

بررسی انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در ارقام مختلف گندم (*Triticum aestivum* L.) تحت کاربرد منابع مختلف کودی در شرایط دیم

رحیم ناصری^{۱*}، امیر میرزایی^۲ و عباس سلیمانی فرد^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۰۵

تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۱۱/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۰۷

چکیده

به منظور بررسی تاثیر باکتری های افزاینده رشد روی انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در ارقام جدید گندم دیم، آزمایشی مزرعه ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی سرابله در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل ارقام مختلف گندم (سرداری، کریم، کوه دشت و ریژاو) و تیمار منابع مختلف کودی شامل: شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی)، ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، باکتری آزوسپریلیوم+ ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، باکتری ازتوباکتر+ ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، باکتری آزوسپریلیوم+ ازتوباکتر+ ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن بودند. نتایج این پژوهش نشان داد که اثر رقم و منابع کودی بر وزن خشک ساقه و سنبله، کارایی انتقال مجدد از ساقه و سنبله، سهم انتقال مجدد ساقه و سنبله در عملکرد دانه، میزان و سهم فتوسنتز جاری، طول دوره و سرعت پر شدن دانه معنی دار بود. به طوری که برهمکنش رقم ریژاو×باکتری آزوسپریلیوم+ازتوباکتر+ ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن دارای بیشترین کارایی انتقال مجدد از سنبله، سهم انتقال مجدد سنبله، میزان و سهم فتوسنتز جاری و سرعت پر شدن دانه بود. در این پژوهش نیز بیشترین کارایی انتقال مجدد از ساقه، سهم انتقال مجدد ساقه در عملکرد دانه از برهمکنش رقم محلی×تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) به دست آمد.

واژگان کلیدی: فتوسنتز جاری، کارایی انتقال مجدد، سهم انتقال مجدد، ساقه، سنبله.

۱- گروه تکنولوژی تولیدات گیاهی، آموزشکده فنی مهندسی و کشاورزی دهلران، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

۲- بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام، ایران.

۳- مربی، گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، صندوق پستی ۳۶۹۷-۱۹۳۹۵ تهران، ایران.

r.nasari@ilam.ac.ir

(نگارنده مسئول)

مقدمه

با توجه به اینکه ابتدای فصل زراعی بخشی از فرم شیمیایی قابل استفاده عناصر برای گیاه به فرم‌های دیگر تبدیل شود و یا از به‌وسیله آبه‌سویی از دسترس گیاه خارج می‌گردد، این موضوع سبب زیان‌های اقتصادی و آلودگی محیط زیست می‌شود، به‌منظور افزایش بیشتر جذب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، راهکارهای مصرف کود باید طوری تغییر نماید که عناصر غذایی مورد استفاده گیاه در یک مدت بیشتری در اختیار گیاه قرار گیرد. استفاده از کودهای زیستی حل‌کننده فسفر و تثبیت‌کننده نیتروژن از جمله راهکارهای عملیات به زراعی است که می‌تواند این مشکل را برطرف نماید. باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن مثل ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم، نه تنها سبب تثبیت نیتروژن می‌گردد، بلکه توانمند به تولید فیتوهورمون‌هایی مثل اسید جیبرلیک و ایندول استیک اسید بوده که سبب باعث تحریک رشد گیاه و جذب عناصر غذایی می‌شوند (Amani et al., 2016). کودهای زیستی با تأثیرگذاری روی فعالیت سیستم فتوسنتزی، اثر مستقیمی روی آن داشته و از طریق زیاد کردن قابلیت جذب عناصر غذایی خاک سبب زیاد شدن رشد رویشی گیاه گشته و با نگهداری دوام شاخص سطح برگ، امکان تولید مواد فتوسنتزی زیاد تر به به جهت پر شدن دانه را محیا نموده که این امر به طولانی‌تر شدن طول دوره پر شدن دانه خواهد انجامید (Yousefpoor et al., 2014). نشان داده شد که آلوده کردن غلات با باکتری‌های افزایشنده رشد گیاه (باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن) موجب جذب بهتر عناصر غذایی شده که این امر افزایش شاخص سطح برگ به دلیل تشعشع خورشیدی بهتر را سبب و موجب انتقال مواد

فتوسنتزی بیشتری به سمت دانه و در نهایت منجر به عملکرد دانه خواهد شد (Kanaani Alvar et al., 2013). افزایش نیتروژن، موجب طولانی‌شدن دوره مؤثر و طول دوره پر شده و با کاهش آن عنصر نیتروژن پارامترهای پر شدن دانه نیز کاهش خواهد یافت. در واقع کاربرد کود شیمیایی نیتروژن با افزایش میزان اسیمیلاسیون، موجب بالا رفتن نقل و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه و در نهایت می‌تواند سرعت و دوره مؤثر پر شدن دانه را افزایش دهد (Seyed Sharifi and Nazarli, 2013). در پژوهش‌های انجام گرفته توسط روستی و همکاران (Roesti et al., 2006) روی گندم نشان داده شد که باکتری‌های افزایشنده رشد گیاه به واسطه نقش این باکتری‌ها در تنظیم و تولید هورمون‌ها سبب توسعه بهتری سیستم ریشه گیاه، امکان جذب بهتر عناصر غذایی مثل نیتروژن و در نهایت موجب رشد و عملکرد گردید. در گزارش‌های कुमार و همکاران (Kumar et al., 2006) نشان داده شد که در زمان کمبود آب، سهم ماده خشک ذخیره در ساقه‌ها و برگ‌ها برای پر شدن دانه زیاد می‌شود. از آنجا که تحقیقات زیادی در مورد نقش کودهای زیستی در انتقال مجدد مواد فتوسنتزی بر ارقام جدید گندم دیم در کشور منطقه انجام نشده‌است، آزمایش حاضر با هدف بررسی اثر باکتری‌های افزایشنده رشد گیاه روی انتقال مجدد مواد فتوسنتزی و سرعت پر شدن دانه در گندم تحت شرایط دیم ایلام انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایشی مزرعه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی سرابله با عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۴۵ دقیقه و با طول

مزرعه از روابط زیر جهت ارزیابی صفات مورد نظر استفاده شد:

به منظور محاسبه طول دوره پر شدن دانه از معادله زیر استفاده شد (Majdi et al., 2011):

$$GFP = PM - DF \quad \text{معادله ۱}$$

در این معادله GFP: طول دوره پر شدن دانه (تعداد روز بین گرده افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک)، PM: رسیدگی فیزیولوژیک و DF: گرده افشانی بود.

جهت بررسی سرعت پر شدن دانه از معادله زیر استفاده شد (Majdi et al., 2011):

$$GFR = \frac{SW}{GFP} \quad \text{معادله ۲}$$

در این معادله GFR: سرعت پر شدن دانه، SW: وزن نهایی دانه و GFP: طول دوره پر شدن دانه می‌باشد.

جهت محاسبه انتقال مجدد مواد فتوسنتزی از ساقه و سنبله گردید از معادله زیر استفاده شد:

$$A = B - C \quad \text{معادله ۳}$$

A: انتقال مجدد ذخیره‌ای از ساقه و سنبله، B: میزان ماده خشک ساقه و سنبله در مرحله گرده افشانی، C: میزان ماده خشک ساقه و سنبله در مرحله رسیدگی می‌باشد.

جهت محاسبه کارایی انتقال مجدد مواد فتوسنتزی از ساقه از معادله زیر استفاده شد:

$$E = \left(\frac{A}{B} \right) \times 100 \quad \text{معادله ۴}$$

A: انتقال مجدد ذخیره‌ای از ساقه، B: میزان ماده خشک ساقه در مرحله گرده افشانی می‌باشد. جهت محاسبه سهم انتقال مجدد مواد فتوسنتزی از ساقه و سنبله گردید و از معادله زیر استفاده شد:

جغرافیایی ۳۴ درجه و ۴۶ دقیقه و ارتفاع ۹۷۵ متر از سطح دریا در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل ارقام مختلف گندم (سرداری، کریم، کوه‌دشت و ریژاو) و تیمار منابع مختلف کودی: تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی)، ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، باکتری آزوسپریلیوم + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، باکتری ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، باکتری ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، باکتری ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن توصیه شده بودند. ابعاد هر کرت آزمایشی شامل هشت خط به طول چهار متر و فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر و فاصله یک متر بین تکرارها بود. باکتری آزوسپریلیوم و ازتوباکتر در این آزمایش (10^8 CFU/ml) از موسسه آب و خاک کرج تهیه شدند. قبل از کاشت گندم، بذرها توسط باکتری-های مورد استفاده تلقیح و آغشته و پس از تهیه کردن بستر کاشت، بذور تلقیح شده در خطوط ایجاد شده ریخته و با خاک پوشانده شدند. آمار هواشناسی محل مورد آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. مقدار بذر مصرفی برای هر هکتار ۱۲۰ کیلوگرم بود. کودهای نیتروژن و فسفر بر اساس آزمون خاک (جدول ۲) مورد استفاده قرار گرفتند. کود نیتروژن به میزان ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار در هنگام کاشت و شروع ساقه‌دهی به زمین داده شد. کود شیمیایی فسفر مورد نیاز از منبع سوپر فسفات تریپل به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار توصیه شده در زمان کاشت به خاک اضافه شد. در این آزمایش به منظور بررسی نقش باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه بر خصوصیات در مرحله گرده-افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک تحت شرایط

$$\text{معادله ۵} \quad F = \left(\frac{A}{D}\right) \times 100$$

A: انتقال مجدد ذخیره‌ای از ساقه و D: عملکرد دانه بوده و جهت محاسبه میزان فتوسنتز جاری از ساقه و سنبله گردید از معادله زیر استفاده شد:

$$\text{معادله ۶} \quad CUR = GY - DRR \times 100$$

CUR: میزان فتوسنتز جاری، GY: عملکرد دانه، RDR: انتقال مجدد ماده خشک و برای محاسبه سهم فتوسنتز جاری از ساقه و سنبله گردید از معادله زیر استفاده شد:

$$\text{معادله ۷} \quad CUP = \frac{CUR}{GY} \times 100$$

CUP: سهم فتوسنتز جاری، CUR: میزان فتوسنتز جاری و GY: عملکرد دانه و جهت محاسبه کارایی انتقال مجدد سنبله از معادله زیر استفاده شد (Madani et al., 2010):

$$\text{معادله ۸} \quad DRE = \frac{DRR}{DR} \times 100$$

DRE: کارایی انتقال مجدد سنبله، DRR: انتقال مجدد ذخیره‌ای از سنبله، DR: میزان ماده خشک سنبله می‌باشد.

تجزیه واریانس داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین داده‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت. در این پژوهش رسم شکل‌ها توسط اکسل صورت گرفت.

نتایج و بحث

وزن خشک ساقه و سنبله

بر اساس نتایج واریانس داده‌های حاصل از این پژوهش، اثرات اصلی رقم و منابع مختلف کودی بر وزن خشک ساقه و سنبله در مرحله گرده‌افشانی و رسیدگی معنی‌دار گردید (جدول ۳). رقم ریژاو و سرداری به‌ترتیب دارای بیشترین و

کمترین وزن خشک ساقه و سنبله بودند (جدول ۴). در این پژوهش نیز مشاهده گردید که استفاده از باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد موجب افزایش وزن خشک ساقه و سنبله گردید به‌طوری‌که تیمار باکتری آروسپریلیوم+ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن دارای بیشترین و تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) دارای کمترین وزن خشک در دو مرحله گرده‌افشانی و رسیدگی بود (جدول ۴).

انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای از ساقه و سنبله

بر اساس نتایج واریانس داده‌های حاصل از این پژوهش، اثرات اصلی رقم و منابع مختلف کودی بر انتقال مجدد ذخیره‌ای از ساقه معنی‌دار گردید (جدول ۳). رقم ریژاو و سرداری به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین وزن خشک بودند (جدول ۴). در این پژوهش نیز مشاهده گردید که استفاده از باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه دارای کمترین میزان انتقال مجدد از ساقه را دارا بود به طوری که تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) بیشترین و تیمار باکتری آروسپریلیوم+ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن کمترین میزان انتقال مجدد را دارا بودند (جدول ۴).

اثر برهمکنش رقم×منابع مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد بر انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای از سنبله معنی‌دار گردید (جدول ۳). بیشترین انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای از سنبله از رقم ریژاو و تحت کاربرد باکتری آروسپریلیوم+ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن و کمترین میزان انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای از سنبله از رقم سرداری در تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) به‌دست آمد، که نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع

کودی) موجب افزایش ۹۵/۶ درصدی در میزان انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای از سنبله گردید (شکل ۱).

در شرایط مطلوب و دسترسی به منابع کافی، چون فتوسنتز جاری افزایش می‌یابد، بنابراین تعادل منبع و مخزن تا حد زیادی حفظ و مواد تولیدی منبع می‌تواند در مخزن مورد بهره‌برداری قرار گیرد، اما در شرایط محدودیت آبی، به دلیل عدم دسترسی به عناصر غذایی تعادل منبع و مخزن به هم خورده که در این شرایطی قدرت مخزن بیشتر از منبع بوده و به دلیل روابط فیزیولوژیکی موجود بین منبع و مخزن، منبع میزان انتقال ماده خشک را زیاد شده تا قسمتی از نیاز شدید مخازن (دانه‌ها) را فراهم آورد (Kheyrizadeh Azogh et al., 2015; Seyed Sharifi and Haydari Siahkhalaki, 2016). پژوهشگران نشان داده شد که استفاده از باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه موجب کاهش میزان انتقال ماده خشک کل بوته و سهم مشارکت ذخایر ساقه در پر شدن دانه می‌گردد. آنان علت را به ایجاد شرایط بهینه توسط باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه و همچنین افزایش سهم فتوسنتز جاری به خاطر شاخص سطح برگ بیشتر نسبت دادند که این امر موجب می‌گردد بخش عمده‌ای از عملکرد توسط فتوسنتز جاری تأمین شده و بخش کمتری به انتقال ماده خشک اختصاص یابد (Kamari et al., 2014). میزان انتقال ماده خشک فتوسنتزی و سهم این انتقال در عملکرد دانه، تحت تاثیر روابط منبع و مخزن و همچنین شرایط محیطی قرار می‌گیرد (Seyed Sharifi and Nazarly, 2013). در شرایط مطلوب و دسترسی به منابع کافی، میزان فتوسنتز جاری به دلیل افزایش سرعت ظهور برگ افزایش می‌یابد

(Kamari et al., 2014). کمبود آب موجب کوتاه شدن دوره پر شدن دانه، کم شدن میزان فتوسنتز برگ‌ها، کاهش تولید مواد فتوسنتزی و در نهایت منجر به کاهش عملکرد دانه می‌گردد (Darzi et al., 2007). کودهای زیستی علاوه بر تأمین عناصر غذایی موردنیاز گیاه، سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب و فعالیت ریزجانداران مفید خاک شده، در نتیجه ظرفیت فتوسنتزی گیاه در مرحله پر شدن دانه افزایش یافته و مواد ذخیره‌ای بیشتری به سمت دانه انتقال یافته و نهایتاً منجر به افزایش عملکرد دانه می‌گردد (Perramon et al., 2016).

کارایی انتقال مجدد از ساقه و سنبله

اثر برهمکنش رقم×منابع مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد بر کارایی مجدد مواد ذخیره‌ای از ساقه معنی‌دار گردید (جدول ۳). بیشترین کارایی مجدد مواد ذخیره‌ای از ساقه از رقم سرداری در تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) و کمترین میزان کارایی مجدد مواد از رقم ریژاو و تحت کاربرد باکتری آزوسپریلیوم+ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن به‌دست آمد، که نسبت به تیمار باکتری موجب افزایش ۷۳/۲ درصدی در میزان کارایی مجدد مواد ذخیره‌ای از ساقه گردید (شکل ۲). اثر برهمکنش رقم×منابع مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد بر کارایی انتقال مجدد از سنبله معنی‌دار گردید (جدول ۳). بیشترین کارایی انتقال مجدد از سنبله از رقم ریژاو و تحت کاربرد باکتری آزوسپریلیوم+ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن و کمترین میزان کارایی انتقال مجدد مواد از سنبله از رقم سرداری در تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) به‌دست آمد، که نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف

هیچ منبع کودی) موجب افزایش ۸۰/۸ درصدی در کارایی انتقال مجدد مواد از سنبله گردید (شکل ۳). به نظر می‌رسد در تیمار شاهد زمانی که هیچ منبع کودی استفاده نشد میزان انتقال مجدد از ساقه نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود که نشان‌دهنده افزایش تنش کم آبی در شرایط دیم بوده است. همان‌طور که در سایر گزارش‌ها نیز آمده است، چنانچه گیاه در شرایط کم آبی قرار گیرد سهم مواد فتوسنتزی ذخیره شده از ساقه افزایش می‌یابد (Naseri *et al.*, 2017a). زمانی که گیاه با محدودیت آب مواجهه می‌گردد، به دلیل پیری زودرس و ریزش برگ‌ها در زمان پر شدن دانه، سبب کاهش دوره پر شدن دانه و سهم فتوسنتز جاری می‌گردد، استفاده از باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه موجب افزایش شاخص سطح برگ و در نتیجه بهبود فتوسنتز جاری شده می‌گردد اما زمانی که گیاه با شرایط محدودیت آبی مواجهه گردد، این امر موجب کاهش طول دوره رشد، تسریع پیری و ریزش برگ به دلیل کاهش در سهم فتوسنتز جاری به واسطه کاهش سطح برگ می‌گردد و نقش انتقال مجدد مواد فتوسنتزی از ساقه به سمت دانه پررنگ‌تر می‌شود (Kheyrizadeh Azogh *et al.*, 2015).

در مرحله پر شدن دانه‌ها، فتوسنتز جاری تحت تأثیر قرار می‌گیرد و در این زمان انتقال مجدد ذخایر ساقه به‌عنوان یک فرایند مهم و پشتیبانی‌کننده عملکرد می‌تواند تا حدود زیادی کاهش عملکرد دانه را جبران نماید (Hassanpour and Zand, 2014).

آنچه به نظر می‌آید استفاده از باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه به‌همراه کود شیمیایی نیتروژن در گندم سبب افزایش کارایی مواد از سنبله شده که دلیل این امر را می‌توان به جهت فراهم بودن

شرایط بهتر رشد گیاه هنگام استفاده از مخلوط باکتری و کود شیمیایی که سبب افزایش دسترسی گیاه به آب مورد نیاز و همچنین عناصر غذایی لازم شده که موجب می‌گردد ارقام مختلف گندم با تنش خشکی و به ویژه تنش انتهایی فصل کمتر مواجهه شده و حداکثر استفاده را از فتوسنتز جاری (سنبله) داشته باشد. در گزارش‌های عباس‌پور و همکاران (Abbaspour, 2011) اظهار داشت که استفاده از باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه با زیادکردن میزان آسیمیلاسیون و سرعت پر شدن دانه، سبب بالا رفتن نقل و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه و سبب زیاد شدن وزن دانه می‌گردد. در شرایط تنش گرمایی انتهایی فصل تقاضا برای انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در پر شدن دانه‌ها در اثر کم شدن میزان فتوسنتز زیاد می‌گردد (Blum, 1998). بنابراین، سهم انتقال کربوهیدرات ذخیره‌شده در ساقه به عنوان منبع پر شدن دانه بیشتر می‌شود (Ehdaie *et al.*, 2006). در گزارش‌های خلیل‌زاده و همکاران (Khalilzadeh *et al.*, 2018) نشان داده شد که استفاده از باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه به جهت زیاد شدن طول دوره رشد و توانایی منبع در تخصیص بهتر منابع به مخازن (دانه‌ها) سبب می‌گردد که میزان فتوسنتز جاری برای زمان بیشتری در اختیار گیاه قرار گیرد، که این موضوع موجب می‌گردد میزان انتقال ماده خشک از ساقه به دانه کاهش یابد. نتایج این بررسی، نقش سودمند باکتری ازتوباکتر و آزوسپریلیوم را به ویژه در کاهش خسارت در شرایط دیم تأیید نمود. تلقیح گیاه با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه (ازتوباکتر) سبب می‌گردد که ریشه گیاه به راحتی انتشار و گسترش بیشتری پیدا کرده و آب و عناصر غذایی لازم را جذب و در اختیار گیاه قرار داده که جذب

ناشی از کاهش فتوسنتز جاری برگ‌ها به دلیل بسته شدن روزنه‌ها و کاهش تبادلات گازی می‌باشد (Talebzadeh et al., 2017).

ذخایر کربوهیدراتی موجود در اندام‌های رویشی علاوه بر اینکه از فرآیند تثبیت کربن در برگ‌ها نشأت گرفته، با میزان بهره‌برداری و انتقال به دانه‌ها نیز در ارتباط می‌باشند. پس از گلدهی، میزان فتوسنتز به دلیل تنش‌های محیطی کم شده و انتقال مواد فتوسنتزی در عملکرد دانه سهم قابل توجهی بازی می‌کند (Hokmalipour and Seyed Sharifi, 2016). سید شریفی و نظری (Seyed Sharifi and Nazarly, 2013) اظهار داشتند کردند باکتری‌های افزایشنده رشد گیاه، میزان انتقال ماده خشک فتوسنتزی و سهم مشارکت ذخایر ساقه در پر شدن دانه را کم کرده، که دلیل این موضوع را ایجاد شرایط مناسب توسط باکتری‌ها افزایشنده رشد گیاه و افزایش سهم فتوسنتز جاری به دلیل افزایش شاخص سطح برگ عنوان کرده که سبب می‌گردد بخش زیادی از عملکرد توسط فتوسنتز جاری تأمین شده و بخش کمی به انتقال ماده خشک اختصاص یابد. در گندم پس از فتوسنتز جاری کربوهیدرات‌های ذخیره‌شده در ساقه به عنوان منبع تأمین‌کننده کربوهیدرات‌های مورد نیاز برای پر شدن دانه محسوب شده (Ehdaie et al., 2008)، که تقریباً ۲۵ تا ۴۰ درصد از وزن کل ساقه را شامل می‌شود (Ruuska et al., 2006). در شرایط زراعت دیم در گندم نشان داده شد که مرحله بعد از گرده‌افشانی عملکرد دانه بیشتر به واسطه کم‌شدن وزن هزار دانه، کاهش می‌یابد (Naseri et al., 2010). دالوندی و همکاران (Dalvandi et al., 2013) بیان کردند که در مرحله بعد از گرده‌افشانی مواد فتوسنتزی به دانه‌ها منتقل شده، در نهایت

عناصر غذایی در سیستم فتوسنتز سبب افزایش رشد و عملکرد می‌شود (Hassanpour and Zand, 2014).

سهم انتقال مجدد ساقه و سنبله در عملکرد دانه

اثر برهمکنش رقم×منابع مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد بر سهم مجدد مواد از ساقه معنی‌دار گردید (جدول ۳). بیشترین سهم مجدد مواد ذخیره‌ای از ساقه از رقم سرداری در تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) و کمترین میزان کارایی مجدد مواد از رقم ریژا و تحت کاربرد باکتری آزوسپریلیوم+ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن به دست آمد که نسبت به تیمار باکتری موجب افزایش ۸۰/۲ درصدی در میزان سهم مجدد مواد ذخیره‌ای از ساقه گردید (شکل ۴).

اثر برهمکنش رقم×منابع مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد بر سهم انتقال مجدد از سنبله معنی‌دار گردید (جدول ۳). بیشترین سهم انتقال مجدد از سنبله از رقم ریژا و تحت کاربرد باکتری آزوسپریلیوم+ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن و کمترین میزان سهم انتقال مجدد مواد از سنبله از رقم سرداری در تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) به دست آمد، که نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) موجب افزایش ۶۷/۶ درصدی در سهم انتقال مجدد مواد از سنبله گردید (شکل ۵). زمانی که فتوسنتزی گیاه بر اثر محدودیت آب یا گرمای بعد از گرده‌افشانی کم شود، پر شدن دانه به طور قابل توجهی وابسته به انتقال مجدد مواد فتوسنتزی از ساقه خواهد بود، میزان کارایی و سهم انتقال مجدد مواد فتوسنتزی از ساقه در شرایط نامساعد محیطی زیاد بوده که دلیل آن

هرگونه کم شدن آب قابل دسترس سبب چروکیده و لاغر شدن دانه‌ها می‌شود. نشان داده شد که باکتری افزایش دانه رشد گیاه موجب فراهم شدن رشد بهتر اندام‌های هوایی از طریق افزایش سیستم ریشه‌دهی و جذب عناصر غذایی، موجب افزایش میزان کلروفیل برگ شده (Naseri et al., 2017b) که متعاقب آن سبب افزایش سطح سبز گیاه و موجب ذخیره بیشتر مواد فتوسنتزی به سمت دانه و افزایش وزن دانه می‌گردد، به نظر می‌رسد کود زیستی با تولید هورمون‌های رشد و تامین عناصر غذایی، ضمن افزایش سرعت پر شدن دانه امکان تداوم بیشتر دوره پر شدن را نیز فراهم ساخته‌اند (Naseri et al., 2017a).

میزان و سهم فتوسنتز جاری

اثر برهمکنش رقم×منابع مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد بر میزان فتوسنتز جاری معنی‌دار گردید (جدول ۳). بیشترین سهم میزان فتوسنتز جاری از رقم ریژاو و تحت کاربرد باکتری آزوسپریلیوم+ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن و کمترین میزان سهم فتوسنتز جاری از رقم سرداری در تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) به دست آمد، که نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) موجب افزایش ۹۴/۱ درصدی در میزان فتوسنتز جاری گردید (شکل ۶).

اثر برهمکنش رقم×منابع مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد بر سهم فتوسنتز جاری معنی‌دار گردید (جدول ۳). بیشترین سهم فتوسنتز جاری از رقم ریژاو و تحت کاربرد باکتری آزوسپریلیوم+ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن و کمترین سهم فتوسنتز جاری از رقم سرداری در تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) به دست آمد، که نسبت به تیمار

شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) موجب افزایش ۶۴/۱ درصدی در میزان سهم فتوسنتز جاری گردید (شکل ۷). پژوهشگران نشان دادند که استفاده از باکتری‌های افزایش دانه رشد گیاه موجب کاهش میزان انتقال ماده خشک کل بوته و سهم مشارکت ذخایر ساقه در پر شدن دانه می‌گردد. آنان علت را به ایجاد شرایط بهینه توسط باکتری‌های افزایش دانه رشد گیاه و افزایش سهم فتوسنتز جاری نسبت دادند که این امر موجب می‌گردد بخش عمده‌ای از عملکرد توسط فتوسنتز جاری تأمین شده و بخش کمتری به انتقال ماده خشک اختصاص یابد (Seyed Sharifi and Nazarly, 2013). در شرایط مطلوب و دسترسی به منابع کافی، میزان فتوسنتز جاری به دلیل افزایش سرعت ظهور برگ افزایش می‌یابد (Kamari et al., 2014). استفاده از باکتری‌های افزایش دانه رشد گیاه با بهبود سیستم ریشه و زیاد شدن مواد فتوسنتزی به دلیل زیاد شدن سطح برگ و زیاد شدن ظرفیت فتوسنتزی، با انتقال مجدد مواد فتوسنتزی تولید شده از منبع به مخزن (دانه‌ها)، موجب افزایش وزن دانه می‌شود (Rezaei Chiyaneh et al., 2012). نیتروژن برگ واسطه بالا نگه داشتن میزان کلروفیل برگ و به تاخیر انداختن در پیری برگ در طی فصل رشد موجب زیاد شدن فتوسنتز جاری می‌گردد (Murchie et al., 2002). کاربرد توأم باکتری‌های افزایش دانه رشد گیاه و کود شیمیایی نیتروژن سبب افزایش قابلیت در دسترس بودن عناصر غذایی شده که این امر موجب افزایش سطح برگ و افزایش رشد و میزان فتوسنتز را در پی خواهد داشت (Moradi et al., 2016). به نظر می‌رسد از طریق افزایش میزان و پایداری رنگدانه‌های فتوسنتزی در حضور باکتری‌های افزایش دانه رشد

صفت گردید، به طوری که تیمار باکتری آروسپریلیوم+ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن دارای بیشترین و تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) دارای کمترین طول دوره پر شدن دانه بود (جدول ۴).

اثر برهمکنش رقم×منابع مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد بر میزان فتوسنتز جاری معنی دار گردید (جدول ۳). بیشترین سرعت پر شدن دانه از رقم ریژاو و تحت کاربرد باکتری آروسپریلیوم+ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن و کمترین میزان سرعت پر شدن دانه از رقم سرداری در تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) موجب افزایش ۸۰ درصدی در میزان در سرعت پر شدن دانه گردید (شکل ۸). نیتروژن کافی از طریق به تاخیر انداختن پیری برگ، نگهداری فتوسنتز برگ در زمان دوره پر شدن دانه و افزایش طول دوره پر شدن دانه سبب زیاد شدن وزن دانه می گردد (Baset et al., 2010). با توجه به نتایج این پژوهش و نتایج گزارش‌های دیگران آنچه به نظر می‌رسد این است که با جذب عناصر غذایی و منابع آبی توسط باکتری‌های افزایشنده رشد گیاه شرایط مناسبی در محیط ریشه در اختیار گیاه قرار و این امر سبب طولانی شدن دوره پر شدن دانه را می‌شود. تأثیر عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن و فسفر و قابلیت باکتری‌ها در تثبیت زیستی نیتروژن و محلول کردن فسفات از عوامل تأثیرگذاری این کودها بر رشد و نمو فنولوژی آفتابگردان می‌باشد، به طوری که با افزایش فعالیت فتوسنتزی و حفظ شاخص سطح برگ، باعث طولانی تر شدن دوره پر شدن دانه در راستای افزایش عملکرد دانه می‌شود و افزایش طول دوره

گیاه (به‌خصوص کلروفیل) و در نتیجه حفظ ظرفیت فتوسنتزی برگ‌ها به واسطه دوام بیشتر سطح آنها، توانست وابستگی وزن دانه گیاه را به میزان فتوسنتز جاری جهت پر نمودن دانه‌ها افزایش دهد (Nouriyani, 2015). تحقیقات نشان داده است که کم شدن عملکرد دانه گیاه می‌تواند به طور مستقیم در اثر بسته شدن روزنه‌ها و به طور غیرمستقیم در اثر زیاد شدن آنزیم‌های تجزیه کننده پروتئین‌ها و کلروفیل‌ها باشد که نهایتاً موجب کم شدن سرعت و میزان فتوسنتز و به تبع آن، کاهش میزان مواد فتوسنتزی و در نهایت عملکرد دانه می‌گردد (Bredan and Egli, 2003). برگ مهم‌ترین اندام گیاهی جهت انجام عمل فتوسنتز و تولید آسیمیلات در گیاه به شمار می‌آید. فراهم بودن عنصر نیتروژن برای گیاه از یک طرف با اثر بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و از طرف دیگر با افزایش رشد رویشی و زیاد شدن برگ موجب زیاد شدن فتوسنتز و ساخت مواد فتوسنتزی، علاوه بر این، عنصر فسفر نیز با شرکت در ساختار حامل‌های انرژی مانند ATP و NADPH نقش مهمی در فرآیندهای نورانی و تاریکی فتوسنتز داشته به نظر می‌رسد باکتری ازتوباکتر می‌تواند با افزایش میزان کلروفیل برگ موجب زیاد شدن میزان فتوسنتز در گیاه می‌شود (Boveiri Dehsheikh et al., 2017).

طول دوره و سرعت پر شدن دانه

بر اساس نتایج واریانس داده‌های حاصل از این پژوهش، اثرات اصلی رقم و منابع مختلف کودی بر طول دوره پر شدن دانه معنی دار گردید (جدول ۳). رقم ریژاو و سرداری به ترتیب دارای بیشترین و کمترین طول دوره بودند (جدول ۴). در این پژوهش مشاهده گردید که استفاده از باکتری‌های افزایشنده رشد گیاه موجب افزایش این

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به مشکلاتی که مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی به‌همراه دارد، کاربرد کود زیستی در کشاورزی به‌صورت جدی مطرح می‌باشد. نتایج به‌دست آمده نشان داده شد که در تمامی ارقام گندم دیم حداکثر انتقال مجدد، کارایی انتقال مجدد و سهم انتقال مجدد از ساقه به دانه افزایش معنی‌داری نشان داد، اما مصرف باکتری‌های افزاینده رشد در تمامی ارقام دارای کمترین انتقال مجدد از ساقه را دارا بودند، به طوری که رقم ریژاو×باکتری آزوسپریلیوم+ ازتوباکتر+ ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن دارای بیشترین مقادیر کارایی انتقال مجدد و سهم انتقال مجدد سنبله به دانه و همچنین بیشترین میزان و سهم فتوسنتز جاری را دارا بود. در شرایط دیم گیاه مرتباً با تنش‌های فصلی مواجه می‌گردد و این امر سبب افت شدید در عملکرد دانه می‌گردد. ضروری به‌نظر می‌رسد استفاده از رقم‌های مناسب، پربازده و متحمل به شرایط نامساعد محیطی همراه با کاربرد کودهای زیستی می‌توانند نتیجه مطلوبی از خود نشان دهند، بنابراین با توجه به نتایج این پژوهش رقم ریژاو همراه باکتری آزوسپریلیوم+ازتوباکتر+ ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن می‌تواند در منطقه مد نظر قرار گیرد.

رویشی گیاه و در نتیجه افزایش سطح فتوسنتز کننده، سبب افزایش طول دوره پر شدن دانه و در نتیجه انتقال مواد فتوسنتزی بیشتری به دانه می‌شود که در نهایت وزن دانه گیاه افزایش می‌یابد (Akbari *et al.*, 2012). در گزارش‌های الکرکی و همکاران (Al-Karaki *et al.*, 2004) روی گندم تاثیر کود زیستی بر طولانی‌تر شدن دوره پر شدن دانه اشاره شده است. بانرجی و همکاران (Banerjee *et al.*, 2006) بیان داشتند که باکتری‌های افزاینده رشد گیاه 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 اسیمیلاسیون، موجب بالا رفتن نقل و انتقال مواد به دانه شده و در نهایت می‌تواند وزن تک بذر، سرعت و دوره مؤثر پر شدن دانه را افزایش دهد. به نظر می‌رسد باکتری‌های افزاینده رشد گیاه با تولید هورمون‌های رشد و تامین عناصر غذایی، ضمن افزایش سرعت پر شدن دانه امکان تداوم بیشتر دوره پر شدن دانه را فراهم ساخته‌اند (Heidari Siah Khalki *et al.*, 2012). افزایش میزان فتوسنتز، سطح برگ گیاه و سرعت پر شدن دانه زمانی که کود نیتروژن استفاده می‌گردد در گزارش‌های سایر محققین نیز آمده است (Dordas and Sioulas, 2008).

جدول ۱- مقادیر متوسط ماهانه دما، بارش و رطوبت در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی سرابله در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸

Table 2- Monthly mean value of precipitation and relative humidity in Agricultural Research Field Station of Sarableh during 2019-2020 cropping seasons

Month	ماه	حداقل دما Min temp (°C)	حداکثر دما Max temp (°C)	میزان بارش Precipitation (mm)	حداقل رطوبت Min. RH (%)	حداکثر رطوبت Max. RH (%)
Oct.	مهرماه	13.2	37.2	15	18	41
Nov.	آبان	0.8	27.2	44.6	33	73
Dec.	آذر	0.2	19.6	134.4	53	83
Jan.	دی	-2	16.4	37.4	47	84
Feb.	بهمن	-8.5	19.5	60.3	43	79
Mar.	اسفند	1.7	24.8	267.1	47	84
Apr.	فروردین	2.6	26.6	33.5	40	80
May	اردیبهشت	4.8	36.5	11.3	24	64
Jun.	خرداد	16	39.7	0	12	31

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 2- Soil physical and chemical properties of experimental area

بافت خاک Soil texture	آهن Fe	روی Zn	مس Cu	منگنز Mn	منیزیم Mg	فسفر Available P	پتاسیم Available K	نیتروژن Total N	کربن آلی Organic Carbon	شوری E.C	اسیدیته pH
	(mg kg ⁻¹)						(%)		(dS m ⁻¹)		
Clay loam	10	1.4	5.2	12	216	6	280	0.13	1.5	0.40	7.1

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) انتقال مجدد مواد فتوسنتزی تحت کاربرد کود شیمیایی نیتروژن و باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه در ارقام مخلف گندم دیم

Table 3- Analysis of variance (mean squares) for dry matter remobilization under different levels of chemical fertilizer and PGPR in two dry land wheat cultivars

منابع تغییر S.O.V.		درجه آزادی d.f	وزن خشک سنبله در مرحله گرده‌افشانی Spike dry weight at flowering stage	وزن خشک سنبله در مرحله رسیدگی Spike dry weight at maturity stage	انتقال مجدد ذخیره ای از سنبله Dry matter remobilization from spike	کارایی انتقال مجدد از سنبله Dry matter remobilization efficiency from spike	سهم انتقال مجدد سنبله در عملکرد دانه Contribution of spike reserves to grain yield
Replication	تکرار	2	47.1	47.03	0.0025	105.6	282.5
Cultivar (C)	رقم	3	6.18**	5.7**	0.015**	7.8*	110.9*
منبع کودی		5	15.5**	13.79**	0.051**	31.01**	2568.6**
Fertilizer source (FS)							
C × FS	برهمکنش	15	0.31	0.29	0.0012**	6.8*	101.2**
Error	خطا	46	1.2	1.24	0.00023	2.73	31.1
C.V. (%)			20.2	21.6	15.5	20.3	12.7

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

* and **: significant at the 5% and 1% levels, respectively.

ادامه جدول ۳ -

Table 3- continued

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی d.f	وزن خشک ساقه در مرحله گرده‌افشانی Stem dry weight at flowering stage	وزن خشک ساقه در مرحله رسیدگی Stem dry weight at maturity stage	انتقال مجدد ذخیره ای از ساقه Dry matter remobilization from stem	کارایی انتقال مجدد از ساقه Dry matter remobilization efficiency from stem	سهم انتقال مجدد ساقه در عملکرد دانه Contribution of stem reserves to grain yield
Replication تکرار	2	1.8	1.5	0.013	21.2	1828.6
Cultivar (C) رقم	3	0.29**	0.26**	0.0029**	10.01**	349.8**
منبع کودی Fertilizer source (FS)	5	0.94**	0.98**	0.0041**	67.07**	4044.8**
C × FS برهمکنش	15	0.008	0.0084	0.00028	1.99	228.7**
Error خطا	46	0.033	0.031	0.00029	2.2	24.9
C.V. (%) ضریب تغییرات	-	16.4	17.07	20.9	24.7	13.4

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

* and **: significant at the 5% and 1% levels, respectively.

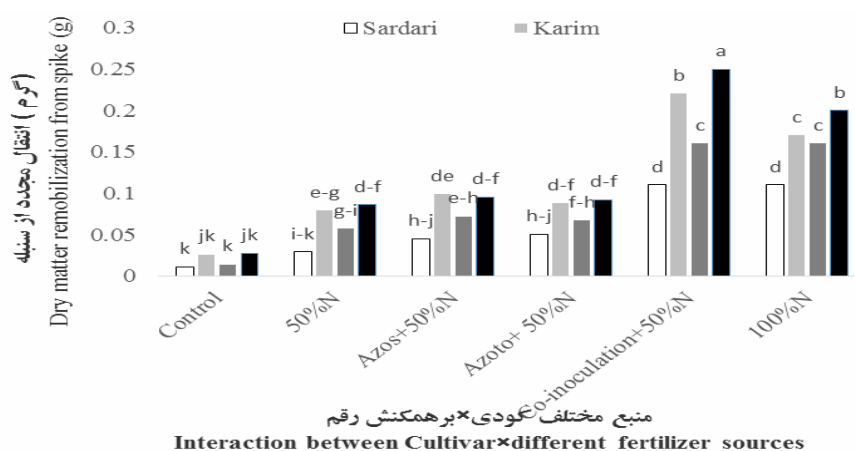
ادامه جدول ۳ -

Table 3- continued

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی d.f	میزان فتوسنتز جاری current photosynthesis rate	سهم فتوسنتز جاری Contribution of current photosynthesis	طول دوره پر شدن دانه Grain filling period	سرعت پر شدن دانه Grain filling rate
Replication تکرار	2	0.0021	682.4	6.5	0.00010
Cultivar (C) رقم	3	0.0031**	94.5**	29.8**	0.00025**
منبع کودی Fertilizer source (FS)	5	0.0053**	200.9**	43.9**	0.00029**
C × FS برهمکنش	15	0.00019	43.2*	1.06	0.0000028*
Error خطا	46	0.00020	18.5	1.06	0.0000042
C.V. (%) ضریب تغییرات	-	16.9	22.2	2.7	13.2

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

* and **: significant at the 5% and 1% levels, respectively.



شکل ۱- برهمکنش رقم × منبع کودی بر انتقال مجدد از سنبله

Figure 1- Interaction of cultivar × fertilizer sources on dry matter remobilization from spike

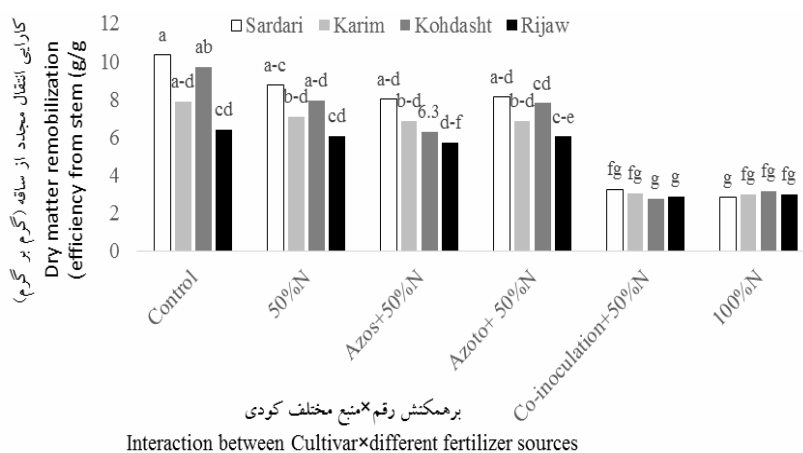
جدول ۴- مقایسه ساده انتقال مجدد ذخیره‌ای مواد فتوسنتزی تحت تاثیر رقم و منبع کودی در شرایط دیم

Table 4- Simple comparison of dry matter remobilization by affected cultivar and fertilizer source under dryland conditions

صفات	Traits	وزن خشک سنبله در مرحله گرده افشانی Spike dry weight at flowering stage (g)	وزن خشک سنبله در مرحله رسیدگی Spike dry weight at maturity stage (g)	وزن خشک ساقه در مرحله گرده افشانی Stem dry weight at flowering stage (g)	وزن خشک ساقه در مرحله رسیدگی Stem dry weight at maturity stage (g)	انتقال مجدد ذخیره‌ای از ساقه Dry matter remobilization from stem (g/m ²)	طول دوره پر شدن دانه Grain filling period (Day)
رقم	Cultivar						
سرداری	Sardari	2.08c	2.02c	1c	0.95b	0.049c	35.3c
کریم	Karim	2.9ab	2.9ab	1.13b	1.06b	0.069ab	37.2ab
کوه‌دشت	Kohdasht	2.5bc	2.45bc	1.01c	0.95b	0.058bc	37.2b
ریژاو	Rijaw	3.5a	3.33a	1.27a	1.20a	0.075a	38.3a
منابع مختلف کودی	fertilizer source						
شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی)	Control	1.30c	1.28c	0.68c	0.64c	0.081a	34.08c
۵۰ درصد در هکتار کود شیمیایی نیتروژن	50%N	2.03bc	1.97bc	0.96b	0.87b	0.079a	36.6b
آزوسپرلیوم + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن	Azos+50%N	2.55b	2.47b	1.08b	1b	0.067b	37b
ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن	Azoto+ 50%N	2.54b	2.46b	1.07b	0.99b	0.068b	37b
آزوسپرلیوم + ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن	Co-inoculation+50%N	4.16a	3.97a	1.44a	1.39a	0.045c	39.5a
۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن	100%N	4.08a	3.91a	1.39a	1.34a	0.045c	38.9a

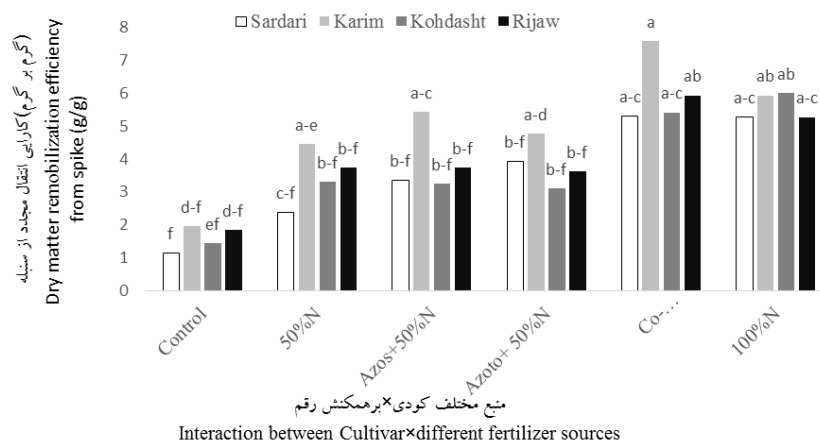
میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حرف مشترک می‌باشند بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means, in each column, followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan's Multiple Range Test



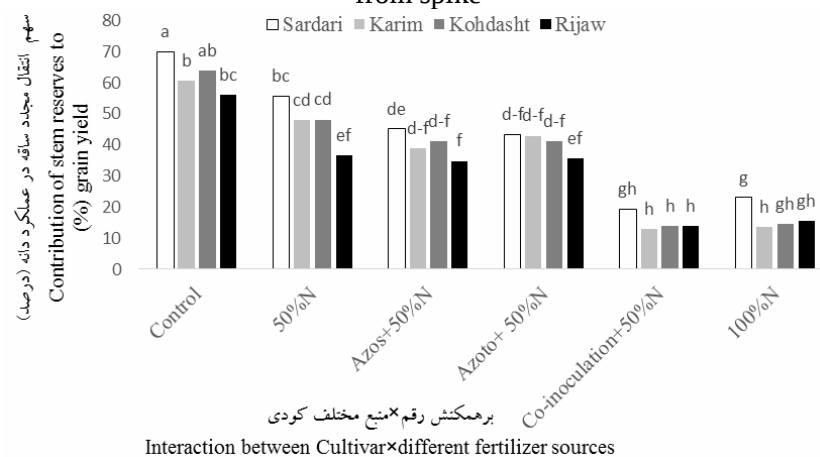
شکل ۲- برهمکنش رقم × منبع مختلف کودی بر کارایی انتقال مجدد از ساقه

Figure 2- Interaction of cultivar × fertilizer sources on dry matter remobilization efficiency from stem



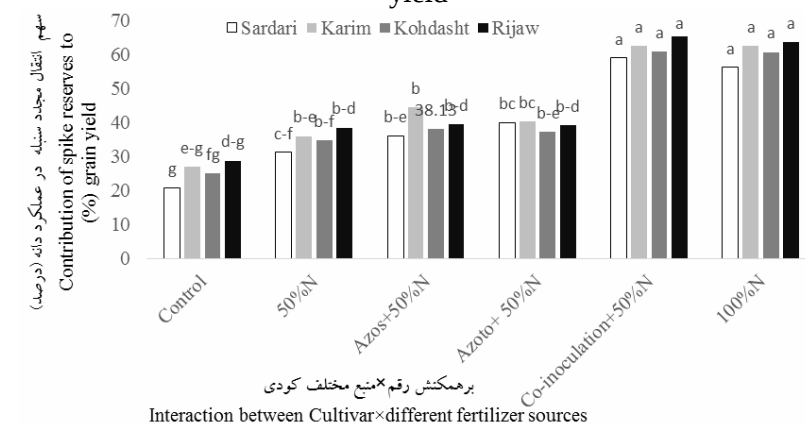
شکل ۳- برهمکنش رقم × منبع مختلف کودی بر کارایی انتقال مجدد از سنبله

Figure 3- interaction of cultivar × fertilizer sources on dry matter remobilization efficiency from spike



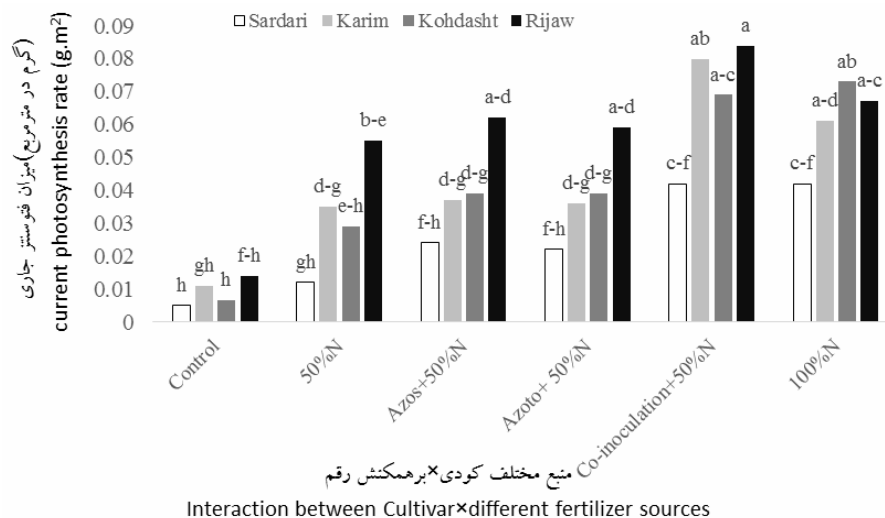
شکل ۴- برهمکنش رقم × منبع مختلف کودی بر سهم انتقال مجدد ساقه

Figure 4- interaction of cultivar × fertilizer sources on contribution of stem reserve to grain yield



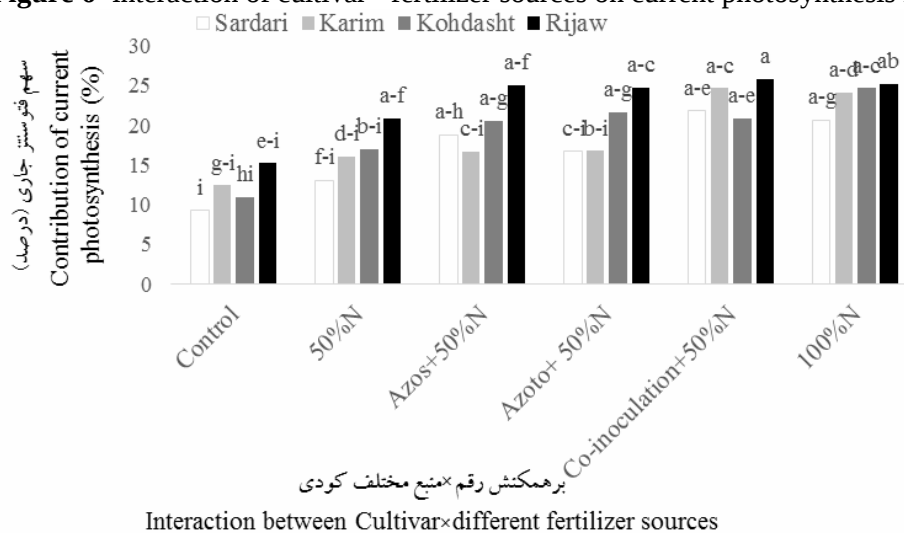
شکل ۵- برهمکنش رقم × منبع مختلف کودی بر سهم انتقال مجدد سنبله

Figure 5- interaction of cultivar × fertilizer sources on contribution of spike reserve to grain yield



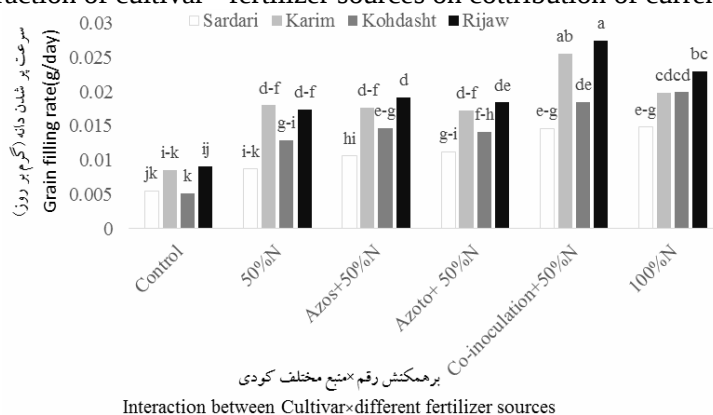
شکل ۶- برهمکنش رقم ×منبع مختلف کودی بر میزان فتوسنتز جاری

Figure 6- interaction of cultivar ×fertilizer sources on current photosynthesis rate



شکل ۷- برهمکنش رقم ×منبع مختلف کودی بر سهم فتوسنتز جاری

Figure 7- interaction of cultivar ×fertilizer sources on cotribution of current photosynthesis



شکل ۸- برهمکنش رقم ×منبع مختلف کودی بر سرعت پرشدن دانه

Figure 8- interaction of cultivar ×fertilizer sources on grain filling rate

References

منابع مورد استفاده

- Abasspour, S. 2011. Effects of seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on grain yield and some agronomic characteristics of triticale. *MSc thesis. University of Mohaghegh Ardabili. Ardabil Iran.* (In Persian).
- Akbari, P., A. Ghalavand, and S.A.M. Modarres Sanavy. 2012. Effects of different nutrition systems and biofertilizer (PGPR) on phenology period yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Crop Production*. 2 (3): 119-134. (In Persian).
- Al-Karaki, G., M.C. Michael, and B. John Zak. 2004. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. *Mycorrhiza*. 14: 263-269.
- Amani N, Y. Sohrabi, and G. Heidari .2017. Yield and some physiological characteristics in maize by application of bio and chemical fertilizers under drought levels. *Journal of Agriculture Science and Sustainable Production*. 27(2): 65-83. (In Persian).
- 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.*
- Baset Mia, M.A., Z. H. Shamsuddin, Z. Wahab, and M. Marziah. 2010. Effect of plant growth promoting rhizobacterial (PGPR) inoculation on growth and nitrogen incorporation of tissue cultured Musa plantlets under nitrogen-free hydroponics condition. *Australian Journal of Crop Science*. 4 (2): 85-90.
- Blum A. 1998. Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilization. *Euphytica*. 100:77-83.
- Boveiri Dehsheikh, A., M. Mahmoodi Sourestani, M. Zolfaghari, and N. Enayatizamir. 2017. The effect of plant growth promoting rhizobacteria, chemical fertilizer and humic acid on morpho-physiological characteristics of basil (*Ocimum basilicum* var. thrysiflorum) *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*. 26 (4): 130-142. (In Persian).
- Brevedan, R.E., and D.B. Egli. 2003. Short periods of water stress during seed filling, leaf senescence, and yield of soybean. *Crop Science*. 43: 2083-2088.
- Dalvandi, G., A. Ghanbari-Odivi, A. Farnia, B. Khaliltahmasebi, and E. Nabati. 2013. Effects of drought stress on the growth, yield and yield components of four wheat populations in different growth stages. *Advances in Environmental Biology*. 7(4): 619-624.
- Darzi, M.T., A. Ghalavand, F. Rejali, and F. Sefidkon. 2007. Effects of biofertilizers application on yield and yield components in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 22 (4): 276-292. (In Persian).
- Dordas, C.A., and C.H. Sioulas. 2008. Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rain fed conditions. *Industrial Crops and Products*. 27: 75-85.
- Ehdaie, B., G.A. Alloush, M.A. Madore, and J.G. Waines. 2006. Genotypic variation stem reserves and mobilization in wheat I. postanthesis change in internode dry matter. *Crop Science*. 46: 735-746.

- 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.
- Hassanpour, J., and B. Zand. 2014. Effect of wheat (*Triticum aestivum* L.) seed inoculation with bio-fertilizers on reduction of drought stress damage. *Iranian Journal of Seed Sciences and Research*. 1 (2): 1-12. (In Persian).
- Heidari Siah Khalki, M.S., R. Seyed Sharifi, and M. Sadeghi. 2012. The effect of seed inoculation with growth-promoting bacteria and the time of application of nitrogen fertilizer on the yield, speed and duration of wheat grain filling period. *Journal of Seed Science and Technology*. 2 (3): 64-78.
- Hokmalipour, S., and R. SeyedSharifi. 2016. 'Effect of seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria on dry matter remobilization of spring barley at different levels of nitrogen and phosphorus fertilizers. *Iranian Journal of Soil Research*. 29(4): 407-126. (In Persian).
- Kamari, H., R. SeyedSharifi, and M. Sedghi. 2014. Effect of nano zinc oxide foliar application and application of free living nitrogen fixing bacteria on yield and morphophysiological characteristics of Triticale. *Crop Physiology Journal*. 6(22): 37-52. (In Persian).
- Kanaani Alvar, A., Y. Raei, S. Zehtab Salmasi, and S. Nasrollahzadeh. 2013. Study the effects of biological and nitrogen fertilizers on yield and some morphological traits of two spring barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties under rainfed conditions. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*. 33 (1): 19-29. (In Persian).
- Khalilzadeh, R., R. Seyed Sharifi, and J. Jalilian, 2018. Growth, physiological status and yield of salt-stressed wheat (*Triticum aestivum* L.) plants as affected by application of bio fertilizer and cycocel. *Arid Land Research and Management*. 32 (1): 71-90. (In Persian).
- Kheyriazadeh Azogh, Y., R. Seysharifi, M. Sedghi, and M. Barmaki. 2015. Effects of biofertilizers and nano zinc oxide on remobilization and some growth indices of triticale under water limitation conditions. *Crop Physiology Journal*. 7 (26): 37-55. (In Persian).
- Kumar, R., A.K. Sarawgi, C. Ramos, S.T. Amarante, A.M. Ismaeil, and L.J. Wade. 2006. Partitioning of dry matter during drought stress in rainfed lowland rice. *Field Crop Research*. 96: 455-465.
- 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.
- Majdi, M., M.R. Jalal Kamali, M. Esmaeilzadeh Moghaddam, D. Eradatmand Asli, F. Moradi, and S. Tahmasbi. 2011. Variation n some agronomic characteristics and soluble stem carbohydrates content at anthesis in spring wheat genotypes under terminal drought stress conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 13(2): 299-309. (In Persian).
- Moradi, M., A. Soleymanifard, R. Naseri, M. Ghasemi, and K. Abromand. 2016. The changes of agronomic traits and harvest index of wheat under the effect of manure and plant growth promotion bacteria at different levels of nitrogen. *Crop Physiology Journal*. 7(28): 73-90. (In Persian).

- Murchie, E.H., J. Yang, S. Hubbart, P. Horton, and S. Peng. 2002. Are there associations between grain-filling rate and photosynthesis in the flag leaves of field grown rice? *European Journal of Soil Science*. 53: 2217-2224.
- Naseri, R., A. Soleymanifard, and R. Solemani. 2010. Yield and yield components dry land wheat cultivars as influenced by supplementary irrigation at different growth stages. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*. 7 (6): 684-688.
- Naseri, R., M. Barary, M.J. Zarea, K. Khavazi, and Z. Tahmasebi. 2017a. Effect of plant growth promoting bacteria and mycorrhizal fungi on growth and yield of wheat under dryland conditions. *Journal of Soil Biology*. 5 (1): 49-67. (In Persian).
- Naseri, R., M. Barary, M.J. Zarea, K. Khavazi, and Z. Tahmasebi. 2017b. Effect of phosphate solubilizing bacteria and mycorrhizal fungi on some activities of antioxidative enzymes, physiological characteristics of wheat under dry land conditions. *Iranain Journal of Dryland Agriculture*. 6(1): 1-34. (In Persian).
- Nouriyani, H. 2015. Effect of paclobutrazol on the amount of redistribution of assimilates to the grain of three cultivars of wheat (*Triticum aestivum* L.) under heat tension conditions. *Crop Physiology Journal*. 7 (25): 89-104. (In Persian).
- Perramon B, A.D. Bosch-Serra, F. Domingo, and J. Boixadera. 2016. Organic and mineral fertilization management improvements to a double-annual cropping system under humid Mediterranean conditions. *European Journal of Agronomy*. 76: 28-40.
- Rezaei Chiyaneh, E., S. Zehtab Salmasi, K. Ghassemi Golezani, and A. Delazar. 2012. Effect of irrigation treatments on yield and yield components of three fennel (*Foeniculum vulgare* L.) landraces. *Science Agricultural and Sustainable Production*. 22(4): 57-70. (In Persian).
- Roesti, D., R. Gaur, B.N. Johri, G. Imfeld, S. Sharma, K. Kawaljeet, and M. Aragno. 2006. Plant growth stage, fertilizer management and bioinoculation of Arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria effect the rhizobacterial community structure in rain-fed wheat fields. *Soil Biology and Biochemistry*. 38: 1111-1120.
- Ruuska, S., G.J. Rebetzke, A.F. van Herwaarden, R.A. Richards, N.A. Fettell, L. Tabe, and C. Jenkins. 2006. Genotypic variation for water soluble carbohydrate accumulation in wheat. *Function Plant Biology*. 33: 799-809.
- Seyed Sharifi, R., and M.S. Haydari Siahkhalaki, 2016. Effects of biofertilizers on growth indices and contribution of dry matter remobilization in wheat grain yield. *Journal of Plant Researches*. 28 (2): 326-343. (In Persian).
- Seyed Sharifi, R., and H. Nazarli. 2013. Effects of nitrogen and seed biopriming with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, rate and effective grain filling period of sunflower (*Helianthus annus* L.). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*. 23 (2): 19-36. (In Persian).
- Talebzadeh, S.J., H. Hadi, R. Amirnia, M. Tajbakhsh Shishavan, and M. Rezaei Moradali. 2017. Evaluation of sink limitation and assimilates distribution of wheat genotypes under terminal drought stress. *Crops Improvement*. 19 (3): 717-732. (In Persian).
- Yousefpoor, Z., A. Yadavi, H. Balouchi and H. Farajee. 2014. Evaluation of yield and some physiological, morphological and phonological characteristics in sunflower (*Helianthus annuus* L.) influenced by biological and chemical fertilizer of nitrogen and phosphorus. *Journal of Agroecology*. 6 (3): 508-519. (In prsian).

Research Article

DOI:

Study on Dry Matter Remobilization in Different Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivars Influenced by Applications of Different Sources of Fertilizer under Dryland Farming

Rahim Naseri ^{1*}, Amir Mirzeai ² and Abas Sioleymanifard ²

Received: September 2020, Revised: 6 February 2021, Accepted: 28 June 2021

Abstract

In order to investigate the effect of growth-promoting bacteria on dry matter remobilization of new dryland wheat cultivars, field experiment was conducted in a factorial using randomized complete block design with three replications on the farms of Sarablah Agricultural Research Center in the cropping season during 2019-2020. Experimental treatments include different wheat cultivars (Sardari, Karim, Koohdasht and Rijaw) and treatment of different fertilizer sources including: control (without fertilizer source), 50% N fertilizer, Azospirillum + 50% N fertilizer, Azetobacter + 50% N fertilizer, Azospirillum + Azetobacter + 50% N fertilizer and 100% N fertilizer recommended. The results of this study showed that the effect of cultivar and fertilizer sources were significant on stem and spike dry weight, dry matter remobilization efficiency from stem and spike, contribution of stem and spike reserves to grain yield, current photosynthesis rate, contribution of current photosynthesis, grain filling period and grain filling rate. The interaction of Rijaw × Azospirillum+ Azetobacter+ 50% N fertilizer had the highest dry matter remobilization efficiency from spike, Contribution of spike reserves to grain yield, current photosynthesis rate, contribution of current photosynthesis and grain filling rate. In this study, the highest dry matter remobilization efficiency from stem, contribution of stem reserves to grain yield was obtained from the interaction between Sardari cultivar × control treatments (without fertilizer source).

Key words: Current photosynthesis, Dry matter remobilization efficiency, Remobilization contribution, Stem, Spike.

¹ Department of Plant Production Technology, Dehloran Faculty of Agriculture and Engineering, Ilam University, Ilam, Iran.

² Crop and Horticultural Science Research Department, Ilam Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ilam, Iran

³ Faculty member, Department of Agriculture, Pyame Noor University. P.O.BOX 19395-4697. Tehran. Iran.

*Corresponding Authors: r.naseri@ilam.ac.ir