اثر باکتری‌های افزاینده رشد و قارچ میکوریزا بر رشد و عمکرد گندم در شرایط دیم

رحیم ناصری[1]، مهرشاد براری، محمدجواد زارع، کاظم خاوازی و زهرا طهماسبی

دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام؛ **rahim.naseri@gmail.com**

گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام؛ **bararym@gmail.com**

گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام؛ **mj.zarea@ilam.ac.ir**

دانشیار پژوهش مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات،آموزش وترویج کشاورزی، کرج، ایران؛ **kkhavazi@yahoo.com**

گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام؛ **z.tahmasebi@ilam.ac.ir**

دریافت: **95/5/27** و پذیرش: **95/11/2**

چکیده

به منظور بررسی رشد و عمکرد گندم در شرایط دیم، آزمایشی مزرعه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام در سال زراعی 93-1392 اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل عامل رقم گندم در دو سطح (کراس‌سبلان و ساجی) و عامل منابع کودی در هشت سطح شامل: 1- عدم مصرف کود شیمیایی فسفر، 2- 100 درصد کود شیمیایی فسفر، 3- باکتری *سودوموناس پوتیدا* (سویه 168)، 4- قارچ *فانیلی فورمیس موسه*، 5- باکتری *سودوموناس پوتیدا*+قارچ *فانیلی‌فورمیس موسه*، 6- باکتری *سودوموناس پوتید*+قارچ *فانیلی‌فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر، 7- باکتری *سودوموناس پوتیدا*+50 درصد کود شیمیایی فسفر و 8- قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر بودند. نتایج این پژوهش نشان داد که اثر رقم و منابع کودی بر وزن خشک سنبله، وزن خشک ساقه، میزان کلروفیل a و b، وزن خشک ریشه، مجموع طول ریشه، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، طول دوره پرشدن دانه، سرعت پر شدن دانه، انتقال مجدد ماده خشک و میزان فتوسنتز جاری معنی‌دار بود. رقم ساجی دارای بیشترین سرعت پر شدن دانه، انتقال ماده خشک از ساقه، سنبله و فتوسنتز جاری بود. کود زیستی در شرایط دیم دارای اثر مثبت و معنی‌داری بر طول پرشدن دانه، سرعت پر شدن دانه، انتقال مجدد ماده خشک و میزان فتوسنتز جاری داشت، به طوری که در بین تیمارهای منابع کودی، قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر بیشترین طول دوره پرشدن دانه، سرعت پر شدن دانه، انتقال مجدد ماده خشک، میزان فتوسنتز جاری، میزان کلروفیل a و b، وزن خشک ریشه، مجموع طول ریشه و نیتروژن برگ را دار بود. نتایج این تحقیق نشان داد که در شرایط کشت گندم دیم در ایلام که گیاه با تنش‌های آخر فصلی (خشکی و دما) مواجه می‌گردد، بنابراین گندم دیم رقم ساجی و قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر به دلیل بالا بودن میزان کلروفیل، عناصر غذایی، سرعت و طول دوره پر شدن دانه و فتوسنتز جاری که سبب افزایش عملکرد دانه می‌گردند را می‌توان پیشنهاد نمود.

واژه‌های کلیدی: فتوسنتز جاری، کارآیی انتقال مجدد، کلروفیل و منابع کودی

---

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: ایلام - خیابان پژوهش- دانشگاه ایلام، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات

مقدمه

باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد، گروه ویژه‌ای از میکروارگانیسم‌های خاک هستند که با کلونیزاسیون در محیط ریشه باعث افزایش رشد و کارآیی گیاه از طریق مکانیسم‌های مستقیم و غیر مستقیم می‌شوند (قربان‌پور و همکاران، 1393). باکتری‌های جنس *ازتوباکتر*، *آزوسپیریلوم* و *سودوموناس* از مهمترین باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه می‌باشند که با تولید مقادیر قابل ملاحظه‌ای از هورمون‌های تحریک کننده رشد به ویژه انواع اکسین، جیبرلین و سیتوکنین رشد و نمو و عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند (آزادی و همکاران، 1392). یکی از مهمترین روابط همزیستی در عالم حیات که در طی دوره تکامل به وجود آمده است، همزیستی میکوریزا می‌باشد که در آن، ریشه گیاه با قارچ به صورت یک واحد زنده فعالیت می‌کنند و از یکدیگر سود می‌برند. قارچ‌های میکوریزا قادر به برقراری همزیستی مسالمت آمیزی با ریشه گیاهان خشکی‌زی هستند. بر اثر این همزیستی دو طرف سود برده و به رشد یکدیگر کمک می‌کنند (ناصری و همکاران، 1395). عملکرد دانه در گندم محصول پایانی فرآیند تولید مواد پرورده و مسیرهای مصرفی آن است، به طوری‌که میزان عملکرد دانه به تعادل بین جذب و ساخت مواد آلی در منابع و مصرف مخازن وابسته است و ممکن است به وسیله یکی از آن دو محدود شود (نوریانی، 1394).

وزن دانه از سه منبع فتوسنتز جاری بعد از گرده‌افشانی، انتقال کربوهیدرات‌هایی که قبل از گرده افشانی در گیاه تولید و ذخیره شده و بعد از گرده افشانی به دانه منتقل می‌گردد، این فرآیند اصطلاحاً حرکت مجدد نامیده می‌شود و انتقال کربوهیدرات‌هایی که بعد از گرده‌افشانی و در دوری رشد کاهشی دانه، یعنی دوره‌ای که اسیمیلات‌های[1] حاصل از فتوسنتز جاری گیاه به دلیل محدودیت پذیرش دانه‌های تازه تشکیل شده، بیش از نیاز دانه‌ها بوده و بنابراین به صورت موقت در گیاه ذخیره می‌شوند، (این فرآیند را اصطلاحاً انتقال مجدد می‌نامند) تأمین می‌گردد (نوریانی، 1394). با توجه به وقوع تنش خشکی در دورهٔ پر شدن دانهٔ گندم و نامساعد بودن شرایط برای انجام اعمال فتوسنتزی گیاه، وجود مکانیزم‌های جبرانی به منظور تأمین امنیت عملکرد دانه، بسیار ضروری می‌باشد و از آنجا که دو فرآیند فیزیولوژیکی فتوسنتز جاری و انتقال مجدد ترکیبات تجمع یافته در اندام‌های قبل از گلدهی در رشد و نمو دانه دخالت دارند (میرطاهری و همکاران، 1389). در گندم پس از فتوسنتز جاری می‌توان به کربوهیدرات‌های ذخیره شده درساقه به عنوان منبع تأمین کننده کربوهیدرات‌های مورد نیاز برای پرکردن دانه اشاره نمود (اهدایی و همکاران، 2008). با توجه به همزمانی تنش گرما پایان فصل با مرحله پر شدن دانه، عنوان یکی از مولفه‌های مهم عملکرد بیشتر از سایر مولفه‌ها تحت تأثیر قرار می‌گیرد وزن دانه می‌باشد. این مؤلفه از یک سو به میزان مواد فتوسنتزی موجود (مبداء) به ویژه در مراحل اولیه رشد دانه و از سوی دیگر به ظرفیت و توانایی دانه‌های در حال رشد (مخزن) برای ذخیر ه مواد فتوسنتزی بستگی دارد (مدحج و همکاران، 1390). غلظت کلروفیل برگ نشانه پایداری فتوسنتز می‌باشد و به طور قابل توجهی در گیاهان تحت تنش گرما کاهش می‌یابد که این امر به دلیل نشاندهنده بیوسنتز کلروفیل یا افزایش تجزیه آن به دلیل اکسیداسیون نوری باشد (کایر و همکاران، 2015). نشان داده شده است قارچ میکوریزا موجب افزایش میزان کلروفیل در گیاه گندم خواهد شد، به طوری‌که میزان کلروفیل a، b و کل در تیمارهای تلقیح شده با قارچ میکوریزا به ترتیب 13/7، 33/5 و 17/4 درصد نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح با قارچ میکوریزا) افزایش نشان داد (موچشی و همکاران، 2012). در گزارش‌های اسرار و الهیند (2011) نشان داده شده است که قارچ میکوریزا از طریق ایجاد شبکه گسترده هیف خود در داخل خاک و در محیط ریزوسفر سبب جذب عناصر فسفر، نیتروژن و انتقال این عناصر به گیاه میزبان خواهد شد.

در آزمایش‌های رودرش و همکاران (2005) باکتری‌های حل کننده فسفات جذب نیتروژن در اندام‌های هوایی در گیاه زراعی نخود را افزایش داد. الماس و ساغیر (2005) نشان دادند در حضور باکتری *سودوموناس* میزان فسفر در گندم افزایش قابل ملاحظه‌ای پیدا کرد. از آنجا که تحقیقات زیادی در مورد باکتری *سودوموناس پوتیدا* و قارچ *فانیلی فورمیس موسه* بر گندم دیم در کشور و بویژه در استان ایلام انجام نشده است، آزمایش حاضر با هدف بررسی اثر باکتری *سودوموناس پوتیدا* و قارچ *فانیلی فورمیس موسه* بر انتقال مجدد ماده خشک گندم دیم انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی رشد و عمکرد گندم در شرایط دیم، آزمایشی مزرعه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام در سال

---

1. Assimilation

زراعی 93-1392 با طول جغرافیایی 46 درجه و 28 دقیقه و عرض جغرافیایی 33 درجه و 37 دقیقه و ارتفاع از سطح دریا برابر با 1174 متر اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل عامل رقم گندم دیم در دو سطح (گندم نان (کراس-سبلان) و دوروم (ساجی)) و عامل تیمار منابع کودی در هشت سطح شامل: 1- عدم مصرف کود شیمیایی فسفر، 2- 100 درصد کود شیمیایی فسفر، 3- باکتری *سودوموناس پوتیدا* (سویه 168)، 4- قارچ*فانیلی فورمیس موسه*، 5- باکتری *سودوموناس پوتیدا*+قارچ*فانیلی فورمیس موسه*، 6- باکتری *سودوموناس پوتیدا*+قارچ*فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر، 7- باکتری *سودوموناس پوتیدا*+50 درصد کود شیمیایی فسفر و 8- قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر در نظر گرفته شدند. زمین محل اجرای آزمایش را در مهرماه شخم زده و در اواسط آبان ماه عملیات آماده سازی تکمیلی زمین شامل شخم، دیسک‌زنی و کرت‌بندی انجام شد. ابعاد هر کرت هشت مترمربع، تعداد خطوط هشت ردیف و طول هر ردیف چهار متر و فاصله هر تکرار یک متر در نظر گرفته شد. هر کرت آزمایش شامل هشت خط کاشت با فاصله 25 سانتی‌متر و طول چهار متر در نظر گرفته شد. باکتری *سودوموناس پوتیدا* سویه 168 (جدول 1) و قارچ *فانیلی فورمیس موسه* مورد استفاده در این پژوهش از بخش میکروبیولوژی، موسسه خاک و آب کرج تهیه گردید. قبل از کشت، جهت تلقیح بذور گندم به میزان هفت گرم مایه تلقیح که هر گرم آن دارای 10^7 عدد باکتری *سودوموناس* زنده و فعال و قارچ میکوریزا که هر گرم آن دارای 150 اسپور زنده، با بذرها تلقیح و با صمغ عربی آغشته شد و پس از تهیه کردن بستر کاشت، بذور تلقیح شده در شیارهای ایجاد شده انداخته و با خاک پوشانده شدند.

آمار هواشناسی محل مورد آزمایش در جدول 2 ارائه شده است. مقدار بذر مصرفی برای هر هکتار 120 کیلوگرم بود. در قطعه زمین انتخاب شده قبل از کاشت چند نمونه تصادفی از عمق صفر تا 30 سانتی‌متر خاک تهیه و پس از مخلوط کردن در آزمایشگاه خاکشناسی مورد بررسی قرار گرفت. کودهای نیتروژن و فسفر بر اساس آزمون خاک (جدول 3) مورد استفاده قرار گرفتند. کود نیتروژن به میزان 120 کیلوگرم در هکتار در دو مرحله (در هنگام کاشت و شروع ساقه‌دهی) به زمین داده شد. درمورد کود فسفره50 کیلوگرم در هکتار از منبع سوپر فسفات تریپل 100% کود توصیه شده در زمان کاشت مصرف گردید. در طول فصل رشد نیز علف‌های هرز به صورت دستی کنترل شدند. در این آزمایش هیچگونه بیماری و آفتی مشاهده نگردید. به منظور اندازه‌گیری عملکرد دانه بوته‌های موجود در هرکرت پس از حذف اثرات حاشیه‌ای در 2/25 متر مربع به صورت جداگانه کف بر و محاسبه گردید. برای سنجش محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی در مرحله گرده افشانی از برگ پرچم نمونه‌برداری انجام گرفت. مقدار 0/5 گرم از بافت برگ که رگبرگ خشبی آن جدا شده بود، در هاون چینی ریخته شد. سپس با استفاده از نیتروژن مایع آن را خرد کرده و به خوبی له شد. با افزایش استون 80 درصد حجم نهایی به 20 میلی‌لیتر رسید. از قسمت کاملا صاف شده محلول حاصل، برای کاهش ناخالصی‌های احتمالی 18 میلی‌لیتر برداشت شد و در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت6000 دور در دقیقه به‌مدت 10 دقیقه عصاره‌گیری شد (آرنون، 1967).

کلروفیل a= (19.3 × A663 - 0.86 × A645) V/100W

کلروفیل b = (19.3 × A645 - 3.6 × A663) V/100W

V= حجم محلول صاف شده (محلول رویی حاصل از سانتریفیوژ)، W= وزن تر نمونه (گرم)، A= جذب نور در طول موج‌های 663، 645 و 470 نانومتر، W= وزن تر نمونه بر حسب گرم. نیتروژن اندام‌های به روش کجلدال (امامی، 1375)، فسفر به روش کالیمتری (مینوچا و همکاران، 1994) و پتاسیم با غلظت پتاسیم با دستگاه فلیم فتومتر (امامی، 1375) اندازه‌گیری شدند. در این آزمایش مدت و طول دوره پرشدن دانه (انتقال مجدد) جهت بررسی نقش باکتری *سودوموناس پوتیدا* و قارچ *فانیلی فورمیس موسه* در کشت دیم از روابط زیر ارزیابی شد: طول دوره پر شدن دانه (تعداد روز بین گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیکی)، سرعت پر شدن دانه (خارج قسمت نهایی وزن نهایی دانه بر طول دوره پر شدن دانه) محاسبه گردید (مجدی و همکاران، 1390).

در این آزمایش میزان انتقال مجدد، کارآیی انتقال مجدد، سهم ذخایر قبل از گلدهی در عملکرد دانه از روابط زیر ارزیابی شد: رابطه (1): $A = B - C$، رابطه (2): $E = \left(A/B\right) \times 100$، رابطه (3): $F = \left(A/D\right) \times 100$. A= انتقال مجدد ذخیرهای از ساقه، B= میزان ماده خشک ساقه در گلدهی، D= عملکرد دانه، E= کارآیی انتقال مجدد از ساقه به دانه (درصد) و F= سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه (درصد). میزان فتوسنتز جاری= عملکرد دانه- انتقال مجدد ماده خشک ضربدر 100. سهم فتوسنتز جاری= میزان فتوسنتز جاری بر عملکرد دانه ضربدر 100 کارآیی انتقال مجدد سنبله: انتقال مجدد ذخیره‌ای از سنبله بر میزان ماده خشک سنبله در مرحله گلدهی ضربدر 100 (مدنی و همکاران، 2010).

اندازه‌گیری خصوصیات وابسته به ریشه در داخل مزرعه بعد از مرحله گرده‌افشانی با استفاده از استوانه‌ای فلزی با ابعاد طول30 سانتی‌متر و عرض دو سانتی‌متر که از قبل با دستی طراحی شده بود صورت گرفت. بعد از برداشت ریشه‌ها از داخل خاک، آن‌ها را در داخل ظرف یکبار مصرف گذاشته و پس از انتقال به آزمایشگاه اقدام به شستشوی ریشه‌ها کرده و سپس ریشه‌ها را در داخل اتانول با غلظت 98 درصد قرار داده و پس از انتقال به آزمایشگاه در داخل یخچال نگهداری شدند سپس اقدام به اندازه‌گیری صفات ریشه گردید. طول ریشه‌ها توسط دست و با دقت بالا پس از قرار دادن در آب جهت شناور شدن آن‌ها توسط خط‌کش با دقت زیاد اندازه‌گیری شدند. پس از اندازه‌گیری پارمترهای مربوط به ریشه، ریشه‌های مورد آزمایش در داخل دستگاه آون در دمای 70 درجه سانتی‌گراد به مدت 48 ساعت گذاشته سپس توسط ترازوی دیجیتال با دقت یک هزارم وزن شدند. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن با استفاده از نرم افزار SAS و ترسیم نمودار توسط اکسل انجام گرفت.

نتایج و بحث

رنگیزه‌های فتوسنتزی

بر اساس نتایج واریانس داده‌ها، اثر برهمکنش رقم×منابع کودی بر میزان کلروفیل a و b معنی‌دار گردید (جدول 4). رقم ساجی و تیمار قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر تلقیح با باکتری افزاینده رشد و قارچ میکوریزا دارای بیشترین میزان کلروفیل a و رقم کراس‌سبلان و تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) دارای کمترین میزان کلروفیل a بود، به طوری‌که باکتری *سودوموناس پوتیدا*+قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر موجب افزایش 69/5 درصدی میزان کلروفیل a نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول 9). رقم ساجی و تیمار باکتری *سودوموناس پوتیدا*+قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر دارای بیشترین میزان کلروفیل b و رقم کراس‌سبلان و تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) دارای کمترین میزان کلروفیل b بود، به طوری‌که باکتری *سودوموناس پوتیدا*+قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر موجب افزایش 68/7 درصدی میزان کلروفیل b نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول 9). دلیل افزایش میزان کلروفیل در رقم ساجی در تلقیح با *سودوموناس پوتیدا* و قارچ *فانیلی فورمیس موسه* افزایش به جهت جذب بیشتر عناصری باشد که نقشی اساسی در ساختمان کلروفیل دارند. دلیل کاهش فتوسنتز در شرایط دیم از طریق تخریب در عملکرد و ساختار کلروپلاست و کاهش در میزان کلروفیل، پیری زودرس برگ (تالکدر و همکاران، 2014) و کاهش میزان سطح سبز برگ که در فاز زایشی گیاه زراعی رخ می‌دهد که دارای اثر منفی بر عملکرد دانه خواهد گذاشت (وانگ و همکاران، 2011). افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل در گیاهانی تلقیح شده با قارچ میکوریزا نسبت به تیمار شاهد در گزارش‌های اسرار و همکاران (2012) عنوان شده است. در گزارش‌های سقفی و همکاران (2013) بر گندم نشان داده شد که باکتری *سودوموناس* در مقایسه با تیمار شاهد (عدم تلقیح) موجب افزایش صفات فیزیولوژیکی گردید به طوری‌که بیشترین میزان کلروفیل در تلقیح با باکتری *سودوموناس* مشاهده گردید. حیدری و گلپایگانی (2011) عنوان کردند که تلقیح بذر با بذر گیاه دارویی ریحان با باکتری *سودوموناس* باعث افزایش میزان کلروفیل برگ می‌شود.

ریشه

در این آزمایش اثربرهمکنش رقم × منابع کودی از نظر طول ریشه تفاوت معنی‌داری داشت (جدول4)، بیشترین طول ریشه در رقم ساجی و تیمار باکتری *سودوموناس پوتیدا*+ قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر و کمترین طول ریشه در رقم کراس‌سبلان و تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) مشاهده گردید، به طوری‌که باکتری *سودوموناس پوتیدا*+قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر موجب افزایش 81 درصدی طول ریشه نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) گردید (جدول 9). نشان داده شده است که مجموع طول ریشه مهمترین خصوصیت و صفت برای گیاه می‌باشد که گیاه را قادر می‌سازد که آب بیشتری را از لایه پایین‌تر خاک جذب نماید (سراج و همکاران، 2004). طول ریشه می‌تواند به‌عنوان مهمترین پارامتر در روند رشد گیاهی استفاده گردد، زیرا پژوهشگران اعتقاد دارند که طول ریشه در واحد حجم خاک بهترین خصوصیت جهت ارزیابی آب خاک و جذب عناصر توسط گیاه می‌باشد (خزاعی و همکاران، 1393). نشان داده شده است که قارچ میکوریزا از طریق تغییر در ساختار ریشه و افزایش طول ریشه موجب بهبود جذب آب می‌گردد (مانوهران و همکاران، 2008). وزن خشک ریشه در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت، در این آزمایش اثر برهمکنش رقم× تیمار منابع کودی از نظر وزن خشک ریشه تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید (جدول 4)، بیشترین وزن خشک ریشه در رقم ساجی و تیمار باکتری *سودوموناس پوتیدا*+ قارچ

فانیلی فورمیس موسه+50 درصد کود شیمیایی فسفر و کمترین وزن خشک ریشه در رقم کراس‌سبلان و تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) مشاهده گردید، به طوری‌که باکتری *سودوموناس پوتیدا*+قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر موجب افزایش 66 درصدی وزن خشک ریشه نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) گردید (جدول 9). خلوتی و همکاران (2005) گزارش کردند که میزان وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی گیاه گندم کلونیزه شده با میکوریزا در مقایسه با شاهد (غیر میکوریزایی) بیشتر بود. نشان داده شده است که تغییرات فتوهورمونی به دلیل استفاده از باکتری‌های افزاینده رشد سبب افزایش طول ریشه و وزن خشک ریشه (شارونا و همکاران، 2008) خواهد شد.

عناصر غذایی

توجه به نتایج تجزیه واریانس عناصر غذایی فسفر، نیتروژن و پتاسیم تاثیر برهمکنش رقم×منابع کودی معنی-دار شدند (جدول 4). در هر دو رقم گندم دیم مورد استفاده در این پژوهش نشان داده شده که باکتری *سودوموناس پوتیدا* و قارچ *فانیلی فورمیس موسه* دارای تاثیر معنی‌داری بر میزان عنصر فسفر، نیتروژن و پتاسیم در داخل اندام‌هایی هوایی و موجب افزایش این عناصر گردید. بیشترین میزان عنصر فسفر در اندام‌های هوایی در هردو رقم گندم دیم مورد استفاده در تیمار باکتری *سودوموناس پوتیدا* و قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر مشاهده گردید، به طوری‌که باکتری *سودوموناس پوتیدا*+قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر موجب افزایش 52/2 درصدی میزان فسفر برگ نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) گردید (جدول 9). بیشترین میزان عنصر نیتروژن در اندام‌های هوایی هر دو رقم گندم دیم مورد استفاده در تیمار باکتری *سودوموناس پوتیدا* و قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر مشاهده گردید، به طوری‌که باکتری *سودوموناس پوتیدا*+قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر موجب افزایش 48 درصدی میزان نیتروژن برگ نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) گردید (جدول 9). بیشترین میزان عنصر پتاسیم در اندام-های هوایی در هر دو رقم گندم دیم مورد استفاده در تیمار باکتری *سودوموناس پوتیدا* و قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر مشاهده گردید، به طوری‌که باکتری *سودوموناس پوتیدا*+قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر موجب افزایش 89 درصدی عنصر پتاسیم در برگ پرچم نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) گردید (جدول 9). مورفولوژی و ساختار ریشه توابع مهمی در تحصیل کارآمد جذب عناصر غذایی از خاک می‌باشند (باغبان طبیعت و رسولی‌صدقیانی، 1391)، که در این پژوهش رقم ساجی موفقیت‌تر بود. در تفسیر این نتیجه می‌توان اظهار داشت که قارچ *فانیلی فورمیس موسه* از طریق انشعابات میسلیومی و ریسه‌ای خود سبب توسعه ریشه گیاه شده و از این طریق باغث استفاده ریشه گیاه از ریزوسفر گسترده شده است، بنابراین موجب افزایش جذب فسفر و بالا رفتن مقدار فسفر کل گیاه شده است. در مطالعات خسروجردی و همکاران (1392) نشان داده شده است که قارچ میکوریزا با جذب مواد مغذی از طریق گسترش سیستم ریشه‌ای گیاه و کاوش خاک به‌وسیله هیف‌های خارجی در ریشه‌های مویی و کاهش فسفر، نیتروژن و پتاسیم آن ناحیه به جذب آن کمک می‌کند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که رقم ساجی و تیمار باکتری *سودوموناس پوتیدا* و قارچ *فانیلی فورمیس موسه* به دلیل داشتن سطح ریشه قوی‌تر (جدول 9)، نسبت به تیمار شاهد توانست سطح بیشتری از ریزوسفر خاک را مورد استفاده قرار دهد و با جذب عناصر غذایی و انتقال آن به اندام‌های هوایی سبب افزایش غلظت این عناصر در اندام‌های گردید. در گزارش‌های سایر پژوهشگران نشان داده شد که طول و تعداد ریشه‌های در جذب آب و عناصر غذایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (فیضی‌اصل و همکاران، 1393).

وزن دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که وزن دانه تحت تأثیر برهمکنش رقم×منابع کودی معنی‌دار گردید (جدول 5). رقم ساجی و تیمار باکتری *سودوموناس پوتیدا*+قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر دارای بیشترین وزن دانه و رقم کراس‌سبلان در تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) دارای کمترین وزن دانه بود، به طوری‌که باکتری *سودوموناس پوتیدا*+ قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر موجب افزایش 57 درصدی وزن دانه نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) گردید (جدول 9). علت واکنش متفاوت میانگین وزن دانه ارقام مختلف نسبت به باکتری *سودوموناس* و قارچ میکوریزا به توانایی استفاده از ذخایر ساقه در آن‌ها مربوط می‌شود. در رقم کراس‌سبلان و تیمار شاهد (عدم مصرف مصرف منابع کودی) فتوسنتز جاری کاهش یافته و در نتیجه رقم ساجی که انتقال مجدد بیشتری داشت، وزن دانه

این رقم به میزان کمتری کاهش می‌یابد افزایش وزن دانه در گیاه گندم در اثر تلقیح با باکتری را به نقش مثبت باکتری‌های محرک رشد در گسترش ریشه اعم از وزن و حجم که به جذب آب و عناصر غذایی و انتقال آن به گیاه کمک می‌نماید نسبت دادند (حق‌بهاری و سید شریفی، 1392).

وزن خشک سنبله

در هر دو مرحله گرده افشانی و رسیدگی نهایی تحت تأثیر برهمکنش رقم×منابع کودی معنی‌دار گردید (جدول 5). رقم ساجی و تیمار باکتری *سودوموناس پوتیدا*+قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر دارای بیشترین وزن خشک سنبله و رقم کراس‌سبلان در تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) دارای کمترین وزن خشک سنبله بود، به طوری‌که باکتری *سودوموناس پوتیدا*+قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر موجب افزایش 50 و42 درصدی وزن خشک سنبله در مراحل گرده افشانی و رسیدگی نهایی نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) گردید (جدول 9). در ارتباط با چگونگی توزیع مواد فتوسنتزی ساخته شده بین سنبله مشاهده می‌شود با نزدیک شدن به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک درصدی از وزن کل زیست توده که بوسیله سنبله تشکیل شده است تغییر می‌کند و بتدریج از وزن سنبله (بدون دانه) کاسته شده و بر کل سنبله‌ها افزایش می‌یابد. در تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) پیری زودرس ایجاد شده بوسیله کمبود آب فتوسنتز جاری و سرعت پر شدن دانه را کاهش می‌دهد و در نتیجه منجر به کاهش وزن دانه و کاهش وزن خشک سنبله می‌گردد (مندانی و همکاران ، 2010).

وزن خشک ساقه

وزن خشک ساقه در در مرحله گرده‌افشانی تحت تیمار اصلی رقم و منابع کودی و مرحله رسیدگی نهایی تحت برهمکنش رقم×منابع کودی معنی‌دار گردید (جدول 5). رقم ساجی دارای بیشترین وزن خشک ساقه در مرحله گرده افشانی بود (جدول 7). در تیمار منابع کودی نیز تیمار باکتری *سودوموناس پوتیدا*+قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر دارای بیشترین وزن خشک ساقه در مرحله گرده افشانی و تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) دارای کمترین وزن خشک ساقه بود، به طوری‌که باکتری *سودوموناس پوتیدا*+ قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر موجب افزایش 42/2 درصدی وزن خشک ساقه نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول 7).

جدول 1- ویژگی‌های سویه باکتری حل کننده فسفات در آزمایش (رضاپور کویشاهی و همکاران، 1394)

جنس، گونه و سویه	تولید سیدروفور	تولید هورمون اکسین (mg/L)	قابلیت حل کنندگی فسفر	تولید ACC دآیناز
سودوموناس پوتیدا سویه 168	0/70	9/8	+	+

جدول 2- مقادیر متوسط ماهانه دما، بارش و رطوبت در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام در سال زراعی 93-1392

ماه	حداقل دما	حداکثر دما	میزان بارش	حداقل رطوبت	حداکثر رطوبت
	(درجه سانتی‌گراد)		(میلی‌متر)	(درصد)	
مهرماه	11	27	163/5	14	41
آبان	7/5	25/6	103/3	45	84
آذر	2/7	12/7	89/9	45	89
دی	-1	10/8	151/3	42	88
بهمن	0/2	11	93/1	43	89
اسفند	5	15/8	32/4	43	85
فروردین	6/4	19/8	27/2	27	74
اردیبهشت	12/8	27/1	0	21	59
خرداد	16/9	32/4	163/5	14	39

جدول 3- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

اسیدیته خاک	هدایت الکتریکی	کربن آلی	نیتروژن کل	پتاسیم قابل جذب	فسفر قابل جذب	بافت خاک
	دسی‌زیمنس بر متر	(درصد)		(میلی‌گرم در کیلوگرم)		
7/2	0/97	1/28	0/12	310	7/2	لومی شنی

جدول 4- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر رقم و منابع کودی بر صفات فیزیولوژیکی، عناصر غذایی و ریشه در دو رقم گندم دیم

	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	مجموع طول ریشه	وزن خشک ریشه	نیتروژن برگ پرچم	فسفر برگ پرچم	پتاسیم برگ پرچم
تکرار	2	76/7	36/9	381/6	0/007	3/7	0/002	0/16
رقم	1	229/2**	67/5**	1197/9**	0/017**	6/3**	0/03**	0/5**
منابع کودی	7	610/6**	289/8**	2172/3**	0/014**	13/2**	0/09**	0/81**
رقم×منابع کودی	7	13/3**	18/4**	150/5**	0/0010*	0/7**	0/006*	0/22**
خطا	30	2/4	2/2	23/9	0/00040	0/20	0/0021	0/06
ضریب تغییرات (درصد)	-	6/5	8/2	11/2	9/2	5/4	5/8	9/3

*، ** و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال 5 و 1 درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد

جدول 5- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر رقم و منابع کودی بر سرعت، طول دوره پر شدندانه و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در دو رقم گندم دیم

	درجه آزادی	طول دوره پر شدن دانه	سرعت پر شدن دانه	وزن خشک تک دانه	انتقال مجدد سنبله در عملکرد دانه	وزن خشک سنبله در مرحله گرده افشانی	وزن خشک سنبله در مرحله رسیدگی	وزن خشک ساقه در مرحله گرده افشانی	وزن خشک ساقه در مرحله رسیدگی
تکرار	2	120	0/00016	0/10	0/0011	0/001	0/002	0/10	0/08
رقم	1	50/0**	0/00059**	0/78**	0/0064**	0/24**	0/17**	0/15**	0/11**
منابع کودی	7	17/7**	0/00013**	0/33**	0/0078**	0/07**	0/03**	0/08**	0/09**
رقم×منابع کودی	7	0/16ns	0/0000033ns	0/05**	0/0059ns0	0/004**	0/001**	0/007ns	0/007*
خطا	30	1/13	0/0000083	0/010	0/00017	0/0003	0/0002	0/003	0/002
ضریب تغییرات (درصد)	-	2/4	12/9	10/8	16/2	2/5	2/6	10/1	9/4

*، ** و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال 5 و 1 درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد

جدول 6- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر رقم و منابع کودی بر سرعت، طول دوره پر شدندانه و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در دو رقم گندم دیم

	درجه آزادی	کارآیی انتقال مجدد سنبله در عملکرد دانه	سهم انتقال مجدد سنبله در عملکرد دانه	انتقال مجدد ساقه در عملکرد دانه	کارآیی انتقال مجدد ساقه در عملکرد دانه	سهم انتقال مجدد ساقه در عملکرد دانه	میزان فتوسنتز جاری	سهم فتوسنتز جاری	عملکرد دانه
تکرار	2	18/3	138	0/0014	4/60	89/3	0/0065	165	1800801
رقم	1	9/10*	183**	0/0045*	80/7*	911*	0/0043*	555*	2060231**
منابع کودی	7	77/3**	367**	0/0032**	58/0**	780**	0/0034**	427*	1926480**
رقم×منابع کودی	7	3/50ns	10/2ns	0/00042	8/7ns	45/1ns	0/00058ns	24/9ns	307785**
خطا	30	2/30	14/5	0/00092	15/9	162	0/0010	130	72600
ضریب تغییرات (درصد)	-	13/2	10/5	25/9	19/4	18/4	20/7	22/03	12/3

*، ** و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال 5 و 1 درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد

جدول 7- مقایسه میانگین اثر اصلی رقم و منابع کودی بر سرعت، طول دوره پر شدندانه و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در دو رقم گندم دیم

صفت	طول دوره پر شدن دانه	سرعت پر شدن دانه	انتقال مجدد سنبله در عملکرد دانه	انتقال مجدد ساقه در عملکرد دانه	میزان فتوسنتز جاری	وزن خشک ساقه در مرحله گرده افشانی
رقم	(روز)	(گرم بر روز)	(گرم در متر مربع)			(گرم)
کراس	45/5a	0/018b	0/070b	0/057b	0/069b	0/51b
ساجی	42/5b	0/025a	0/093a	0/074a	0/078a	0/63a
منابع کودی						
عدم مصرف منابع کودی	39/6c	0/013e	0/024c	0/078a	0/021c	0/41c
100 درصد کود شیمیایی فسفر	43/3b	0/019d	0/059b	0/071b	0/061b	0/51b
باکتری *سودوموناس پوتیدا*	43/6b	0/021c	0/067b	0/068b	0/063b	0/51b
قارچ *فانیلی فورمیس موسه*	43/3b	0/021c	0/065b	0/067b	0/066b	0/48b
باکتری *سودوموناس پوتیدا*+ قارچ *فانیلی فورمیس موسه*	43/5b	0/02c	0/072b	0/065b	0/069b	0/53b
باکتری *سودوموناس پوتیدا* + قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر	44/6a	0/026ab	0/12a	0/061c	0/09a	0/72a
باکتری *سودوموناس پوتیدا*+50 درصد کود شیمیایی فسفر	45/1a	0/024b	0/11a	0/062c	0/088a	0/70a
قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر	44/8a	0/028a	0/12a	0/053d	0/097a	0/71a

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن، در سطح احتمال 5% اختلاف معنی‌داری ندارند.

رقم ساجی و تیمار باکتری *سودوموناس پوتیدا*+قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر دارای بیشترین و رقم کراس سبلان در تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) دارای کمترین وزن خشک ساقه در مرحله رسیدگی نهایی بود، به طوری‌که باکتری *سودوموناس پوتیدا*+ قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر موجب افزایش 52 درصدی وزن خشک ساقه نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول 9). مشاهده شده است که کمبود آب بعد از گلدهی باعث کاهش معنی‌دار ذخیره کربن می‌شود و از این رو کاهش فراهمی فتوسنتز جاری برای دانه در حال رشد می‌شود (میری، 1389). به عقیده این محقق وزن خشک اندام‌های رویشی بالای سطح خاک (ساقه) در گیاه زراعی به طور معمول در طی مراحل انتهایی دوره پر شدن دانه کاهش می‌یابد، به‌طوری که در زمان رسیدن فیزیولوژیک کل وزن خشک اندام‌های رویشی بطور معنی-داری کمتر از وزن خشک این اندام‌ها در مرحله گرده افشانی است که این امر به دلیل انتقال مجدد ذخایر مواد پرورده به دانه است.

انتقال مجدد

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که طول دوره پر شدن دانه تحت تأثیر رقم، منابع کودی معنی‌دار گردید (جدول 5). در این پژوهش نشان داده شد که رقم کراس‌سبلان داری بیشترین طول دوره پر شدن دانه می‌باشد (جدول 7). استفاده از کود شیمیایی فسفر و باکتری *سودوموناس پوتیدا* و قارچ *فانیلی فورمیس موسه* نیز باعث افزایش طول دوره پر شدن دانه گردید، به گونه-ای که باکتری *سودوموناس پوتیدا*+قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر دارای بیشترین طول دوره رشد دانه و تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) دارای کمترین مقدار بودند، به طوری‌که باکتری *سودوموناس پوتیدا*+قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر موجب افزایش 11/1 درصدی طول دوره پر شدن دانه نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) گردید (جدول 7). به نظر می‌رسد با کاربرد باکتری، میزان جذب و تحلیل افزایش یافته و موجب بالا رفتن نقل و انتقال مواد به دانه شده و پر شدن دانه افزایش می‌یابد. دوره پر شدن دانه مرحله اصلی تشکیل عملکرد دانه است و طولانی‌تر بودن این دوره امکان انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر از مبدا به مقصد و در نتیجه افزایش عملکرد دانه را فراهم می‌سازد (حق‌بهاری و سید شریفی، 1392). در این بررسی به نظر می‌رسد باکتری‌های محرک رشد با تولید هورمون‌های رشد و تأمین عناصر غذایی، امکان تداوم بیشتر دوره پر شدن دانه را فراهم ساخته‌اند. علت زیادتر بودن سرعت پر شدن دانه در تیمارهای تلقیح با باکتری‌های افزاینده رشد و قارچ میکوریزا را می‌توان به غلظت بالای عناصر غذایی بخصوص نیتروژن برگ (جدول 9) در طی مرحله پرشدن دانه نسبت داد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که سرعت پر شدن دانه تحت تأثیر رقم، منابع کودی و برهمکنش آن‌ها معنی‌دار گردید (جدول 5). در این پژوهش نشان داده شد که رقم ساجی داری بیشترین سرعت پر شدن دانه می‌باشد. استفاده از کود شیمیایی فسفر و باکتری‌های افزاینده رشد و قارچ میکورزا نیز باعث افزایش سرعت پر شدن دانه گردید، به گونه‌ای که تیمار50 درصد کود شیمیایی فسفر و باکتری *سودوموناس پوتیدا* و قارچ *فانیلی فورمیس موسه* دارای بیشترین سرعت پر شدن دانه و تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) دارای کمترین مقدار بودند، به طوری‌که باکتری *سودوموناس پوتیدا*+قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر موجب افزایش 53/7 درصدی سرعت پر شدن دانه نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) گردید (جدول 7).

بانرجی و همکاران (2006) بیان داشتند که باکتری‌های محرک رشد سبب افزایش سطح ریشه گیاه می‌شوند و افزایش سطح ریشه به دلیل دسترسی بیشتر به آب و عناصر غذایی منجر به افزایش رشد گیاه می‌گردند آنان اظهار داشتند که با افزایش میزان جذب و تحلیل، موجب بالا رفتن نقل و انتقال مواد به دانه شده و در نهایت می‌تواند وزن تک بذر، سرعت پر شدن دانه را افزایش دهد. در مورد سرعت پر شدن دانه دانه گندم می‌توان اظهار داشت که سرعت پر شدن دانه در تیمار منابع کودی متفاوت بود، به طوری که تلقیح بذر با باکتری *سودوموناس پوتیدا* و قارچ *فانیلی فورمیس موسه* نسبت به تیمار عدم تلقیح موجب افزایش سرعت پر شدن دانه گردید. سرعت پر شدن دانه مرحله اصلی تشکیل عملکرد دانه است و طولانی‌تر بودن این دوره امکان انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر از مبدأبه مقصد و در نتیجه افزایش عملکرد دانه را فراهم می‌سازد (حیدری سیاه خلکی و همکاران، 1391). به نظر می‌رسد علت زیاد بودن سرعت پر شدن دانه در بوته‌هایی که با باکتری‌های افزاینده رشد و قارچ میکوریزا تلقیح شده است موجب افزایش جذب عناصر غذایی از جمله فسفر، پتاسیم و نیتروژن می‌گردد (جدول 5)، نیتروژن در طول دوران حساس رشدی موجب بالا نگه داشتن سطح کلروفیل برگ‌ها و تأخیر در پیری برگ می‌شود که این وضعیت، افزایش مقدار مواد فتوسنتزی و سرعت فتوسنتز در اندام-

هـای فتوسـنتزکننده و افـزایش وزن دانـه را در پـی دارد (فاگریا و بالیگار، 2005).

در این پژوهش نشان داده شد که انتقال مجـدد سـنبله تحت تأثیر عوامل اصـلی رقـم و منـابع کـودی معنـی‌دار گردید (جـدول 3). در ایـن پـژوهش رقـم سـاجی دارای بیشترین انتقال مجدد سنبله بود (جدول5). در تیمار منابع کودی نیز بیشترین انتقال مجدد سـنبله در تیمـار مصـرف کود شیمیایی فسفر و باکتری‌های افزاینـده رشـد و قـارچ میکوریزا و کمترین انتقال مجـدد سـنبله در تیمـار شـاهد (عدم مصرف منابع کودی) مشاهده گردید، بـه طـوری‌کـه بـاکتری *سـودوموناس پوتیـدا*+قـارچ *فـانیلی فـورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر موجـب افـزایش 80 درصدی انتقال مجدد سنبله نسبت به تیمار شـاهد (عـدم مصرف منابع کودی) گردید (جدول 7).

افزایش در میزان فتوسنتز جاری را می‌توان بـه حفـظ ظرفیت فتوسنتزی سطوح فتوسنتزکننده در گیاه نسـبت داد. به نظر می‌رسد با افزایش عناصر قابل دسترس، منبع به دلیل گسترش سطح برگ و افزایش شاخص سطح برگ توانایی تولید مواد فتوسنتزی بیشتری را برای مخازن فراهم ساخته و به تبع از آن انتقال مجدد ماده خشک کاهش می‌یابد (سید شریفی و نظرلی، 1392)، در این بررسی نیز به دلیل اینکه تلفیق کود شیمیایی و باکتری‌های افزاینـده رشـد و قـارچ میکوریزا، شاخص سطح برگ را افزایش داده و متعاقب آن فتوسنتز و مواد اندوخته‌ای در گیاه بالا مـی‌رود، در چنـین شرایطی منبع قادر به تأمین ظرفیت مخزن خواهد بود و توانایی منبع در تأمین نیاز مخزن موجب مـی‌شـود کـه انتقال مجدد ماده خشک کاهش یابـد (سـید شـریفی و نظرلی، 1392). افزایش عملکرد از طریق بهبـود رشـد گیـاه و افـزایش فعالیـت فتوسـنتزی و انتقـال مـواد فتوسنتزی به مخازن و بهبود اجزای عملکرد دانه مـؤثر واقع شده است (پادماواثی و لاکشماما، 2001).

در این پژوهش نشان داده شد که کارآیی انتقال مجدد سنبله تحت تأثیر عوامل اصلی رقم و منابع کودی معنی‌دار گردید (جـدول 6). در ایـن پـژوهش رقـم سـاجی دارای بیشترین کارآیی انتقال مجدد سـنبله بـود (جـدول 8). در تیمار منابع کودی نیز بیشترین کارآیی انتقال مجدد سـنبله در تیمـار مصـرف کـود شـیمیایی فسـفر و بـاکتری‌هـای *سـودوموناس پوتیـدا* و قـارچ *فـانیلی فـورمیس موسـه* و کمترین کارآیی انتقال مجدد سنبله در تیمار شـاهد (عـدم مصرف منابع کودی) مشاهده گردید، به طوری‌که بـاکتری *سـودوموناس پوتیـدا*+قـارچ *فـانیلی فـورمیس موسـه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر موجب افزایش 69/5 درصـدی کارآیی انتقال مجدد سنبله نسبت بـه تیمـار شـاهد (عـدم مصرف منابع کودی) گردید (جدول 8). به نظر می‌آید که در گندم دیم، جـذب عناصـر غـذایی (جـدول 9) توسـط سیستم ریشـه گسـترده در حضـور بـاکتری *سـودوموناس پوتیدا* و قارچ *فانیلی فـورمیس موسـه* افـزایش یافتـه کـه همین امر توانسته میزان و دوام فتوسنتز و در نهایت منجر به افزایش فتوسنتز و دام سطح سبز گردد که همین عامـل باعث می‌گردد که کارآیی انتقال مجدد سـنبله در حضـور تیمار قارچ و باکتری نسبت به تیمار شاهد افـزایش یابـد، در مطالعه‌ی حاضر باکتری‌های حل کننده فسفات و قـارچ میکوریزا موجب افزایش قابلیـت دسترسـی و اسـتفاده از نیتروژن، فسفر و پتاسیم (جـدول 9) در تیمارهـای کـودی مربوطه شده و با بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه، انتقال مجدد ماده خشک از ساقه را به طور قابـل تـوجهی کـاهش داده است و سبب افزایش بالارفتن کارآیی انتقال مجدد سـنبله گردید. کاهش انتقال مجدد از ساقه به دنبال افزایش عناصر غذایی مانند نیتروژن توسـط حکـم علـی‌پـور و همکـاران (2011) گزارش شده است. بررسـی‌هـای سـید شـریفی و نظرلی (1392) عدم کاربرد باکتری‌های محـرک رشـد بـه همراه عدم مصرف کود شیمیایی منجر بـه افـزایش انتقـال ماده خشک از ساقه به دانه و افزایش سهم مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه گردید.

در این مطالعه نشان داده شـد کـه سـهم انتقـال مجدد سنبله تحت تأثیر عوامل اصلی رقم و منـابع کـودی معنی‌دار گردید (جدول 6). در این پـژوهش رقـم سـاجی دارای بیشترین سهم انتقال مجدد سنبله بود (جدول 8). در تیمار منابع کودی نیز بیشترین سهم انتقال مجدد سنبله در تیمار مصرف کود شیمیایی فسفر و بـاکتری *سـودوموناس پوتیدا* و قارچ *فـانیلی فـورمیس موسـه* و کمتـرین سـهم انتقال مجدد سنبله در تیمار شـاهد (عـدم مصـرف منـابع کودی) مشاهده گردید، به طوری‌که باکتری *سـودوموناس پوتیـدا*+قـارچ *فـانیلی فـورمیس موسـه*+50 درصـد کـود شیمیایی فسفر موجب افزایش 48/7 درصدی سهم انتقال مجدد سنبله نسبت به تیمار شـاهد (عـدم مصـرف منـابع کودی) گردید (جدول 8). در این پژوهش به دلیل فـراهم بودن شرایط برای گندم توسط باکتری *سودوموناس پوتیدا* و قارچ *فانیلی فورمیس موسه* به نظر می‌رسد که افـزایش جـذب عناصـر غـذایی ماننـد فسـفر، نیتـروژن و پتاسـیم (جدول9) به دلیل انتشار از طریق میسلیوم‌های میکوریزایی مرتبط با بافت‌های درونی ریشـه و تشـکیل یـک سیسـتم جذب اضافی مکمل سیستم ریشه‌ای گیاه باشـد کـه بهـره-برداری از حجم بیشتر خاک را ممکن می‌سـازد کـه ریشـه های تغذیه کننده به آن دسترسی ندارند کـه سـبب جـذب ایـن عنـاصر شده (اسرار و الهیند، 2011) موجب افزایش

جدول 8- مقایسه میانگین اثر اصلی اثر رقم و منابع کودی بر سرعت، طول دوره پر شدندانه و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در دو رقم گندم دیم

صفت	کارآیی انتقال مجدد سنبله در عملکرد دانه	کارآیی انتقال مجدد ساقه در عملکرد دانه	سهم انتقال مجدد سنبله در عملکرد دانه	سهم انتقال مجدد ساقه در عملکرد دانه	سهم فتوسنتز جاری
	(گرم بر گرم)		(درصد)		
رقم					
کراس	11/03b	11/4b	34/06b	31/7b	27/5b
ساجی	11/9a	14/3a	37/9a	38/4a	34/2a
منابع کودی					
عدم مصرف منابع کودی	4/6	15/6a	22/9d	57/4a	19/6c
100 درصد کود شیمیایی فسفر	9/5c	15/a	31/3c	35/9b	31/4b
باکتری *سودوموناس پوتیدا*	10/8b	13/7ab	32/8c	33/6b	31/7b
قارچ *فانیلی فورمیس موسه*	10/2b	13/3ab	31/5bc	36/2b	32/2b
باکتری *سودوموناس پوتیدا*+ قارچ *فانیلی فورمیس موسه*	11/3b	11/8b	36/6b	31/8b	32/6b
باکتری *سودوموناس پوتیدا* + قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر	15/1a	8/9bc	43/7a	23/8b	39/4a
باکتری *سودوموناس پوتیدا*+50 درصد کود شیمیایی فسفر	14/7a	8/7bc	44/3a	23/9b	37/3a
قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر	15/1a	7/7c	44/7a	21/7b	37/5a

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن، در سطح احتمال 5% اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول 9- مقایسه میانگین اثر برهمکنش رقم×منابع کودی بر صفات کمی در گندم

صفت	منابع کودی	وزن خشک تک بذر در مرحله رسیدگی نهایی	وزن خشک سنبله در مرحله گرده افشانی	وزن خشک سنبله در مرحله رسیدگی	وزن خشک ساقه در مرحله رسیدگی	وزن خشک ریشه	مجموع طول ریشه	کلروفیل a	کلروفیل b	نیتروژن برگ پرچم	فسفر برگ پرچم	پتاسیم برگ پرچم
رقم	منابع کودی	(گرم)					(سانتی‌متر)	(میلی گرم بر گرم برگ تازه)		(درصد)		
کراس-سبلان	عدم مصرف منابع کودی	0/47h	0/46h	0/44i	0/33g	0/10	14/7h	12i	9/4h	5/7e	0/45f	0/40g
	100 درصد کود شیمیایی فسفر	0/74fg	0/56fg	0/50gh	0/41efg	0/17f	25/6fg	13/6hi	11/6gh	7/04d	0/73d	2/3f
	باکتری *سودوموناس پوتیدا*	0/85def	0/59f	0/52g	0/43def	0/20ef	35/4de	15/5gh	12/3fg	7/4cd	0/78cd	2/6def
	قارچ *فانیلی فورمیس موسه*	0/71fg	0/54g	0/49h	0/38fg	0/17f	25/9fg	14/6ghi	12/4fg	7/1cd	0/72	2/3f
	باکتری *سودوموناس پوتیدا*+ قارچ *فانیلی فورمیس موسه*	0/79ef	0/57fg	0/51gh	0/42def	0/20ef	33/5def	16/7fg	14/5efg	7/4cd	0/79cd	2/6def
	باکتری *سودوموناس پوتیدا* + قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر	1/01cd	0/70d	0/60cde	0/57b	0/25cd	60/5b	36/7b	26/9b	9/3b	0/88bc	3/3b
	باکتری *سودوموناس پوتیدا*+50 درصد کود شیمیایی فسفر	1/1c	0/75c	0/63b	57b	0/26bc	63/6b	34/8bc	26/8b	9/4b	0/90bc	3/4ab
	قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر	0/97cde	0/68d	0/59de	0/55bc	0/22cde	48/9	29/5d	20/7d	8/9b	0/79cd	3/04bcd
ساجی	عدم مصرف منابع کودی	0/58gh	0/58f	0/55f	0/36fg	0/13g	21/9gh	15/8fgh	12/06fg	6/2e	0/56e	0/53g
	100 درصد کود شیمیایی فسفر	0/94cde	0/67de	0/61bcde	0/47cde	0/21de	32/3ef	18/6ef	13/9efg	7/4cd	0/77cd	2/4ef
	باکتری *سودوموناس پوتیدا*	0/98cde	0/65e	0/58e	0/45def	0/22de	32/9def	19/5e	13/7efg	7/6cd	0/77cd	2/4ef
	قارچ *فانیلی فورمیس موسه*	1/1c	0/70d	0/62bc	0/43def	0/23cde	41/6cd	20/09e	14/8ef	7/9c	0/83bc	2/8cde
	باکتری *سودوموناس پوتیدا*+ قارچ *فانیلی فورمیس موسه*	0/99cd	0/70d	0/62bcd	0/51bcd	0/24cd	40/01de	20/4e	16/4e	7/9	0/83bc	2/8cde
	باکتری *سودوموناس پوتیدا* + قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر	1/3b	0/89a	0/75a	0/74a	0/29ab	76/9a	40/8a	29/4ab	10/8a	0/94a	3/8a
	باکتری *سودوموناس پوتیدا*+50 درصد کود شیمیایی فسفر	1/1c	0/86b	0/74a	0/71a	0/25bc	64/6b	33/7c	23/2c	9/3b	0/85bc	3/1bc
	قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر	1/5a	0/92a	0/76a	0/76a	0/30a	77/9a	39/4a	30/1a	11/06a	0/94a	3/9a

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن، در سطح احتمال 5% اختلاف معنی‌داری ندارند.

میزان کلروفیل برگ و زیاد شدن میزان سیستم فتوسنتزی خواهد شد (هیوکسن و همکاران، 2005)، که همین موضوع موجب افزایش سطح سبز گیاه و سبز ماندن سنبله در تیمارهای باکتری *سودوموناس پوتیدا* و قارچ *فانیلی فورمیس موسه* گشته و موجب افزایش که فتوسنتز از سنبله در مقایسه با تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) می‌گردد (جدول 9).

در این پژوهش نشان داده شد که انتقال مجدد ساقه تحت تاثیر عوامل اصلی رقم و منابع کودی معنی‌دار گردید (جدول 3). در این پژوهش رقم ساجی دارای بیشترین انتقال مجدد ساقه بود (جدول 6). افزایش میزان توزیع مجدد مواد ذخیره‌ای را می‌توان به انباشت ماده خشک بیشتر در مراحل قبل و بعد از گرده‌افشانی گیاه نسبت داد. به نظر می‌رسد، سهم بیشتر توزیع مجدد در رقم ساجی با وزن خشک بالای این رقم در مرحلهٔ گرده افشانی مربوط بود. در گزارش‌های مدحج و همکاران (1390) نشان داده شد ژنوتیپ‌هایی که از وزن خشک بیشتری در مرحلهٔ گرده افشانی برخوردار بودند، میزان توزیع مجدد بیشتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشتند. در تیمار منابع کودی نیز کمترین انتقال مجدد ساقه در تیمار باکتری *سودوموناس پوتیدا* و قارچ *فانیلی فورمیس موسه* و بیشترین انتقال مجدد ساقه در تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) مشاهده گردید، به طوری‌که تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) نسبت به تیمار باکتری *سودوموناس پوتیدا*+قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر موجب افزایش 32/1 درصدی انتقال مجدد ساقه گردید (جدول 7). در این پژوهش نشان داده شد که کارآیی انتقال مجدد ساقه تحت تأثیر عوامل اصلی رقم و منابع کودی معنی‌دار گردید (جدول 6).

در این پژوهش رقم ساجی دارای بیشترین کارآیی انتقال مجدد ساقه بود (جدول 8). بیشترین کارآیی انتقال مجدد ساقه در تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) و کمترین کارآیی انتقال مجدد ساقه در تیمار مصرف کود شیمیایی فسفر و باکتری *سودوموناس پوتیدا*+ قارچ *فانیلی فورمیس موسه* مشاهده گردید، به طوری‌که تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) نسبت به باکتری *سودوموناس پوتیدا*+قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر موجب افزایش 50/6 درصدی کارآیی انتقال مجدد ساقه گردید (جدول 8). به دلیل فراهم بودن شرایط برای گندم دیم در حضور باکتری *سودوموناس پوتیدا* و قارچ *فانیلی فورمیس موسه* به دلیل افزایش سیستم ریشه‌دهی (جدول 5) و ایجاد یک شبکه سیستم ریشه‌ای قوی توسط باکتری و قارچ بهره‌برداری از حجم بیشتر خاک را ممکن می‌سازد که این سیستم ریشه‌دهی منجر به جذب بیشتر عناصر غذایی (جدول 9) و انتقال آن‌ها به اندام‌های هوایی و با توجه به نقش این عناصر غذایی در کلروفیل برگ، موجب افزایش محتوای کلروفیل برگ (جدول 9) و به طبع سیستم فتوسنتزی موجب می‌گردد که گیاه زراعی با تنش خشکی و گرمای کمتری در مقایسه با تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) مواجه گردد. هیوکسن و همکاران (2005) افزایش میزان فتوسنتز در حضور قارچ میکوریزا را دلیل بالا بودن میزان فتوسنتز که نتیجه بالا بودن میزان کلروفیل در تیمارهای تلقیح شده با قارچ میکوریزا عنوان کرده‌اند. بحرانی و طهماسبی سروستانی (1385) گزارش دادند خصوصیت ژنتیکی ارقام نیز در این میان نقش مهمی در کارایی انتقال مجدد دارند. در همین راستا گندم دوروم نسبت به گندم نان کارایی انتقال مجدد مواد خشک بیشتری به دانه داشت. مقدار ماده خشک تولید شده در مرحله گرده‌افشانی عامل مهمی در انتقال مجدد ماده خشک به دانه می‌باشد. به‌طوری‌که به نظر می‌رسد با افزایش مقدار ماده خشک دراین مرحله، انتقال مجدد ماده خشک، عامل مهمی در پر کردن دانه می‌باشد (علوی‌فاضل، 1394).

در این مطالعه نشان داده شد که سهم انتقال مجدد ساقه تحت تأثیر عوامل اصلی رقم و منابع کودی معنی‌دار گردید (جدول 6). در این پژوهش رقم ساجی دارای بیشترین سهم انتقال مجدد ساقه بود (جدول 8). در تیمار منابع کودی نیز کمترین سهم انتقال مجدد ساقه در تیمار مصرف کود شیمیایی فسفر و باکتری *سودوموناس پوتیدا* و قارچ *فانیلی فورمیس موسه* و بیشترین سهم انتقال مجدد ساقه در تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) مشاهده گردید، به طوری‌که تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) موجب افزایش 62/2 درصدی سهم انتقال مجدد ساقه نسبت به تیمار باکتری *سودوموناس پوتیدا*+قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر گردید (جدول 8). به دلیل نقش مثبت باکتری *سودوموناس پوتیدا* و قارچ *فانیلی فورمیس موسه* بر روی اندام‌های زیرزمینی مثل ریشه و همچنین بر روی جذب عناصر غذایی از جمله نیتروژن و فسفر، گیاه در شرایط دیم توانست از تنش‌های محیطی (خشکی و گرما) بخصوص اواخر فصل رشد کمتر با این تنش‌ها مواجه و از فتوسنتز جاری خود (سنبله‌ها) استفاده و به سمت دانه سوق دهد (جدول8). گوسلینگ و همکاران (2006) گزارش کرده اند که در شرایط محدودیت آبی، مایکوریزا از طریق افزایش دوام سطح برگ، فتوسنتز و تثبیت کربن در

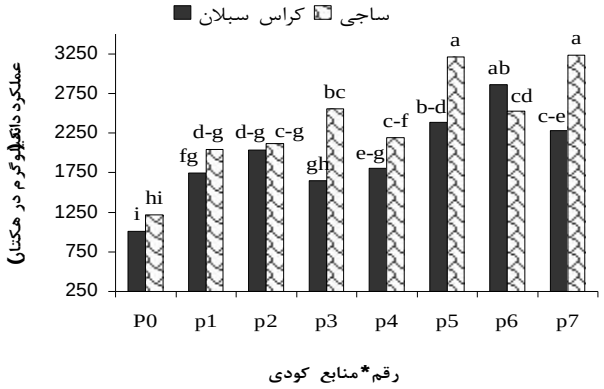
طول فصل، رشد را افزایش داد. در این مطالعه نشان داده شد که میزان فتوسنتز جاری تحت تأثیر عوامل اصلی رقم و منابع کودی معنی‌دار گردید (جدول 6). در این پژوهش رقم ساجی دارای بیشترین میزان فتوسنتز جاری بود (جدول 8). همچنین در این آزمایش، رقم ساجی به دلیل برخورد کمتر مراحل نموی آن با تنش گرما و استفاده بیشتر از فعالیت فتوسنتزی اجزای خود (برگ و سنبله) از میزان فتوسنتز جاری بیشتری نسبت به رقم کراس‌سبلان برخوردار بود. در تیمار منابع کودی نیز بیشترین میزان فتوسنتز جاری در تیمار مصرف کود شیمیایی فسفر و باکتری *سودوموناس پوتیدا* و قارچ *فانیلی فورمیس موسه* و کمترین میزان فتوسنتز جاری در تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) مشاهده گردید، به طوری‌که باکتری *سودوموناس پوتیدا*+قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر موجب افزایش 78/3 درصدی میزان فتوسنتز جاری نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) گردید (جدول 7). در گزارش‌های هیوکسن و همکاران (2005) افزایش میزان فتوسنتز در حضور قارچ میکوریزا اعلام شده است، که دلیل این موضوع را (بالا بودن میزان فتوسنتز) بالا بودن میزان کلروفیل در تیمارهای تلقیح شده با قارچ میکوریزا عنوان کرده‌اند. پلاتا و همکاران (2004) گزارش کردند، تنش گرمای باعث افزایش سهم توزیع مجدد شده و کاهش سهم فتوسنتزی جاری در این شرایط که به دلیل پیری برگ‌ها و کاهش تولید مواد فتوسنتزی رخ داده بود تا حدودی از طریق افزایش سهم توزیع مجدد جبران شد.

در این مطالعه نشان داده شد که سهم فتوسنتز جاری تحت تأثیر عوامل اصلی رقم و منابع کودی معنی‌دار گردید (جدول 6). در این پژوهش رقم ساجی دارای بیشترین سهم فتوسنتز جاری بود (جدول 8). در تیمار منابع کودی نیز بیشترین سهم فتوسنتز جاری در تیمار مصرف کود شیمیایی فسفر و باکتری *سودوموناس پوتیدا* و قارچ *فانیلی فورمیس موسه* و کمترین سهم فتوسنتز جاری در تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) مشاهده گردید، به طوری‌که باکتری *سودوموناس پوتیدا*+قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر موجب افزایش 50/2 درصدی سهم فتوسنتز جاری نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) گردید (جدول 8). به نظر می‌رسد که در شرایط مطلوب و دسترسی به منابع کافی، چون فتوسنتز جاری افزایش می‌یابد، در نتیجه تعادل منبع و مخزن تا حدود زیادی حفظ شده و مواد تولیدی منبع می‌تواند در مخزن مورد استفاده قرار گیرد، ولی در شرایط تنش مانند محدودیت آبی، عدم دسترسی به عناصر غذایی ممکن است تعادل منبع و مخزن را به هم بزند و در چنین شرایطی قدرت مخزن بیش تر از منبع بوده و به دلیل روابط فیزیولوژیکی موجود بین منبع و مخزن، منبع میزان انتقال مادهی خشک را افزایش می‌دهد تا شاید بتواند بخشی از نیاز شدید مخازن (دانه‌ها) را برآورده نماید (خیری‌زاده آروق و همکاران، 1394). احتمالاً با افزایش میکوریز ریشه از یک طرف زمینه برقراری تعادل، جذب و انتقال عناصر غذایی از طریق ریشه به اندام‌های هوایی بهبود یافته و مواد فتوسنتزی تولید شده بیشتر در اندام-های هوایی و مخازن زایشی تجمع می‌یابد (ساجدی و رجالی، 1390). مدحج و همکاران (1390) بیان داشتند با وجود اینکه در شرایط بهینه، فتوسنتز جاری بیشترین سهم را در وزن دانه‌ی ژنوتیپ‌های گندم دارد، اما دربرخی پژوهش‌ها مشخص شده است که سهم توزیع مجدد مواد فتوسنتزی به دانه‌ها در شرایط تنش خشکی و گرمای پایان فصل افزایش می‌یابد.

همانطور که جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان می-دهد عملکرد دانه تحت تاثیر رقم، منابع کودی و همچنین برهمکنش آن‌ها اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول 6). اثر برهکنش رقم×منابع کودی نشان می‌دهد که رقم ساجی و قارچ *فانیلی فورمیس موسه*+50 درصد کود شیمیایی فسفر و مخلوط قارچ *فانیلی فورمیس موسه* و باکتری *سودوموناس پوتیدا*+50 درصد کود شیمیایی فسفر با میانگین 3233/4 و 3210/8 کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین عملکرد دانه می‌باشند و کمترین عملکرد دانه در رقم کراس‌سبلان و تیمار شاهد با میانگین 1010 کیلوگرم در هکتار بدست آمد. در این پژوهش مشاهده گردید که استفاده از باکتری‌های حل کننده فسفات و قارچ میکوریزا در دو رقم گندم نان و دروم موجب افزایش عملکرد دانه گردید، به طوری‌که درصد افزایش عملکرد دانه در رقم ساجی و استفاده از منابع کودی نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) 62 درصد بود (شکل 1). به نظر می‌رسد که تلقیح بذر با *سودوموناس پوتیدا* و احتمالاً ایجاد شرایط مناسب جهت جوانه زنی باعث استقرار سریع تر گیاهچه و بهره‌مندی بیشتر از منابع محیطی توسط گیاه می‌شود. چنین وضعیتی باعث می‌شود که تا گیاه شرایط مناسب‌تری را جهت پر کردن دانه‌ها داشته باشد که این وضعیت همراه با افزایش عملکرد دانه نمود بیشتری می‌یابد. افزایش قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی، با کاربرد توأم کودهای شیمیایی و جذب بیشتر آن‌ها توسط گیاه، در نتیجه افزایش رشد و فتوسنتز با افزایش سطح برگ گیاه از عوامل افزایش عملکرد دانه در تیمارهای تلفیقی می‌باشد. افزایش قابلیت دسترسی گیاه به

عناصر غذایی، با کاربرد توأم کودهای شیمیایی و جذب بیشتر آن‌ها توسط گیاه، در نتیجه افزایش رشد و فتوسنتز با افزایش سطح برگ گیاه از عوامل افزایش عملکرد دانه در تیمارهای تلفیقی می‌باشد (مرادی و همکاران، 1390). با توجه به نتایج محققان دیگر به نظر می‌رسد که قارچ در فراهمی و متابولیسم عناصر مورد نیاز گیاه تأثیر مهمی داشته و سبب می‌گردد تا میزان این عناصر در گیاهان تلقیح شده افزایش یابد. این امر خصوصاً در شرایط تنش برای گیاهان دارای اهمیت زیادی است. به نظر می‌رسد که با توجه به محل طبیعی حضور این قارچ، که در مناطق بیابانی و خشک است، بتوان نتایج را اینطور تفسیر نمود که قارچ نسبت به شرایط خشک و نامساعد تکامل پیدا کرده است و لذا در شرایطی که گیاه با تنش روبرو شود قارچ بهتر می‌تواند تأثیرات خود را بر رشد گیاه اعمال نماید (سپهری و همکاران، 1388).

با توجه به نتایج بدست آمده از این آزمایش، برای کاهش هرچه بیشتر اثرات مخرب تنش خشکی و گرمای پایان دوره رشد بر عملکرد گندم در منطقه ایلام، عملکرد دانه وابستگی بالایی به فرآیند انتقال مجدد و فتوسنتز جاری نشان می‌دهد. رقم ساجی و باکتری *سودوموناس پوتیدا*+قارچ *فانیلی فورمیس موسه* به دلیل دارا بودن داشتن سیستم ریشه‌دهی بیشتر و همچنین میزان عناصر غذایی بالاتر و محتوای کلروفیل بیشتر از تجمع ماده خشک بالا و میزان بالای فتوسنتز جاری برخوردار بودند بنابراین می‌توانند در بهبود عملکرد دانه در شرایط محدودیت آبی مؤثر واقع شوند.



شکل 1- اثر برهمکنش رقم×منابع کودی بر عملکرد دانه در دورقم گندم دیم

Po، P1، P2، P3، P4، P5، P6 و P7 بترتیب عدم مصرف منابع کودی، فسفر، 100 درصد کود شیمیایی فسفر، باکتری سودوموناس پوتیدا، قارچ فانیلی فورمیس موسه، باکتری سودوموناس پوتیدا+قارچ فانیلی فورمیس موسه، باکتری سودوموناس پوتیدا+قارچ فانیلی فورمیس موسه+50 درصد کود شیمیایی فسفر، باکتری سودوموناس پوتیدا+50 درصد کود شیمیایی فسفر و قارچ فانیلی فورمیس موسه+50 درصد کود شیمیایی فسفر

فهرست منابع:

1. آزادی، ص.، س.ع. سیادت، ر. ناصری، ع. سلیمانی‌فرد و ا. میرزایی. 1392. کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژنه در ارقام گندم دوروم. مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، 7 (2): 129-146.
2. امامی، ا. 1375. روش‌های آنالیز گیاهی، انتشارات تهران، 231 صفحه.
3. باغبان طبیعت، س و م. رسولی صدقیانی. 1391. بررسی کارآیی جذب و مصرف روی در ارقام مختلف گندم در شرایط گلخانه‌ای، علوم و فنون کشت گلخانه‌ای. 3 (10)، 17-31.
4. بحرانی، ع و ز. طهماسبی‌سروستانی. 1385. اثر میزان و زمان مصرف نیتروژن بر عملکرد، اجزاء عملکرد و کاراییانتقال مجدد ماده خشک و نیتروژن در دو رقم گندم زمستانه. مجله علوم کشاورزی. 12 (2): 1263-1271.

5. حق بهاری، م و ر. سید شریفی. 1392. تاثیر تلقیح بذر با باکتری‌های افزاینده (PGPR) رشد بر عملکرد، سرعت و طول دوره پرشدن دانه گندم در سطوح مختلف شوری خاک. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی. 6 (1): 65-75.
6. حیدری سیاه خلکی، م.ص. ر. سید شریفی، م. صدقی. 1391. تأثیر تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد (PGPR) و زمان مصرف کود نیتروژن بر عملکرد، سرعت و طول دوره پر شدن دانه گندم. مجله علوم و تکنولوژی بذر. 2 (3): 64-78.
7. خسروجردی، م.، ش. شاهسونی، م. قلیپور، م و ح.ر. اصغری. 1392. تأثیر تلقیح باکتری ریزوبیوم و قارچ میکوریزای بر جذب برخی عناصر معدنی توسط نخود در سطوح مختلف کود سولفات آهن، نشریه تولید گیاهان زراعی، 6 (3)، 71-87.
8. خسروی، ع. ر. سیدشریفی و ع.ا. ایمانی . 1393. تأثیر تلقیح بذر با ازتوباکتر و سودوموناس و زمان مصرف کود نیتروژنه بر عملکرد، کارایی مصرف کود و سرعت پر شدن دانهٔ آفتابگردان. به زراعی کشاورزی. 16 (1): 139-155.
9. خزاعی، ح.ر.، ش. ریاحی نیا و ح.ر. عشقی زاده. 1393. تأثیر تنش رطوبتی بر توزیع و گسترش ریشه و بخش هوایی چهار ژنوتیپ تریتیکاله (*Triticosecale wittimack*). نشریه پژوهش‌های زراعی ایران،417-۱۳۹۳،۴۲۶.
10. خیری‌زاده آروق، ی.، ر. سیدشریفی، م. و. صدقی و م. برمکی. 1394. اثر کودهای زیستی و نانواکسید روی بر فرآیند انتقال‌مجدد و برخی شاخص‌های رشدی تریتیکاله در شرایط محدودیت آبی. فیزیولوژی‌گیاهان‌زراعی. 7 (21): 37-55.
11. رضاپور کویشاهی، ط.، م.ح. انصاری و م. مصطفوی راد . 1394. اثر برخی سویه‌های باکتری حل کنندهٔ فسفات بر عملکرد و خصوصیات زراعی مهم لوبیای محلی (*Phaseolus vulgaris* L.) گیلان در مقادیر مختلف کود فسفره. به زراعی کشاورزی. 17 (3): 801-814.
12. ساجدی، ن.ع و ف. رجالی. 1390. تأثیر تنش خشکی، کاربرد روی و تلقیح میکوریز بر جذب عناصر کم مصرف در ذرت. مجله پژوهشهای خاک. 25 (2): 83-92.
13. سپهری، م.، ن. صالح راستین، ق. حسینی سالکده و م. خیام نکویی. 1388. بررسی تأثیر قارچ اندوفیت *Piriformospora indica* بر بهبود رشد و افزایش مقاومت گیاه جو *Hordeum vulgare* L. به تنش شوری. مرتع. 3 (3): 508-518.
14. سید شریفی، ر. و ح. نظرلی. 1392. تأثیر پرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد PGPR بر عملکرد دانه، کارایی مصرف کود و انتقال ماده مجدد ماده خشک آفتابگردان در سطوح مختلف کود نیتروژنه. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. 23 (3): 27-45.
15. علوی‌فاضل، م. 1394. ارزیابی میزان انتقال مجدد به دانه ژنوتیپ‌های گندم نان و دوروم در واکنش به مقادیر نیتروژن. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. 7 (21): 5-18.
16. قربانپور، م.، ن. حسینی، م. خدایی‌مطلق و م. سلگی. 1393. تأثیر تلقیح باکتری‌های ریزوسفری *سودوموناس* بر رشد، کمیت و کیفیت اسانس گیاه دارویی مریم گلی (*Salvia officinalis* L.). فصلنامه گیاهان دارویی. 13 (4): 89-100.
17. مجدی، م.، م.ر. جلال کمال، م. اسماعیل زاده مقدم، د. ارادتمند اصلی، ف.ف. مرادی و س. طهماسبی. 1390. ارزیابی خصوصیات زراعی و محتوای کربوهیدرات‌های محلول ساقه در ژنوتیپ‌های گندم بهاره در شرایط تنش خشکی انتهایی فصل.مجله علوم زراعی ایران. 13 (2): 299-309.
18. مدحج، ع.، ی. امام، و ا. آینه‌بند، 1390. اثر سطوح نیتروژن بر میزان محدودیت مبداء و الگوی توزیع مواد فتوسنتزیبه دانه‌ی ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش گرمای پایان فصل، نشریه پژوهشهای زراعی ایران. 9 (3): 474-485.
19. مرادی، م.، س.ع، سیادت، ک. خاوازی، ر. ناصری، ع. ملکی و ا. میرزایی. ا. 1390. اثر کاربرد کود زیستی و شیمیایی فسفر بر صفات کمی و کیفی گندم بهاره. نشریه علمی-پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی و علف هرز. 5 (18): 66-51.

20. میرطاهری، س.م.، س.ع. سیادت، م.ص. نجفی، ق. فتحی و خ. عالمی سعید ، 1389. اثر تنش خشکی بر انتقال مجدد ماده خشک در پنج رقم گندم نان. نشریه پژوهشهای زراعی ایران. 8 (2): 308-314.

21. ناصری ر، م، براری م ج، زارع، ک. خاوازی و ز. طهماسبی. 1395. اثر باکتری‌های افزاینده رشد و قارچ میکوریزا بر صفات مهم زراعی دو رقم گندم در شرایط دیم. بوم شناسی کشاورزی. در دست چاپ.

22. Almas, Z., and K. Saghir. 2005. Interactive effect of rhizotrophic microorganisms on growth, yield and nutrient uptake of wheat. Canadian Journal of Microbiology. 28: 2079-2092.
23. Arnon, A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal. 23: 112-121.
24. Asrar, A.W.A and K.M. Elhindi. 2011. Alleviation of drought stress of marigold (*Tagetes erecta*) plants by using arbuscular mycorrhizal fungi. Saudi Journal of Biological Science. 18:93–98.
25. Asrar, A.A., G.M.Abdel-Fattah, K.M. Elhindi. 2012. Improving growth, flower yield, and water relations of snapdragon (*Antirhinum majus* L.) plants grown under well-watered and water stress conditions using arbuscular mycorrhizal fungi. Photosynthetica. 50 (2):305–316.
26. Banerjee, M., R.L.Yesmin and J.L.Vessey. 2006. Plant-growth- promoting rhizobacteria as biofertilizers and biopesticides. pp. 137-181. In: Handbook of microbial biofertilizers. Ed., Rai, M., K., Food Production Press, U.S.A.
27. Ehdaie B., G.A.Alloush and J.G.Waines. 2008. Genotypic variation in linear rate of grain growth and contribution of stem reserve to grain yield in wheat. Field Crops Research. 106: 34-43.
28. Fageria, NK and V.C. Baligar .2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. Advance Agronomy. 88: 97-185.
29. Hokmalipour S and M. Hamele-Darbandi. 2011. Investigation of Nitrogen Fertilizer Levels on Dry Matter Remobilization of Some Varieties of Corn (*Zea mays* L). World Applied Sciences Journal. 12 (6): 862-870.
30. Heidari, M and A. Olpayegani. 2011. Effects of water stress and inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on antioxidant status and photosynthetic pigments in basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 23, 1-5.
31. Huixing, S. 2005. Effects of VAM on host plant in the condition of drought stress and its mechanisms. Electronic Journal of Biology. 1:44–48.
32. Kaur, R., T.S. Bains, H. Bindumadhava and H. Nayyar. 2015. Responses of mungbean (*Vigna radiata* L.) genotypes to heat stress: Effects on reproductive biology, leaf function and yield traits. *Scientia Horticulturae.* http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.10.015.
33. Khalvati, M.A., A. Mozafar and V. Schmidhalter. 2005. Quantification of water uptake by arbuscular mycorrhizal hyphae and its significance for leaf growth water relations and gas exchange of barley subjected to drought stress. Plant Biology Stuttgart. 7 (6): 706-712.
34. Madani, A., A. Shirani Rad, A. Pazoki, Gh. Nourmohammadi and R. Zarghami. 2010. Wheat (*Triticum aestivum* L.) grain filling and dry matter partitioning responses to source:sink modifications under postanthesis water and nitrogen deficiency. Acta Scientiarum. Agronomy 32 (1): 145-151.
35. Manoharan, P., M. Pandi, V. Shanmugaiah, S. Gomathinayagam and N. Balasubramanian. 2008. Effect of vesicular arbuscular mycorrhizal fungus on the physiology and biochemical changes of five different tree seedlings grown under nursery conditions. African journal of biotechnology. 7 (19): 3431-3436.

36. Minocha, R., W.C .Shortel, S.L. Longand, S.C. Minocha. 1994. A rapid Reliable procedure for extraction of cellular polyamines and inorganic ions form plant tissues. Plant Growth Regulation. 13: 187-193.
37. Moucheshi, A., M.T. Heidari, B. Assad. 2012. Alleviation of drought stress effects on wheat using arbuscular mycorrhizal symbiosis. International Journal of Agricultural Science. 2:35–47.
38. Padmavathi, P., and P. Lakshmamma. 2001. Optimizing irrigation in relation to phosphorus nutrition in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Sesame and Safflower Newsletter 16: 105-108.
39. Plauta, Z., Z.J. Butowb, C. S. Blumenthalb and C. W. Wrigley. 2004. Transport of dry matter into developing wheat kernels and its contribution to grain yield under post-anthesis water deficit and elevated temperature. Field Crops Research. 86: 185–198.
40. Rudresh, D.L., M.K. Shivaprakash and R.D. Prasad. 2005. Effect of combined application of *Rhizobium*, phosphate solubilizing bacterium and *Trichoderma spp*. on growth, nutrient uptake and yield of chickpea (*Cicer aritenium* L.). Applied Soil Ecology. 28: 139-146.
41. Saghafi, K., J. Ahmadi, A. Asgharzadeh and S. bakhtiari. 2013. The effect of microbial inoculants on physiological responses of two wheat cultivars under salt stress. International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research, 1 (4): 421-431.
42. Serraj, R., L. Krishnamurty, J. Kashiwagi, J.K. Kumar, S. Chandra and J.H. Crouch. 2004. Variation in root traits of chickpea (*Cicer aretinum* L.) grown under terminal drought. Field Crops Research. 88: 115-127.
43. Shaharoona, B., M. Naveed, M. Arshad and Z.A. Zahir. 2008. Ferttilizer-dependent efficiency of *Pseudomonas* for improving growth, yield and nutrient use efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L.). Microbiol Biotechnology. 79: 147-155.
44. Talukder, A.S.M.H.M., G.K.McDonald and G.S. Gill. 2014. Effect of short-term heat stress prior to flowering and early grain seton the grain yield of wheat. Field Crops Research.160: 54–63.
45. Wang, X., J. Cai, D. Jiang, F. Liu, T. Dai, W. Cao. 2011. Pre-anthesis high-temperatureacclimation alleviates damage to the flag leaf caused by post-anthesis heat stressin wheat. Journal of Plant Physiology. 168: 585–593.

Effect of plant growth promoting bacteria and Mycorrhizal fungi on growth and yield of wheat under dryland conditions

R. Naseri[1], M. Barary, M. J. Zarea, K. Khavazi and Z. Tahmasebi
Ph.D in Agronomy, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran;
E-mail: rahim.naseri@gmail.com
Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran;
E-mail: bararym@gmail.com
Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran;
E-mail: mj.zarea@ilam.ac.ir
Associate Professor., Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization; E-mail: kkhavazi@yahoo.com
Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran;
E-mail: z.tahmasebi@ilam.ac.ir

Received: Augest, 2016 & Accepted: January, 2017

Abstract

In order to study the growth and yield of wheat under dryland conditions, an experiment was carried out in factorial arrangement using randomized complete block design with three replications at Agricultural Research Station of Ilam University during 2013-2014 cropping season. Experimental factors consisted of two wheat cultivars (KerasSablan and Saji), chemical and biofertilizers. Treatments include 1- without application of phosphorous fertilizer, 2-full use of recommended phosphorous, *3- pseudomonas putida*, 4- *Fuuneliformis mosseae*, *5- pseudomonas putida*+ *Fuuneliformis mosseae*, *6- pseudomonas putida* + *Fuuneliformis mosseae* + 1/2 use of recommended phosphorous, 7- *pseudomonas putida*+1/2 use of recommended phosphorous and 8- *Fuuneliformis mosseae*+1/2 use of recommended phosphorous. Results indicated that wheat cultivars and fertilizer treatments had significant effect on spike dry weight, stem dry weight, chlorophyll a and b contents, dry weight and root length, nitrogen, phosphorus, potassium, period of grain filling, grain filling rate, dry matter remobilization and current photosynthesis. Saji cultivar had the highest grain filling rate, dry matter remobilization and current photosynthesis. Biofertilizer treatments had positive effect on period of grain filling, grain filling rate, dry matter remobilization and current photosynthesis under dryland conditions. 1/2 use of recommended phosphorous +Mycorrhiza fungi treatment had the highest period of grain filling, grain filling rate, dry matter remobilization, current photosynthesis, chlorophyll a and b contents, dry weight and root length, nitrogen, phosphorus and potassium. Therefore with regard to the fact that cultivation of wheat in dryland conditions is facing the terminal stresses such as drought and heat, the integration use of Saji cultivar along with fertilizer treatment of *Fuuneliformis mosseae*+1/2 use of recommended phosphorous due to high chlorophyll content, nutritious elements, rate and duration of grain filling and current photosynthesis can be effective for improving the wheat grain yield.

Keywords: Chlorophyll, Current photosynthesis, Remobilization efficiency.

[1.] Corresponding author: Ph.D in Agronomy, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran