکی نیتروژنه نشان داد که بیشترین ماده خشک کل (۱۳۴۶۷ کیلوگرم در هکتار) مربوط به کاربرد ۷۰ درصد کود اوره + ازتو باکتر و کمترین آن (۱۰۸۶۵ کیلوگرم در هکتار) متعلق به کاربرد تماماً کود اوره بود (نمودار ۲). بیشتر بودن ماده خشک کل در تیمار ۷۰ درصد کود اوره + ازتوباکتر می‌تواند به دلیل افزایش سطح ریشه در پاسخ به ترشح هورمون‌های مختلف گیاهی به وسیله کود زیستی ازتوباکتر باشد که موجب افزایش سطح تماس ریشه با خاک و در کل جذب بیشتر عناصر غذایی شود. بررسی رشیدی و همکاران (۱۳۹۰) نشان داد که در اثر تلقیح گندم با کودهای بیولوژیک وزن خشک بوته افزایش یافت. آنان دلیل این موضوع را بهبود دسترسی و جذب عناصر غذایی ذکر کرده و بیان داشتند، این موضوع در نهایت باعث افزایش تجمع ماده خشک گردیده است. تلقیح بذر با ازتوباکتر همراه با آزوسپیریلوم در مقایسه با کاربرد انفرادی آن‌ها منجر به افزایش بیشتر ماده خشک کل شد. به طوری که در سطوح شاهد کودهای نیتروژن و فسفر، تلقیح بذر با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد (ازتوباکتر و آزوسپیریلوم) موجب افزایش حدود ۲۰ درصدی در ماده خشک کل گردید (Amoaghai et al., 2003).

تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار (Ver.8) SAS انجام و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح پنج درصد استفاده شد، کلیه نمودارها به کمک نرم‌افزار Excel (Ver.2007) رسم شدند.

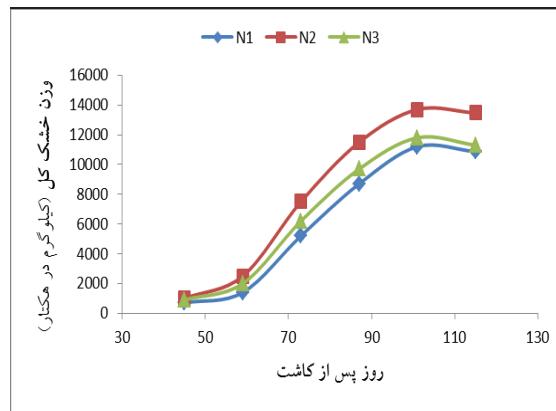
نتایج و بحث

روند تغییرات وزن خشک کل (TDW)

همان‌طور که در نمودار (۱) ملاحظه می‌شود، روند تغییرات وزن خشک کل در ابتدا کم و یک سیر صعودی رو به بالا دارد که این روند صعودی تا حدود ۸۷ روز پس از کاشت ادامه دارد و از این مرحله به بعد تا اواخر دوره رشد سیرثابتی پیدا می‌کند. بیشترین ماده خشک کل (۱۴۲۷۰ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار کاربرد ۷۰ درصد کود سوپرفسفات‌تریپل + بارور ۲ و کمترین آن (۱۰۳۶۵ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار کاربرد تماماً کود سوپرفسفات‌تریپل بود. در این تحقیق استفاده از کود زیستی بارور ۲ موجب افزایش معنی‌داری در تجمع ماده خشک شد. احتمالاً باکتری‌های موجود در کود بیولوژیکی بارور ۲ با تولید ترکیبات تنظیم‌کننده رشد گیاه و افزایش فراهمی عناصر برای گیاه باعث افزایش فتوسنتز و میزان تولید ماده خشک در گیاه می‌شوند. در این رابطه فارسانی و همکاران (۱۳۹۱) اعلام نمودند که با کاربرد ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفات و مابقی کود زیستی بارور ۲ بیشترین ماده خشک در گندم نیز حاصل گردید. بررسی



نمودار ۱- روند تغییرات وزن خشک کل در سطوح مختلف کود فسفات



نمودار ۲- روند تغییرات وزن خشک کل در سطوح مختلف کود نیتروژنه

نشان داد، بیشترین شاخص سطح برگ در زمان

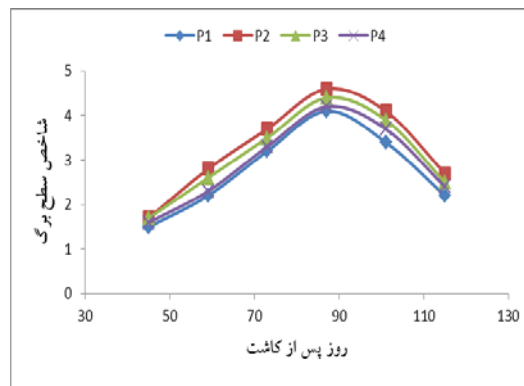
گلدهی (۴/۶) مربوط به تیمار کاربرد توام ۷۰ درصد کود سوپرفسفات تریپل + بارور ۲ و کمترین آن (۴/۱) مربوط به تیمار کاربرد تماماً کود سوپرفسفات تریپل بود. با کاربرد باکتری-های حل‌کننده فسفات بر روی جو و چغندر *et al* (2004) Fikrettin گزارش نمودند که تمامی تیمارهای کودی تلقیح شده با باکتری سودوموناس موجب افزایش معنی‌دار شاخص سطح برگ نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد باکتری) شدند. آن‌ها دلیل این امر را افزایش میزان جذب عناصر غذایی و مخصوصاً فسفر

روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI)

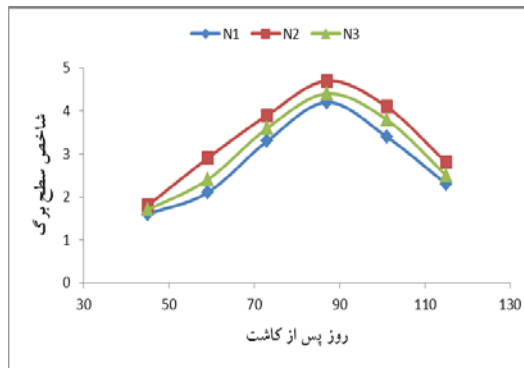
بررسی روند تغییرات شاخص سطح برگ با گذشت زمان نشان داد بیشترین شاخص سطح برگ در تمام تیمارها در زمان گلدهی (۸۷ روز پس از کاشت) مشاهده شد و با گذشت زمان تا مراحل پایانی، به علت ریزش برگ‌ها، از مقدار شاخص سطح برگ کاسته شد (نمودارهای ۳ و ۴). روند تغییرات شاخص سطح برگ در کاربرد توام کودهای شیمیایی و بیولوژیکی فسفر

تعیین می‌کند، این محققین بر افزایش معنی‌دار شاخص سطح برگ کلزا زمانی که کودهای نیتروژنه توأم با کودهای زیستی به کار برده شده بودند، تأکید دارند. Kyei- *et al* (2017) Boahen اظهار داشتند که باکتری‌های آزوسپیریلوم و پسودوموناس از طریق همیاری با ریشه گیاهان، موجب افزایش سطح جذب رطوبت می‌شود و این شبکه گسترده ریشه‌ای از طریق جذب آب و املاح و انتقال آن‌ها به گیاه میزبان موجب افزایش ارتفاع گیاه، سطح برگ و وزن خشک آن می‌شود.

عنوان کردند. روند تغییرات شاخص سطح برگ در کاربرد توأم کودهای شیمیایی و بیولوژیکی نیتروژن نشان داد، بیشترین شاخص سطح برگ (۴/۷) مربوط به تیمار ۷۰ درصد کود اوره + ازتوباکتر و کمترین آن (۴/۲) متعلق به کاربرد تماماً کود اوره بود (نمودار ۴). تغییرات شاخص سطح برگ در پاسخ به سطوح مختلف کود نیتروژنه در طول فصل رشد روند متفاوتی داشت و شاخص سطح برگ در گندم در اثر تیمار ۷۰ درصد کود اوره + ازتوباکتر روند برتری خود را تا انتهای دوره حفظ کرد. (2007) & Yasari Patwardhan بیان کردند که میزان افزایش سطح برگ، ظرفیت فتوسنتزی گیاه را



نمودار ۳- روند تغییرات شاخص سطح برگ در سطوح مختلف کود فسفات

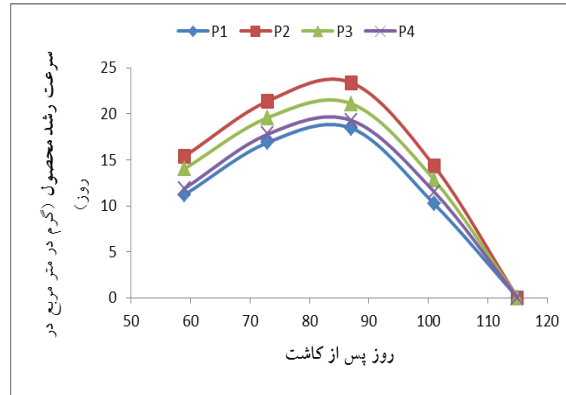


نمودار ۴- روند تغییرات شاخص سطح برگ در سطوح مختلف کود نیتروژنه

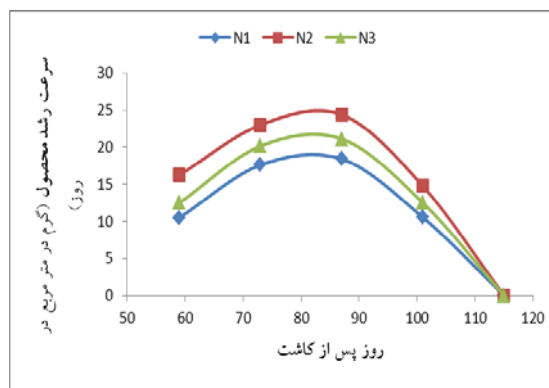
روند تغییرات سرعت رشد محصول (CGR)

سرعت رشد محصول زمانی به حداکثر می‌رسد که شاخص سطح برگ در آن زمان به حداکثر رسیده باشد. در گیاهان رشد محدود با ورود گیاه به فاز زایشی گسترش سطح برگ و به تبع آن سرعت رشد محصول کم می‌شود. روند تغییرات سرعت رشد محصول در کاربرد توأم کودهای شیمیایی و بیولوژیکی فسفره در شرایط مزرعه نشان داد، بیشترین سرعت رشد محصول (۲۳/۴ گرم در متر مربع در روز) مربوط به تیمار کاربرد توأم ۷۰ درصد کود سوپرفسفات‌تریپل + بارور ۲ و کمترین آن (۱۸/۴۵ گرم در مترمربع در روز) مربوط به کاربرد تماماً کود سوپرفسفات‌تریپل بود (نمودار ۵). با توجه به نتایج این آزمایش تیمار ۷۰ درصد کود شیمیایی فسفات به همراه کود زیستی بارور ۲ باعث بیشتر شدن روند سرعت رشد گیاه در گندم گردید. این نتایج نشان‌دهنده تأثیر بیشتر کاربرد توأم کودهای زیستی و شیمیایی نسبت به کاربرد انفرادی هر کدام از آنها دارد. طبق یافته‌های بدست آمده می‌توان بیان داشت که احتمالاً کود بارور ۲ از طریق تولید هورمون محرک رشد، باعث افزایش سرعت رشد در گندم شده است که با افزایش نسبت کود

سوپرفسفات‌تریپل به بارور ۲ این مقدار افزایش یافته است (Vessey, 2003; Fathollahi & Zonuz et al., 2014). در ارزیابی نمودار روند تغییرات سرعت رشد محصول در کود نیتروژنه، بیشترین سرعت رشد محصول (۲۴/۳ گرم در مترمربع در روز) مربوط به تیمار کاربرد ۷۰ درصد کود اوره + ازتوباکتر و کمترین آن (۱۸/۴ گرم در گرم در مترمربع در روز) متعلق به تیمار کاربرد تماماً کود اوره بود (نمودار ۶). (2007) Yasari & Patwardhan گزارش کردند که سرعت رشد محصول در کلزا در کاربرد توأم کودهای بیولوژیک ازتوباکتر با کود شیمیایی اوره نسبت به استفاده جداگانه و نیز عدم استفاده از آنها، دارای سرعت رشد محصول بیشتری بود. همچنین (2000) Sawicka & Sweszynska گزارش کردند که تعداد جمعیت باکتری‌های محرک رشد در مراحل مختلف رشد و نمو غلات در کنار کود نیتروژنه افزایش می‌یابد و کاربرد نیتروژن معدنی در زمان مناسب در خاک، ضمن کمک به این باکتری‌ها موجب می‌شود گیاه با افزایش رشد رویشی، بهره‌برداری بهتر از نور و فتوسنتز و تخصیص ماده خشک بیشتر به بوته، به افزایش سرعت رشد محصول و ماده خشک تولیدی در گیاه کمک نماید.



نمودار ۵- روند تغییرات سرعت رشد محصول در سطوح مختلف کود فسفات



نمودار ۶- روند تغییرات سرعت رشد محصول در سطوح مختلف کود نیتروژنه

فتوسنتزسازی را به خود اختصاص دهد. که

احتمالاً باکتری‌های جذب‌کننده فسفات، با

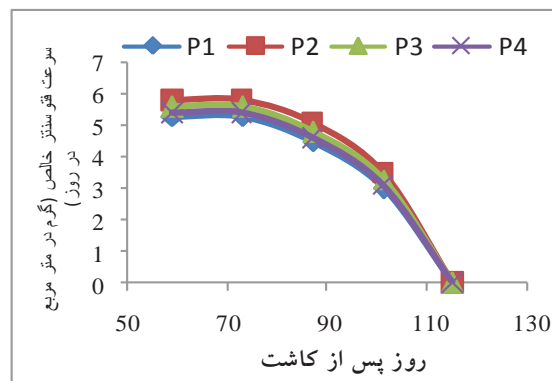
جذب بیشتر فسفات از سوپرفسفات، و روند جذب سایر عناصر ضروری، تأثیر مستقیمی بر عملکرد کلروفیل برگ داشته و در نتیجه افزایش غلظت کلروفیل در برگ‌های گیاه گندم، سبب افزایش سرعت فتوسنتز و تثبیت کربن شده است. در این رابطه فارسانی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند که حضور کودهای بیولوژیک مقادیر سیتوکینین و کلروفیل را در گیاه افزایش می‌دهد و در نهایت موجب افزایش رشد گیاه می‌شود. روند تغییرات سرعت فتوسنتز خالص

روند تغییرات سرعت جذب خالص (NAR)

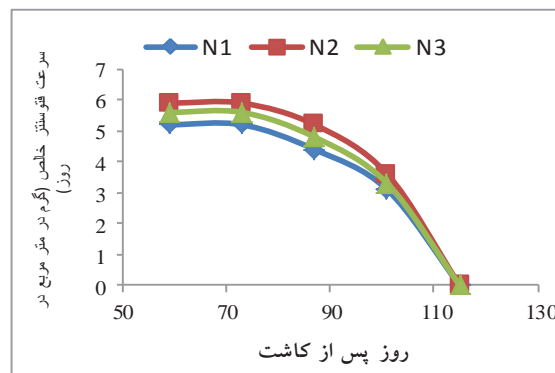
روند تغییرات سرعت فتوسنتز خالص در کاربرد توأم کود بیولوژیکی و کود زیستی فسفر، نشان داد بیشترین سرعت فتوسنتز خالص (۵/۸ گرم در مترمربع در روز) در ابتدای دوره رشد، مربوط به تیمار کاربرد توأم ۷۰ درصد کود سوپرفسفات تریپل + بارور ۲ و کمترین آن (۵/۳ گرم در مترمربع در روز) مربوط به کاربرد تماماً کود سوپرفسفات تریپل بود (نمودار ۷). کود بارور ۲ با کاربرد توأم همراه با مقدار ۷۰ درصد سوپرفسفات تریپل توانست بیشترین روند

باعث افزایش ارتفاع بوته شده است که با گسترش سطح برگ و روند کلروفیل‌سازی بهتر باعث جذب بیشتر تشعشع خورشیدی و روند آسیمیلات‌سازی بیشتر شد (Kader *et al.*, 2002). فرخی و ارادتمند اصلی (۱۳۸۷) گزارشی دادند کاربرد توام کودهای زیستی به همراه نیتروژن باعث افزایش معنی‌داری در میزان جذب دی‌اکسیدکربن و بالا بردن کارایی فتوسنتز در ذرت گردید که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت.

تحت تأثیر کاربرد توام کودهای شیمیایی و بیولوژیکی نیتروژن نشان داد، بیشترین سرعت فتوسنتز خالص (۵/۹ گرم در مترمربع در روز) مربوط به تیمار ۷۰ درصد کود اوره + ازتوباکتر و کمترین آن (با ۵/۲ گرم در مترمربع در روز) متعلق به کاربرد تماماً کود اوره بود (نمودار ۸). به نظر می‌رسد که با کاربرد توام ازتوباکتر به همراه کود اوره سرعت فتوسنتز خالص و روند جذب آن افزایش یافته چرا که باکتری‌های موجود در این کود زیستی احتمالاً با تحریک رشد ریشه و افزایش آن و در نتیجه تثبیت و جذب بیشتر نیتروژن از فرم معدنی به آلی،



نمودار ۷- روند تغییرات سرعت جذب خالص در سطوح مختلف کود فسفات



نمودار ۸- روند تغییرات سرعت جذب خالص در سطوح مختلف کود نیتروژنه

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کود فسفات و نیتروژن و اثر متقابل تیمارها بر صفت عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی-دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسات میانگین اثرات ساده تیمارها نشان داد در بین سطوح کود فسفره تیمار ۷۰ درصد سوپر فسفات تریپل + بارور ۲ بیشترین عملکرد دانه (۵۷۸۵/۴۱) کیلوگرم در هکتار) و تیمار تماماً کود سوپر فسفات تریپل کمترین عملکرد دانه (۴۰۱۲/۱۴) کیلوگرم در هکتار) را به خود اختصاص دادند (جدول ۳).

همچنین در بین سطوح کود نیتروژن تیمار ۷۰ درصد کود اوره + ازتوباکتر بیشترین عملکرد دانه (۵۵۳۹/۳۱) کیلوگرم در هکتار) و تیمار ۱۰۰ درصد کود اوره کمترین عملکرد دانه (۴۱۵۱/۳۷) کیلوگرم در هکتار) را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). طبق نتایج مقایسات میانگین اثر متقابل تیمارها بیشترین عملکرد

دانه (۶۷۴۰/۱۳) کیلوگرم در هکتار) متعلق به تیمار ۷۰ درصد سوپر فسفات + بارور ۲ و تیمار ۷۰ درصد اوره + ازتوباکتر و کمترین آن (۳۴۸۱/۷۲) کیلوگرم در هکتار) در تیمار کودی ۱۰۰ درصد کود اوره مشاهده شد (جدول ۴). می‌توان بیان نمود که در اثر کاربرد این باکتری-ها در کودهای زیستی، روابط مثبت بین گندم، کود شیمیایی و این باکتری‌ها تقویت گردیده و منجر به افزایش عملکرد دانه شده است. برخی محققین نتایج مشابهی در این ارتباط اشاره کرده اند (Hashim Fadlalla *et al.*, 2016;) (Cecilia *et al.*, 2004; Lynch, 2002). Tanwar *et al* (2002) با استفاده از تیمارهای مختلف کود فسفره و کودهای زیستی سودوموناس نشان دادند که اثر متقابل بین آنها معنی‌دار است و همچنین تلقیح با کود زیستی به علاوه کاربرد ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر باعث بالاترین عملکرد دانه گردید.

جدول ۲- خلاصه نتایج تجزیه واریانس اثر کودهای شیمیایی و بیولوژیکی فسفات و نیتروژن بر صفت عملکرد

دانه		
منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه
تکرار	۲	۱۹۰۴۷/۱۴۸**
کود فسفات (P)	۳	۲۰۳۵۹/۷۱۵**
کود نیتروژن (N)	۲	۱۸۵۴۲/۶۰۲**
N × P	۶	۱۶۹۷۵/۲۲۵**
خطای آزمایشی	۲۲	۲۷۱۵/۴۸۷
ضریب تغییرات (درصد)	-	۹/۱

^{n.s} عدم معنی دار، * و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات ساده کودهای شیمیایی و بیولوژیکی فسفات و نیتروژن بر صفت عملکرد

دانه	
عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	کود فسفات
۴۰۱۲/۱۴ ^{cc}	تماماً کود سوپر فسفات تریپل (P ₁)
۵۷۸۵/۴۱ ^a	۷۰ درصد کود سوپر فسفات تریپل + بارور ۲ (P ₂)
۵۲۱۹/۷۹ ^{ab}	۴۰ درصد کود سوپر فسفات تریپل + بارور ۲ (P ₃)
۴۲۱۴/۸۱ ^b	تماماً بارور ۲ (P ₄)
کود نیتروژن	
۴۱۵۱/۳۷ ^c	۱۰۰ درصد کود اوره (N ₁)
۵۵۳۹/۳۱ ^a	۷۰ درصد کود اوره + ازتوباکتر (N ₂)
۴۶۷۱/۸۷ ^b	۴۰ درصد کود اوره + ازتوباکتر (N ₃)

* میانگین تیمارهایی که دارای حروف مشابهی هستند؛ بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی داری با همدیگر ندارند.

(2007) در طی آزمایشات خود به این نتیجه رسیده بودند که کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی با کودزیستی باعث حصول بیشترین عملکرد دانه نسبت به مصرف تنهایی هر کدام از کودهای شیمیایی و زیستی می شود.

(2002) Kader Tanwar *et al* افزایش عملکرد گندم را به دلیل تلقیح با ازتوباکتر و تثبیت نیتروژن آمونیوم، فسفات، پتاسیم و آهن، و افزایش فعالیت نیترات رداکتاز گزارش کردند. اثر مثبت کودهای افزایشنده رشد نیز در سایر گیاهان از جمله در جو نیز گزارش شده است (Ozturk *et al.*, 2003). Amujoyegbe *et al*

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل کودهای شیمیایی و بیولوژیکی فسفات و نیتروژن بر صفت عملکرد دانه

عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	کود فسفات	کود نیتروژن
۳۴۸۱/۷۲ ^{d-g}	تماماً کود سوپر فسفات تریپل (P ₁)	۱۰۰ درصد کود اوره (N ₁)
۴۹۳۰/۸۴ ^{b-d}	۷۰٪ سوپر فسفات تریپل + بارور ۲ (P ₂)	
۴۵۱۸/۶۱ ^c	۴۰٪ سوپر فسفات تریپل + بارور ۲ (P ₃)	
۳۶۷۴/۳۱ ^{d-f}	تماماً بارور ۲ (P ₄)	
۴۴۷۰/۳۹ ^{cd}	تماماً کود سوپر فسفات تریپل (P ₁)	۷۰ درصد کود اوره + ازتوباکتر (N ₂)
۶۷۴۰/۱۳ ^a	۷۰٪ سوپر فسفات تریپل + بارور ۲ (P ₂)	
۶۰۲۹/۷۳ ^{ab}	۴۰٪ سوپر فسفات تریپل + بارور ۲ (P ₃)	
۴۹۱۷/۰۱ ^{cd}	تماماً بارور ۲ (P ₄)	
۳۸۳۵/۳۲ ^{de}	تماماً کود سوپر فسفات تریپل (P ₁)	۴۰ درصد کود اوره + ازتوباکتر (N ₃)
۵۶۸۵/۲۷ ^b	۷۰٪ سوپر فسفات تریپل + بارور ۲ (P ₂)	
۵۱۱۱/۰۵ ^{bc}	۴۰٪ سوپر فسفات تریپل + بارور ۲ (P ₃)	
۴۰۵۳/۱۱ ^d	تماماً بارور ۲ (P ₄)	

* میانگین تیمارهایی که دارای حروف مشابهی هستند؛ بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با همدیگر ندارند.

نتیجه گیری

در مجموع می‌توان بیان نمود برای رسیدن به حداکثر عملکرد و شاخص‌های فیزیولوژیکی مصرف به تنهایی کودهای شیمیایی و زیستی کافی نمی‌باشد. در این تحقیق باکتری‌های موجود در کودهای زیستی نظیر ازتوباکتر و فسفر بارور ۲ در حضور مصرف مقادیر بیشتری از کودهای شیمیایی واکنش بهتری از خود نشان دادند. در مجموع تیمار ۷۰ درصد کود سوپر فسفات تریپل + کود زیستی فسفات بارور ۲ و کود ۷۰ درصد اوره + ازتوباکتر بیشترین عملکرد دانه و شاخص‌های رشد را به خود اختصاص داد و قابل توصیه است.

فهرست منابع

توحیدی مقدم، ح. ر.، م. نصری، ح. زاهدی، و ف. قوشچی. ۱۳۸۶. بهینه سازی مصرف کودهای شیمیایی فسفات به منظور نیل به اهداف کشاورزی پایدار با نهاده کافی در زراعت ذرت. دومین همایش ملی کشاورزی بوم شناختی ایران. ص ۲۹-۲۵.

رشیدی، ز.، م. ج. زارع، ف. رجالی، و ع. اشرف مهربانی. ۱۳۹۰. تأثیر خاک‌ورزی و تلفیق کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد کمی و کیفی گندم نان و فعالیت زیستی خاک تحت شرایط دیم. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. ۴(۲): ۲۰۶-۱۸۹.

- canola ecosystem. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 8(2): 317-324.
- Blak, C. A.** 2011. Soil fertility evaluation and control. Lewis Publisher, London 415 pp.
- Cecilia, M. C., R. J. Sueldo, and C. A. Barassi.** 2004. Water relations and yield in Azospirillum-inoculated wheat exposed to drought in field Canada. *Journal Botany*. 82: 273-281.
- Fathollahi Zonuz, A., P. Gharavi Kouche Bagh, and A. Gasemi.** 2014. Effects of Combined Use of Bio-Fertilizers and Chemical Fertilizers at Different Stages on Physiological and Morphological Characters of Navy Bean. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences*. 4(3): 423-427.
- Fikrettin, S., Chakmakji, R. and F. Kantar.** 2004. Sugar beet and barley yield in relation to inoculation with N₂-fixing and phosphate solubilizing bacteria. *Plant. Soil*. 256: 123-129.
- Hashim Fadlalla, A., A. A. Hatim Abukhlaif, and S. Somaya Mohamed.** 2016. Effects of chemical and bio-fertilizers on yield, yield components and grain quality of maize (*Zea mays* L.). *African Journal of Agricultural Research*. 11(45): 4654-4660.
- Kader, M. A., M. H. Mian, and M. S. Hoque.** 2002. Effect of Azetobacter inoculation on the yield and Nitrogen uptake by wheat. *Online Journal Biology Science*. 2(4): 259-261.
- فارسانی، ف.، م. چرم، و ن. عنایتی. ۱۳۹۱. اثرات کاربرد کودهای بیولوژیک و شیمیایی بر میزان فرم‌های نیتروژن معدنی خاک و عملکرد گندم در دو بافت خاک. اولین همایش ملی حفاظت و برنامه ریزی محیط زیست. صفحات: ۱۰-۱۴
- فرخی، غ، ر.، و د. ارادتمند اصلی. ۱۳۸۷. تأثیر پیروکسین و سطوح مختلف نیتروژن لر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه ای رقم سینگل کراس ۷۰۴. مجله زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۴(۱): ۵-۱۶.
- Amanullah, A., M. A. Saifullah Khan, and A. Jahangir Khan.** 2012. Biofertilizer a possible substitute of fertilizers in production of wheat variety zaardan in balochiistan substitute in balochistan. *Pakistan Journal of Agricultural Research*. 25(1): 25-39.
- Amoaghai, R., A. Mostajeran, and G. Emtiazi.** 2003. Effect of Azospirillum on some growth and yield indices of three wheat cultivars. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 7 (2): 138-127.
- Amujoyegbe, B. J., J. T. Opbode, and A. Olayinka.** 2007. Effect of organic and inorganic fertilizer on yield and chlorophyll content of *Zea mays* and sorghum bicolor. *Plant Science*. 46: 1869-1873.
- Ayneband, A., M. Tehrani, and D. A. Nabati.** 2010. Residue management and N-splitting methods effects on yield, biological and chemical characters of

- productivity of black gram. *Annals of Agriculture Research*. 23(3): 491-493.
- Umesha, S., M. Divya, K. S. Prasanna, R. N. Lakshmi pathi, and K. R. Sreeramulu.** 2013. Comparative effect of organics and biofertilizers on growth and yield of maize (*Zea mays L.*). *Current Agriculture Research Journal*. 3(29): 5-12.
- Vessey, J. K.** 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*. 255: 571-586.
- Vos, J., P. E. L. Van der Putten, and C. J. Birch.** 2005. Effect of nitrogen supply on leaf appearance, leaf growth, leaf nitrogen economy and photosynthetic capacity in maize (*Zea mays L.*). *Field Crops Research*. 93 (1): 64-73.
- Watson, D.** 1967. The physiological basis of variation in yield. *Agronomy Journal*. 4: 101-149.
- Yasari, E. and A. M. Patwardhan.** 2007. Effects of Azotobacter and Azospirillum inoculations and chemical fertilizers on growth and productivity of Canola. *Asia Journal Plant Science*. 6(1): 77-82.
- Khavari, S.** 2010. The need for industrial production of bio-fertilizers in the country. Sinai Publishing. 420 pp.
- Kyei-Boahen, S., C. E. N. Savala, D. Chikoye, and R. Abaidoo.** 2017. Growth and yield responses of cowpea to inoculation and Phosphorus fertilization in different Environments. *Frontiers in Plant Science*. 8(646): 1-13.
- Lynch, J. M.** 2002. Resilience of the rhizosphere to antropogenic disturbance. *Biodegradation*. 13: 21-27.
- Ozturk, A., O. Caglar, and F. Sahin.** 2003. Yield response of wheat and barely to inoculation of plant growth fertilizer. *Journal Plant Nutriant Soil Science*. 166: 262-266.
- Sweszynska, D. and A. Sawicka.** 2000. Effect of inoculation with Azospirillum brasilense on development and yielding of maize (*Zea mays L.*) under different cultivation conditions. *Polish Journal of Environmental Studies*. 9 (6): 505- 509.
- Tanwar, S. P. S., G. L. Sharma, and M. S. Chahar.** 2002. Effects of phosphorus abd biofertilizers on growth and

Investigating the effect of combined application of chemical and biological phosphate and nitrogen fertilizers on agro-physiological traits of wheat

M. Karimi¹, K. Marashi^{2*}, Kh. Payandeh³

1- Graduated MSc, Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

2- Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

3- Department of Soil Science, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

Abstract

Biological fertilizers have been considered as an alternative strategy for using instead chemical fertilizers to improve soil fertility in a sustainable agriculture debate. In order to study the effect of combined application of chemical and biological phosphates and nitrogen fertilizers on agro-physiological indices of wheat, this research was conducted according factorial experiment based on randomized complete block design with three replications during 2015-2016. The treatments consisted of phosphorus fertilizer at four levels (only triple super phosphate fertilizer, 70% triple super phosphate + biologic fertilizer: Barvar 2, 40% triple super phosphate fertilizer + biologic fertilizer: Barvar 2, biologic fertilizer: Barvar 2) and Nitrogen fertilizer in three levels (only urea fertilizers, 70% urea + Azotobacter, 40% urea + Azotobacter). The results of evaluation of growth indices showed that treatment of 70% triple super phosphate fertilizer + biologic fertilizer: Barvar 2 with treatment of 70% urea fertilizer and + Azobacter increased leaf area index, total dry matter, crop growth rate and net assimilation rate. According result of analysis of variance effect of phosphorus and nitrogen fertilizer and interaction effect of treatments on seed yield was significant at 1% probability level. The highest seed yield (with 6740 kg.ha⁻¹) was obtained from treatments of 70% triple super phosphate fertilizer + biologic fertilizer: Barvar 2 with 70% urea fertilizer and + Azobacter and the lowest one (3481 kg.ha⁻¹) belonged to triplet super phosphate + urea fertilizer treatment. Finally the results of this research indicated that with the use of 70% triple super phosphate fertilizer + biologic fertilizer: Barvar 2 with 70% urea fertilizer and + Azobacter was achieved the highest seed yield and growth indices and it will be advisable.

Key words: Leaf area index, Nutrition, Seed yield, Wheat

* Corresponding author (Marashi_47@yahoo.com)