

تأثیر کاربرد باکتری تثبیت کننده نیتروژن و بقایای گیاهی بر انتقال مجدد مواد پرورده و عملکرد جو در شرایط تنش رطوبتی پس از گلدهی

مریم نیازی اردکانی^۱، وحید براتی^{۲*}، احسان بیژن زاده^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد بخش آگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، شیراز

۲. استادیار بخش آگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، شیراز

۳. دانشیار بخش آگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، شیراز

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۲/۳۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۵/۲۶

چکیده

با توجه به تأثیر قابل توجه انتقال مجدد مواد پرورده قبل از مرحله گلدهی در عملکرد دانه غلات به ویژه در شرایط تنش آبی انتهای فصل، آزمایشی مزرعه‌ای برای ارزیابی تأثیر تنش آبی بعد از مرحله گلدهی در شرایط کاربرد کود زیستی و بقایای گیاهی بر انتقال مجدد مواد پرورده در گیاه جو (*Hordeum vulgare* L.) به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب - دانشگاه شیراز در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ انجام شد. عامل‌های اصلی شامل دو سطح آبیاری ۱- بدون تنش آبی: آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک و ۲- با تنش آبی: آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه تا انتهای مرحله گلدهی (قطع آبیاری پس از گلدهی) و عامل‌های فرعی شامل دو سطح بقایای گندم ۱- حذف بقایا و ۲- برگرداندن ۳۰ درصد بقایا به خاک و چهار منبع کود ۱- صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار (شاهد)، ۲- کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، ۳- استفاده تلفیقی از باکتری آزوسپیریوم و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و ۴- تلقیح بذرها با باکتری آزوسپیریوم بود. به طور کلی نتایج نشان داد که عملکرد دانه در شرایط آبیاری بدون تنش آبی به واسطه کاربرد تیمار تلفیقی به طور معنی داری (۵۳ درصد) نسبت به شاهد افزایش یافت. همچنین در شرایط با تنش آبی نیز این تیمار کودی سبب افزایش ۱۲ درصدی در عملکرد دانه نسبت به شاهد شد. تنش آبی سبب افزایش معنی دار مقدار انتقال مجدد و مشارکت مواد پرورده قبل از گلدهی به دانه در تیمار تلفیقی به ترتیب به میزان ۳۷ و ۱۴۸ درصد شد. کاربرد بقایا سبب کاهش میزان انتقال مجدد، کارایی انتقال مجدد و مشارکت مواد پرورده قبل از گلدهی به دانه در همه تیمارهای کودی شد؛ اما بر عملکرد دانه تأثیر معنی داری نداشت؛ بنابراین، با توجه به جنبه‌های اقتصادی و حرکت به سمت کشاورزی پایدار، استفاده از تیمار تلفیقی در شرایط آبیاری بدون تنش آبی توصیه می‌شود. همچنین، چنانچه به دلیل کمبود منابع آب در جنوب ایران، کشاورزان ناگزیر به قطع آبیاری پس از مرحله گلدهی باشند، کاربرد تیمار تلفیقی به دلیل افزایش معنی دار انتقال مجدد و میزان مشارکت مواد پرورده در دانه نسبت به شرایط بدون تنش آبی و بالاترین مقدار عملکرد دانه در بین سایر تیمارهای کودی در شرایط قطع آبیاری پس از گلدهی قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: آزوسپیریوم، تلقیح، عملکرد دانه

مقدمه

منابع اولیه تولید مواد پرورده مطرح بوده و سهم قابل توجهی را در پر کردن دانه‌ها بر عهده دارند (Tambussi et al., 2007)؛ اما در حضور تنش‌های محیطی از جمله تنش آبی، این اندام‌های فتوسنتزی کارایی حداکثری خود را از دست

یکی از عوامل مهم در عملکرد اقتصادی بسیاری از گیاهان زراعی از جمله غلات، میزان توانایی اندام‌های سبز گیاه در تولید و صادرات مواد فتوسنتزی (قدرت منبع) به طرف دانه‌های در حال پر شدن است. برگ‌های کامل گیاه به عنوان

می‌دهند. از این‌رو، سازگاری‌های فراوانی در رابطه با مواجه شدن غلات با تنش‌های محیطی در طول دوران تکامل صورت گرفته است. از جمله‌ی این سازگاری‌ها می‌توان به انتقال مجدد مواد پرورده از اندام‌های رویشی به دانه اشاره نمود (Kirda et al., 2001).

نقش انتقال مجدد مواد پرورده در مناطق مدیترانه‌ای از جمله نواحی خشک و نیمه‌خشک ایران که بیشتر بارش‌ها در فصل زمستان و در مراحل رویشی غلات زمستانه رخ می‌دهد و مرحله‌ی گلدهی و دوره پر شدن دانه با کمبود شدید آب روبرو است، بیشتر مشهود است (Bijan-zadeh and Naderi, 2015; Barati and Ghadiri, 2017). اگرچه در چنین شرایطی کاهش عملکرد دانه و شاخص برداشت گریزناپذیر است (Barati and Ghadiri, 2016)، اما افزایش انتقال مجدد مواد پرورده از اندام‌های رویشی به دانه می‌تواند این کاهش عملکرد دانه را تا حدی جبران نماید (Bijan-zadeh and Emam, 2012).

مقدار انتقال مجدد مواد پرورده متأثر از شدت تنش آبی در طول دوره پر شدن دانه است (Bahrani et al., 2013). پژوهش‌های بسیاری (Barati and Ghadiri, 2017; Ercoli et al., 2008; Bijanzadeh and Emam, 2012) نشان داده‌اند که مقدار انتقال مجدد مواد پرورده در شرایط تنش‌های ملایم نسبت به شدید افزایش می‌یابد. بیژن زاده و امام (Bijan-zadeh and Emam, 2012) نشان دادند که مقدار انتقال مجدد مواد پرورده در شرایط تنش ملایم آبی (۲۵ درصد کاهش مصرف آب) نسبت به تنش شدید (۵۰ درصد کاهش مصرف آب) در ارقام گندم (شیراز، بهار، پیش‌تاز، سیستان و یاروس) افزایش یافت. همچنین، براتی و غدیری (Barati and Ghadiri, 2017) نیز افزایش ۱۷۸ درصدی در مقدار انتقال مجدد مواد پرورده به دانه را در گیاه جو در شرایط تنش ملایم آبی (۲۵ درصد کاهش مصرف آب) نسبت به تنش شدید (دیم) گزارش کردند. عدم دسترسی به آب در مراحل پس از گلدهی و در نتیجه تنش شدید آبی در مناطق گرم و خشک جنوب ایران پدیده‌ای اجتناب‌ناپذیر است؛ بنابراین، محققین باید در جهت کاهش شدت تنش آبی در دوره پر شدن دانه و بنابراین افزایش مقدار انتقال مجدد مواد پرورده راهکارهایی را جستجو کنند.

برخی از محققین نشان داده‌اند که باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن که به‌عنوان کود زیستی مورد استفاده قرار می‌گیرند، می‌توانند با گسترش سطح ریشه، کمک به

جذب بهینه آب و عناصر غذایی، تولید هورمون رشد و برخی از ویتامین‌ها در کاهش شدت تنش آبی مؤثر باشند (Amoaghaei et al., 2004; Pazaki, 2017; Compant et al., 2010; Sarig et al., 1988; Hadi et al., 2012). از این‌رو، به نظر می‌رسد که این نوع از باکتری‌ها احتمالاً می‌توانند با کاهش سطح تنش مقدار انتقال مجدد مواد پرورده را نسبت به شرایط تنش شدید آبی افزایش دهند؛ اما مطالعات کمی بر روی اثرات کودهای زیستی بر انتقال مجدد مواد پرورده در غلات صورت گرفته است. همین مطالعات محدود نیز در شرایط بدون تنش بوده است. به‌عنوان مثال، سهرابی و همکاران (Sohrabi et al., 2014) در پژوهشی بر روی گندم در شرایط مطلوب رطوبتی نشان دادند که در تیمارهایی که بقایای گندم سال قبل به خاک برگردانده شده بود، استفاده از کود زیستی بالاترین میزان انتقال مجدد مواد پرورده را داشت. برخی دیگر از محققین (Yasari and Patwardhan, 2007) نیز اثرات مثبت استفاده از باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن به‌عنوان یک منبع تأمین‌کننده این عنصر بر میزان تجمع مواد فتوسنتزی و انتقال آن به دانه در طول دوره رشد و در نتیجه بر عملکرد دانه گیاهان در شرایط مطلوب رطوبتی را گزارش کرده‌اند؛ بنابراین، با توجه به بررسی منابع، کمبود پژوهشی جامع بر روی اثرات مطلوب باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن از جمله آزوسپیریلوم بر کاهش شدت تنش آبی و تأثیر آن بر انتقال مجدد مواد پرورده از اندام‌های رویشی به دانه در گیاه جو به‌ویژه در شرایط تنش آبی شدید پس از گلدهی در مناطق خشک و نیمه‌خشک وجود دارد.

از دیگر روش‌های کاهش سطح تنش آبی بازگرداندن بقایای گیاهی به خاک است (Sadeghi and Bahrani et al., 2009). مواد آلی با افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک می‌توانند از ایجاد تنش‌های شدید و زود هنگام در گیاهان زراعی جلوگیری کنند (Sadeghi and Bahrani, 2009)؛ بنابراین، استفاده از این مواد به همراه کودهای زیستی احتمالاً مقدار انتقال مجدد مواد پرورده را به‌واسطه‌ی کاهش سطح تنش آبی افزایش می‌دهد؛ اما منابع بسیار کمی به بررسی اثرات بقایای گیاهی به‌تنهایی و یا اثر جمعی آن با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن بر انتقال مجدد مواد پرورده در گیاه جو در شرایط تنش آبی پرداخته‌اند. از این‌رو، پژوهشی جامع در این زمینه ضروری به نظر می‌رسد.

همچنین، مواد آلی حاوی مقادیر زیادی از عناصر مورد نیاز گیاه از جمله نیتروژن می‌باشند و برگرداندن آن‌ها به خاک

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌منظور ارزیابی تأثیر تنش آبی بعد از مرحله گلدهی، کاربرد باکتری تثبیت‌کننده نیتروژن (*Azospirillum brasilense*) و بقایای گندم بر انتقال مجدد مواد پرورده و عملکرد دانه گیاه جو به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب - دانشگاه شیراز (طول جغرافیایی 54° و $30'$ شرقی و عرض جغرافیایی 28° و $50'$ شمالی و با ارتفاع ۱۱۸۰ متری از سطح دریا) در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ اجرا شد. منطقه داراب دارای آب و هوای خشک و دارای میانگین بلندمدت بارش سالیانه ۲۵۰ میلی‌متر است. وضعیت آب و هوایی منطقه در سال زراعی ۹۷ - ۱۳۹۶ در شکل ۱ آمده است. جهت بررسی ویژگی‌های خاک، نمونه‌ای مرکب (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر) از خاک مزرعه به‌طور تصادفی برداشته و برای اندازه‌گیری به آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی داراب - دانشگاه شیراز فرستاده شد. جدول ۱ نتایج آزمون خاک را نشان می‌دهد.

تیمارها در این آزمایش شامل: دو سطح آبیاری به‌عنوان عامل اصلی [۱- بدون تنش آبی: آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک و ۲- با تنش آبی: آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه تا انتهای مرحله‌ی گلدهی (قطع آبیاری پس از مرحله گلدهی)] بود. همچنین، عامل‌های فرعی شامل دو سطح بقایای گندم [۱- حذف بقایا و ۲- برگرداندن ۳۰ درصد بقایای گیاهی (کاه گندم) به خاک] و چهار منبع کودی [۱- صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار (شاهد)، ۲- کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌صورت اوره (۴۶ درصد نیتروژن) با توجه به آزمون خاک، ۳- استفاده تلفیقی از باکتری آزوسپیریلوم (*Azospirillum brasilense*) و نیتروژن به به‌صورت اوره ۴۶ درصد نیتروژن] و ۴- تلقیح بذرها با باکتری آزوسپیریلوم] بود.

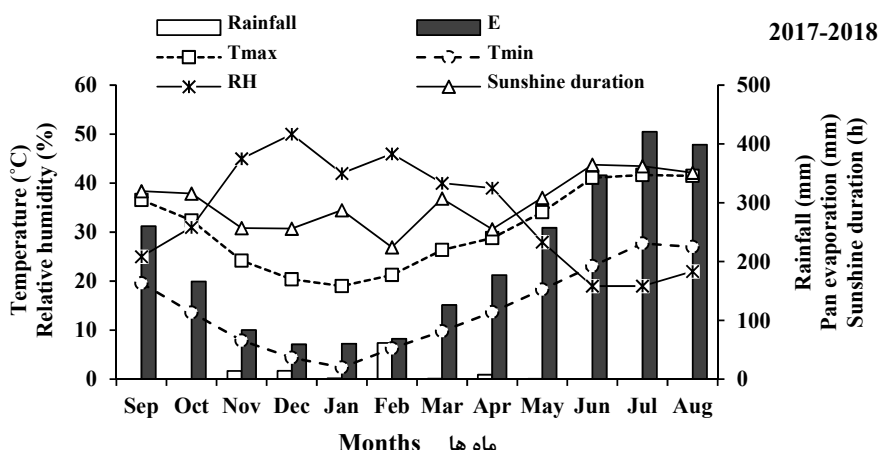
بذر جو (رقم زهک) از موسسه تحقیقات، اصلاح و تهیه نهال و بذر (ایستگاه حسن‌آباد داراب) تهیه و با توجه به تاریخ بهینه کاشت در منطقه (نیمه دوم آذرماه) در ۲۳ آذر در ردیف‌های به فاصله ۲۵ سانتی‌متر در ۶ خط بر اساس مقدار توصیه‌شده (۱۸۲/۲) کیلوگرم در هکتار) کاشته شدند. جهت اعمال مدیریت بقایا، در اوایل آبان ماه ۳۰ درصد (۱۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) از بقایای گندم ($C/N = 80/1$)

باعث افزایش فعالیت ریزجانداران مفید و در نتیجه حاصلخیزی خاک می‌شود (Torbert et al., 2000)؛ اما افزودن بقایای گیاهی پوسیده نشده غلات به خاک به علت نسبت کربن به نیتروژن بالا رقابت شدیدی بین گیاه زراعی و ریز جانداران خاکری بر سر عناصر غذایی موجود در خاک به‌ویژه نیتروژن ایجاد کرده و سبب کاهش رشد گیاه دست‌کم در مراحل اولیه زندگی آن شود (Sadeghi, 2007)؛ بنابراین، این سؤال مطرح خواهد بود که آیا افزودن باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن ازجمله آزوسپیریلوم به خاک می‌تواند به‌وسیله‌ی تثبیت زیستی نیتروژن سطح رقابت بین گیاه و ریزجانداران خاک را دست‌کم بر سر این عنصر کاهش داده و بنابراین مقدار رشد و تجمع مواد فتوسنتزی و درنهایت انتقال مجدد مواد پرورده را افزایش دهد؟ پژوهش‌های انجام‌شده در این زمینه بر روی گیاه جو بسیار کمیاب است و در مورد سایر غلات نیز نتایج متناقضی وجود دارد. پژوهشی بر روی گندم (Sohrabi et al., 2014) نشان داد که در تیمار حفظ بقایای گندم، استفاده از کود بیولوژیک بالاترین انتقال مجدد را سبب شد. در مقابل خیری زاده و همکاران (Kheiri-zadeh et al., 2018) در پژوهشی بر روی تریتیکاله (*Triticodecale witt.*) نشان دادند که بیش‌ترین انتقال مجدد از ساقه و کل اندام‌های هوایی در حالت عدم کاربرد کودهای بیولوژیک به دست آمد. همچنین، شریفی و حیدری (Sharifi and Heidari, 2015) در پژوهشی بر روی گندم نشان دادند که بیش‌ترین میزان انتقال مجدد در شرایط عدم تلقیح بذر با باکتری و کمترین میزان انتقال مجدد در حالت تلقیح بذر با باکتری به دست آمد.

با توجه به وقوع تنش آبی و گرمایی شدید پس از گلدهی گیاه جو در شرایط آب‌وهوایی گرم و خشک جنوب استان فارس، اهمیت مدیریت بقایای گیاهی و همچنین توسعه استفاده از منابع زیستی تأمین‌کننده نیتروژن بیش از پیش مشهود است؛ بنابراین، با توجه به مطالعات اندک در این زمینه، این آزمایش با هدف بررسی اثر تنش شدید آبی، بقایای گندم و منابع مختلف نیتروژن (زیستی و شیمیایی) بر میزان تجمع ماده خشک، انتقال مجدد مواد پرورده و درنهایت عملکرد دانه گیاه جو طراحی شد تا گزینش بهترین ترکیب از مدیریت بقایای گندم و منابع نیتروژن در شرایط بدون تنش رطوبتی و تنش آبی پس از گلدهی به دست آید.

روش‌های موجود (Tale and Hadad, 2011; Somasegaran et al., 2012) تلقیح بذرها با باکتری آزوسپیریوم انجام شد. به این صورت که در ابتدا جهت گندزدایی، بذرها برای مدت ۱۰ دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم یک درصد قرار گرفته و سپس با آب مقطر سترون چندین بار شستشو شدند. در تیمار تلقیح، بذرها را جو در

برجای‌مانده از گیاه زراعی سال قبل که پس از برداشت محصول بر روی سطح زمین نگهداری شده بودند، محاسبه شد (Keshavarz-nejad et al., 2012) و به کرت‌های موردنظر افزوده و با خاک مخلوط شدند. باکتری آزوسپیریوم (*Azospirillum brasilense*) مورد استفاده در این پژوهش از موسسه تحقیقات آب و خاک (بخش بیولوژی خاک) تهیه گردید. قبل از کاشت بر اساس



شکل ۱. بارندگی ماهیانه، تبخیر از تشت تبخیر، طول دوره روشنائی، میانگین کمینه و بیشینه‌ی دمای هوا و رطوبت نسبی در طول سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶.

Fig. 1. Monthly rainfall, pan evaporation (E), sunshine duration, mean minimum and maximum air temperatures (T_{min} and T_{max} , respectively) and relative humidity (RH) during 2017-2018 growing season.

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر.

Table 1. Physical and chemical characteristics of the soil in 0-30 cm depth.

Characteristics	ویژگی	واحد Unit	مقدار amount
Sand	شن	%	38.12
Silt	سیلت	%	44
Clay	رس	%	17.88
O.C.	کربن آلی	%	0.97
O.M.	ماده آلی	%	1.68
EC	قابلیت هدایت الکتریکی	dS m ⁻¹	1.09
pH	اسیدیته		7.42
Total N	نیتروژن کل	%	0.08
Available K	پتاسیم قابل دسترس	mg kg ⁻¹	320
Available P	فسفر قابل دسترس	mg kg ⁻¹	10
Fe	آهن	mg kg ⁻¹	5.67
Mn	منگنز	mg kg ⁻¹	16.72
Cu	مس	mg kg ⁻¹	1.69
Zn	روی	mg kg ⁻¹	0.66

بنابراین، هنگامی که مقدار آب قابل دسترس خاک به کمتر از ۵۵ درصد از آن رسید، آبیاری انجام گرفت و رطوبت عمق صفر تا ۶۰ سانتی‌متری خاک به ظرفیت مزرعه رسانده شد. مقدار آب مورد نیاز به وسیله معادله‌ی زیر محاسبه و مقدار آب کاربردی برای هر کرت به وسیله روش حجمی- زمانی (Barati et al., 2015; Grimes et al., 1987) اندازه‌گیری شد. در این روش مقدار آب محاسبه شده به وسیله معادله‌ی ۱ که بر اساس میلی‌متر بود، تبدیل به لیتر در هر کرت شد و سپس با توجه به دبی خروجی از لوله‌های تعبیه شده برای هر کرت، زمان مورد نیاز برای آبیاری آن مشخص شد. در کرت‌های مربوط به تیمار تنش آبی نیز تا مرحله گلدهی آبیاری به همین صورت انجام گرفت و پس از گلدهی آبیاری به‌طور کامل قطع شد. لازم به ذکر است که پس از مرحله‌ی گلدهی تا انتهای رسیدگی بارندگی رخ نداد.

$$D = \sum_{i=1}^n (\theta_{fci} - \theta_i) \Delta Z_i \quad [1]$$

که در آن D: عمق آب آبیاری (میلی‌متر)، i یک لایه، n: تعداد لایه‌های خاک، θ_{fci} : محتوای حجمی رطوبت خاک در حالت ظرفیت مزرعه (سانتی‌متر مکعب بر سانتی‌متر مکعب) در آمین لایه خاک، θ_i : محتوای حجمی رطوبت خاک (سانتی-متر مکعب بر سانتی‌متر مکعب) در i مین لایه خاک، ΔZ_i : ضخامت هر لایه (میلی‌متر) هستند

در زمان رسیدگی به منظور تعیین عملکرد دانه (گرم بر مترمربع) بوته‌های دو متر طولی از دو ردیف وسط هر کرت برداشت شدند (۵۰ سانتی‌متر اطراف هر کرت به عنوان اثر حاشیه در نظر گرفته شد). جهت اندازه‌گیری پارامترهای مربوط به انتقال مواد پرورده از اندام‌های رویشی به دانه (معادلات زیر)، تعداد ۱۰ بوته در ابتدای دوره رشد علامت‌گذاری شدند. در مرحله گلدهی پنج بوته از آن‌ها برداشت و در آون در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک و سپس وزن آن‌ها (گرم بر مترمربع) اندازه‌گیری شد. پنج بوته باقیمانده نیز در مرحله رسیدگی کامل برداشت و وزن خشک اندام‌های رویشی هوایی بوته‌ها (گرم بر مترمربع) اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری انتقال مجدد مواد پرورده (گرم بر مترمربع)، کارایی انتقال مجدد مواد پرورده (درصد) و میزان مشارکت مواد پرورده قبل از گلدهی به دانه (درصد) از فرمول‌های زیر استفاده شد (Ercoli et al., 2008; Barati and Ghadiri, 2017).

داخل یک کیسه پلی‌اتیلن ریخته شدند و محلول آب و شکر به عنوان ماده چسباننده (مقدار ۲۰ میلی‌لیتر محلول شکر ۲۰ درصد برای هر کیلوگرم بذر) به آن اضافه گردید. آنگاه کیسه حاوی بذر و ماده چسباننده برای مدت ۳۰ ثانیه به شدت تکان داده شد تا سطح تمامی بذرها به‌طور یکنواخت چسبناک گردد. پس از آن، مایه تلقیح (مقدار ۲۰ گرم از مایه تلقیح برای هر کیلوگرم بذر) به بذرها چسبناک اضافه شد و پس از ۴۵ ثانیه تکان دادن و اطمینان از چسبیدن یکنواخت مایه تلقیح به آن‌ها، بذرها آغشته به ماده تلقیح برای خشک شدن بر روی ورقه آلومینیم تمیز در زیر سایه پهن شدند. همچنین، کود نیتروژن در سه مرحله [سه برگچه‌ای (کود زیداکس ۱۳)، پنجه‌زنی (کود زیداکس ۲۳) و ساقه رفتن (کود زیداکس ۳۱)] (Zadoks et al., 1974) و به مقدار مساوی بکار رفت. در تیمارهای زیستی و تلفیقی علاوه بر تلقیح بذرها، باکتری آروسپیریوم به همراه آب آبیاری (به مقدار ۱۰ گرم برای هر کرت) در مراحل پنجه‌زنی (کود زیداکس ۲۱) و ساقه رفتن (کود زیداکس ۳۱) (Zadoks et al., 1974) بکار رفت. جهت آبیاری زمین، قبل از هر آبیاری در کرت‌های مربوط به تیمار آبیاری بدون تنش آبی، محتوای رطوبتی خاک به وسیله روش وزنی (Alizadeh, 1999) در فواصل ۳۰ سانتی‌متری تا عمق ۶۰ سانتی‌متری خاک اندازه‌گیری شد. در این روش از عمق‌های اشاره شده نمونه‌ای با مته برداشت شد و پس از وزن کردن نمونه‌ی مرطوب، آن را به مدت ۲۴ ساعت در آون (دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد) قرار دادیم تا خشک شود. پس از خشک شدن و وزن کردن دوباره، مقدار رطوبت خاک اندازه‌گیری شد (Alizadeh, 1999). درصد حجمی رطوبت خاک در حالت ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی دائم به روش‌های آزمایشگاهی و مزرعه‌ای اندازه‌گیری شدند. محتوای حجمی رطوبت خاک در حالت ظرفیت مزرعه‌ای در عمق‌های ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری به ترتیب ۰/۲۲ و ۰/۲۱ سانتی‌متر مکعب بر سانتی‌متر مکعب بود. همچنین، محتوای حجمی رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دائم در عمق‌های ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری به ترتیب ۰/۱۱ و ۰/۱۰ سانتی‌متر مکعب بر سانتی‌متر مکعب بود. مقدار آب قابل دسترس از تفاضل مقدار رطوبت در حالت ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی دائم به دست آمد (Hanson et al., 2004; Alizadeh, 1999). حداکثر تخلیه مجاز رطوبتی بر اساس گزارش فائو ۵۶ (Allen et al., 1998) برابر با ۵۵ درصد از کل آب قابل دسترس در فصل رشد در نظر گرفته شد؛

صفات نداشتند، اگرچه این دو منبع کودی سبب افزایش به ترتیب ۲۲ و ۱۳ درصدی در وزن خشک زمان گلدهی نسبت به شاهد شدند (جدول ۳).

در تأیید نتایج این پژوهش، سایر محققین عنوان کردند که کود نیتروژن موجب افزایش تولید ماده خشک شد (Sadeghi and Kazemeini, 2015; Khamdi et al., 2015). اثر معنی‌دار تیمار تلفیقی بر وزن خشک اندام‌های هوایی در زمان گلدهی در تیمار حذف بقایا در مقابل اثر غیر معنی‌دار این تیمار در شرایط حفظ بقایا در مقایسه با شاهد نشان داد که وجود بقایا به‌واسطه‌ی غیر متحرک سازی نیتروژن معدنی خاک و یا اثرات ناشناخته دیگر، نیتروژن را از دسترس گیاه خارج کرده و باعث عدم تأثیر تیمار تلفیقی بر وزن خشک شده است. این در حالی است که سهرابی و همکاران (Sohrabi et al., 2014) از تأثیر مثبت کاربرد توأم باکتری و بقایای گندم بر وزن خشک گیاه گزارش‌هایی را ارائه کردند. عدم تأثیر معنی‌دار تیمار زیستی بر وزن خشک اندام‌های هوایی در زمان گلدهی چه در شرایط حذف بقایا و چه در شرایط حضور بقایا نشان‌دهنده‌ی کارکرد نامناسب تیمار زیستی در صورت استفاده از آن به‌تنهایی است. ابراهیم‌پور و همکاران (Ebrahimpor et al., 2011) نیز گزارش کردند که استفاده از باکتری تثبیت‌کننده نیتروژن به‌تنهایی ماده خشک را در مقایسه با شاهد تحت تأثیر قرار نداد. اگرچه برخی دیگر از پژوهشگران (Wani, 2002; Perveen et al., 2007; Hamidi et al., 2011) افزایش تجمع ماده خشک به‌واسطه کاربرد باکتری به‌تنهایی را گزارش کردند.

وزن خشک اندام‌های رویشی هوایی گیاه در زمان رسیدگی

نتایج نشان داد که وزن خشک اندام‌های رویشی هوایی گیاه در زمان رسیدگی به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال ۱ درصد) تحت تأثیر برهمکنش تیمار بقایا × منبع کود نیتروژن قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین وزن خشک اندام‌های رویشی گیاه در زمان رسیدگی (۳۲۶/۸ گرم بر مترمربع) در تیمار حذف بقایا و تیمار تلفیقی و کمترین آن (۱۲۳/۶ گرم بر مترمربع) در تیمار حذف بقایا و کود زیستی مشاهده شد (جدول ۳). برهمکنش بقایا × منبع کود نیتروژن بر وزن خشک اندام‌های رویشی گیاه در زمان رسیدگی (جدول ۳) نشان داد که در شرایط حضور و همچنین، عدم حضور بقایا کاربرد هرکدام از منابع نیتروژن (به‌جز کود زیستی در شرایط

انتقال مجدد مواد پرورده = وزن خشک اندام‌های هوایی رویشی در زمان گلدهی - وزن خشک اندام‌های هوایی در زمان بلوغ [۲]

انتقال مجدد مواد پرورده = کارایی انتقال مجدد مواد پرورده $\times 100$ (وزن خشک اندام‌های هوایی در زمان گلدهی / [۳]

انتقال مجدد مواد پرورده = مشارکت مواد پرورده قبل از گلدهی به دانه $\times 100$ (عملکرد دانه / [۴]

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 (SAS Institute, 2004) صورت گرفت و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند. رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

وزن خشک اندام‌های هوایی در زمان گلدهی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که وزن خشک اندام‌های هوایی در زمان گلدهی به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال ۱ درصد) تحت تأثیر برهمکنش تیمار بقایا × منبع کود نیتروژن قرار گرفت. بیشترین وزن خشک اندام‌های هوایی در زمان گلدهی (۴۸۲/۴ گرم بر مترمربع) در تیمار حفظ بقایا و کود نیتروژن و کمترین وزن خشک اندام‌های هوایی در زمان گلدهی (۲۷۷/۵ گرم بر مترمربع) در تیمار حفظ بقایا و عدم استفاده از کود نیتروژن (شاهد) به دست آمد (جدول ۳). اثر برهمکنش بقایا × منبع کود نیتروژن بر وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه در زمان گلدهی نشان داد که صرف‌نظر از حضور یا عدم حضور بقایا، کاربرد کود نیتروژن چه در تلفیق با تیمار زیستی و چه به‌صورت کاربرد خالص سبب افزایش وزن خشک زمان گلدهی شد (جدول ۳). در شرایط حذف بقایا، کود نیتروژن و تیمار تلفیقی وزن خشک گیاه در زمان گلدهی را به‌طور معنی‌داری به ترتیب به مقدار ۳۷ و ۴۰ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند؛ اما اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها وجود نداشت. این در حالی بود که تیمار زیستی تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک زمان گلدهی نسبت به شاهد نگذاشت (جدول ۳). در مقابل در شرایط حفظ بقایا، وزن خشک زمان گلدهی به‌وسیله کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت؛ اما تیمارهای تلفیقی و زیستی تأثیر معنی‌داری بر این

حذف بقایا) سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام‌های رویشی گیاه در زمان رسیدگی نسبت به شرایط عدم کاربرد کود نیتروژن شد. همچنین، بیشترین میزان افزایش نسبت به شاهد در حالت با بقایا در تیمار کود نیتروژن (۱۲۹ درصد) و در شرایط بدون بقایا مربوط به تیمار تلفیقی (۱۰۵ درصد) بود (جدول ۳).

سایر محققین (Sadeghi and Kazemeini, 2015; Khamdi et al., 2015) نیز در پژوهش‌های خود بیان کردند که کاربرد کود نیتروژن موجب افزایش تولید ماده خشک شده است. کاربرد کود نیتروژن به دلیل افزایش غلظت نیتروژن درون گیاه سبب افزایش شاخص سطح برگ، ساخت کلروفیل و میزان فتوسنتز و در نتیجه افزایش وزن خشک گیاه خواهد شد (Emam and Niknejhad, 2011). بعلاوه،

جدول ۲. تجزیه واریانس عملکرد دانه (گرم بر مترمربع)، وزن خشک اندام‌های هوایی در زمان گلدهی (گرم بر مترمربع)، وزن خشک اندام‌های رویشی هوایی گیاه در زمان رسیدگی (گرم بر مترمربع)، انتقال مجدد مواد پرورده (گرم بر مترمربع)، کارایی انتقال مجدد مواد پرورده (درصد) و مشارکت مواد پرورده قبل از گلدهی در دانه (درصد).

Table 2. Analysis of variance of grain yield (g m^{-2}), dry weight of the shoot at anthesis (g m^{-2}), dry weight of the vegetative parts of the shoot at maturity (g m^{-2}), dry matter remobilization (g m^{-2}), dry matter remobilization efficiency (%) and contribution of pre-anthesis assimilate to grain (%).

منبع تغییر S.O.V.	درجه آزادی Df	عملکرد دانه Grain yield	میانگین مربعات				
			وزن خشک اندام- های رویشی هوایی گیاه در زمان رسیدگی Dry weight of the vegetative parts of the shoot at maturity	وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه در زمان گلدهی Dry weight of the shoot at anthesis	انتقال مجدد مواد پرورده Dry matter remobili- zation	کارایی انتقال مجدد مواد پرورده Dry matter Remobili- zation efficiency	مشارکت مواد پرورده قبل از گلدهی در دانه Contribution of pre- anthesis assimilate to grain
تکرار Replication (R)	2	2120.73 ^{ns}	17253.88 ^{**}	12667.11 [*]	678.63 ^{ns}	92.02 ^{ns}	23.86 ^{ns}
آبیاری Irrigation regime (Ir)	1	170968.88 ^{ns}	4704.48 ^{ns}	23418.49 ^{ns}	7130.42 ^{ns}	614.90 ^{ns}	2559.38 [*]
خطای (الف) Error (a)	2	28798.88	7557.96	6577.88	6302.18	489.86	45.28
بقایا Residue (Re)	1	870.40 ^{ns}	18127.413 [*]	293.88 ^{ns}	23037.49 ^{**}	1228.77 ^{**}	2649.43 ^{**}
منبع کود نیتروژن (کود) N Fertilizer source (N)	3	22859.25 ^{**}	81947.76 ^{**}	67543.22 ^{**}	10762.35 ^{**}	1207.30 ^{**}	1514.22 ^{**}
آبیاری × بقایا Ir × Re	1	162.14 ^{ns}	5191.68 ^{ns}	3988.91 ^{ns}	79.13 ^{ns}	9.56 ^{ns}	53.62 ^{ns}
آبیاری × کود Ir × N	3	13952.82 ^{**}	3245.17 ^{ns}	4275.04 ^{ns}	6801.67 ^{**}	352.75 ^{**}	675.03 ^{**}
بقایا × کود Re × N	3	1489.81 ^{ns}	17899.53 ^{**}	16815.05 ^{**}	1726.11 [*]	384.81 ^{**}	616.09 ^{**}
آبیاری × بقایا × کود Ir × Re × N	3	5877.96 ^{ns}	4604.62 ^{ns}	3801.19 ^{ns}	1519.67 ^{ns}	127.53 ^{ns}	83.38 ^{ns}
خطای (ب) Error (b)	28	2065.41	3730.30	3604.69	679.61	70.56	85.48
ضریب تغییرات (درصد) C.V ^e (%)		16.94	16.41	26.96	17.43	20.11	15.54

* و **: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد؛ ns: غیر معنی‌داری.

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

^e: Coefficient of variation.

حمیدی و همکاران (Hamidi et al., 2011) افزایش تجمع ماده خشک به واسطه کاربرد باکتری را گزارش کردند. همچنین، عبدالجلیل و همکاران (Abdul-Jaleel et al., 2007) اظهار داشتند که باکتری‌های محرک رشد به همراه کود نیتروژن از طریق کمک به جذب نیتروژن و سنتز آنزیم-هایی که مقدار اتیلن در گیاه را تنظیم می‌کند به توسعه بهتر ریشه، تحریک رشد گیاه و افزایش انباشت ماده خشک کمک می‌کنند.

انتقال مجدد مواد پرورده

در مناطق خشک و نیمه‌خشک دوره‌ی دانه‌بندی غلات مصادف با کم‌آبی و افزایش میزان تبخیر و تعرق است. در این

شرایط فتوسنتز جاری کاهش یافته و همان مقدار کم نیز صرف بقا گیاه می‌شود، در نتیجه عملکرد دانه به شدت کاهش می‌یابد. در چنین شرایطی انتقال مجدد مواد پرورده قبل از گلدهی می‌تواند اثرات منفی تنش آبی بر روی عملکرد دانه را کاهش دهد (Poehlman, 1985; Bahrani and Tahmasebi-Sarvestani, 2006; Bahrani et al., 2009). در این مطالعه نیز عملکرد دانه و انتقال مجدد مواد پرورده صرف‌نظر از تیمارهای کود نیتروژن رابطه مستقیمی در شرایط تنش آبی نشان دادند (شکل ۲)؛ که با نتایج بحرانی و همکاران (Bahrani et al., 2009) در مورد گیاه گندم همخوانی داشت.

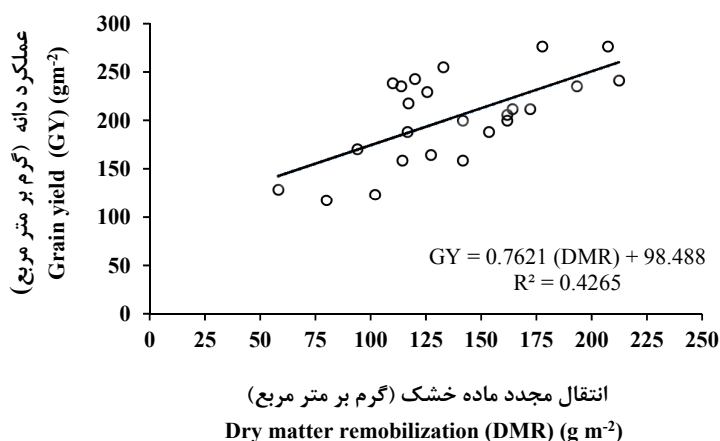
جدول ۳. برهمکنش بقایا × منبع نیتروژن بر وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه در زمان گلدهی، وزن خشک اندام‌های رویشی هوایی در زمان رسیدگی، انتقال مجدد مواد پرورده، کارایی انتقال مجدد مواد پرورده، کارایی انتقال مجدد مواد پرورده و مشارکت مواد پرورده قبل از گلدهی در دانه.

Table 3. Effect of residue × N source interaction on dry weight of the shoots at anthesis, dry weight of the vegetative parts of the shoots at maturity, dry matter remobilization, dry matter remobilization efficiency and contribution of pre-anthesis assimilate to grain.

بقایا Residue	Nitrogen fertilizer source	منبع کود نیتروژن	وزن خشک				مشارکت مواد پرورده قبل از گلدهی در دانه Contribution of pre- anthesis assimilate to grain
			وزن خشک اندام‌های هوائی در زمان گلدهی Dry weight of the shoots at anthesis	اندام‌های رویشی هوائی در زمان رسیدگی Dry weight of the vegetative parts of the shoots at maturity	انتقال مجدد مواد پرورده Dry matter re- mobilization	کارایی انتقال مجدد مواد پرورده Dry matter re- mobilization efficiency	
			(g m ⁻²)	(گرم بر مترمربع)		(%)	
بدون بقایا Without residue	N ₀ [£]	صفر [£]	339.4 ^b	159.6 ^{de}	179.9 ^{ab}	54.9 ^a	72.5 ^{ab}
	N ₁₀₀ ^{££}	۱۰۰ ^{££}	463.2 ^a	270.6 ^{abc}	192.6 ^a	42.3 ^{bc}	65.5 ^{ab}
	Bio+ N ₅₀ [¥]	تیمار تلفیقی [¥]	475.9 ^a	326.8 ^a	149.1 ^{bc}	32.2 ^{cd}	56.4 ^{bc}
	Bio ^{¥¥}	تیمار زیستی ^{¥¥}	288.0 ^b	123.6 ^e	164.4 ^{abc}	57.9 ^a	73.2 ^a
با بقایا With residue	N ₀ [£]	صفر [£]	277.5 ^b	132.9 ^e	144.6 ^c	52.1 ^{ab}	67.7 ^{ab}
	N ₁₀₀ ^{££}	۱۰۰ ^{££}	482.4 ^a	303.9 ^{ab}	178.5 ^{ab}	37.3 ^{cd}	64.9 ^{ab}
	Bio+ N ₅₀ [¥]	تیمار تلفیقی [¥]	337.7 ^b	246.8 ^{bc}	90.9 ^d	26.7 ^d	32.2 ^d
	Bio ^{¥¥}	تیمار زیستی ^{¥¥}	313.5 ^b	216.7 ^{cd}	96.7 ^d	30.9 ^d	43.3 ^{cd}

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند. (£: صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار (شاهد)، ££: ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، ¥: تیمار تلفیقی (باکتری آزوسپیریلوم + ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) و ¥¥: تیمار زیستی (باکتری آزوسپیریلوم).

The Means in each column followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level using Duncans multiple range test. N₀, no nitrogen fertilizer (control); N₁₀₀, 100 kg N ha⁻¹; Bio + N₅₀, Biofertilizer (*Azospirillum brasilense*) + 50 kg N ha⁻¹; Bio, Biofertilizer (*Azospirillum brasilense*).



شکل ۲. رابطه بین عملکرد دانه و انتقال مجدد مواد خشک در شرایط تنش آبی پس از مرحله گلدهی.
Fig. 2. Relationship between the grain yield and dry matter remobilization under water stress after anthesis stage.

کردند. اگرچه مقدار آن تابع عوامل متغیر محیطی بوده است (Gallagher et al., 1975; Barati and Ghadiri, 2017). در تأیید اثر مثبت کود نیتروژن بر انتقال مجدد مواد خشک در این آزمایش، براتی و غدیری (Barati and Ghadiri, 2017) در یک تحقیق بر روی گیاه جو نشان دادند که کود نیتروژن سبب افزایش انتقال مجدد مواد خشک شد. همچنین، ارکولی و همکاران (Ercoli et al., 2008) نیز نشان دادند که با افزایش سطح کود نیتروژن انتقال مجدد مواد خشک در گندم دوروم افزایش یافت. کاهش معنی‌دار انتقال مجدد مواد خشک در تیمار تلفیقی و زیستی نسبت به شاهد نیتروژن در شرایط با بقایا یا یافته‌های خیری زاده و همکاران (Kheirizade et al., 2018) تأیید می‌کند. در آزمایش حاضر، افزایش معنی‌دار انتقال مجدد مواد پرورده به‌واسطه کاربرد کود نیتروژن در مقایسه با شاهد در شرایط با بقایا و بدون بقایا، احتمالاً به دلیل فتوسنتز و رشد بیشتر و در نتیجه وزن خشک زیاد اندام‌های هوایی (ذخایر هیدرات‌کربن بیشتر) در زمان گلدهی در تیمار کود نیتروژن بود (جدول ۳). در مقابل، کاهش معنی‌دار مقدار انتقال مجدد در تیمارهای تلفیقی و زیستی در مقایسه با شاهد در شرایط حضور بقایا، احتمالاً به دلیل فتوسنتز و رشد کمتر گیاه و در نتیجه ذخایر کربوهیدراتی کمتر در شرایط رقابت بین گیاه و ریز جانداران خاک بر سر عنصر نیتروژن و عدم تأمین کافی آن از سوی این دو منبع کودی بوده است.

انتقال مجدد به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال ۱ درصد) تحت تأثیر برهمکنش تیمار آبیاری × منبع کود

انتقال مجدد مواد پرورده به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال ۵ درصد) تحت تأثیر برهمکنش بقایا × منبع کود نیتروژن قرار گرفت (جدول ۲). بررسی برهمکنش بقایا × منبع کود نیتروژن نشان داد که بیشترین میزان انتقال مجدد (۱۹۲/۶ گرم بر مترمربع) در تیمار حذف بقایا و کود نیتروژن و کمترین میزان انتقال مجدد (۹۰/۹ گرم بر مترمربع) در تیمار حضور بقایا و تیمار تلفیقی مشاهده شد (جدول ۳). همچنین، برهمکنش بقایا × منبع نیتروژن نشان داد که در هر دو شرایط با بقایا و بدون بقایا، کود نیتروژن (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) سبب افزایش مقدار انتقال مجدد به ترتیب به مقدار ۲۳ و ۷ درصد شد. انتقال مجدد در شرایط بدون بقایا به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار زیستی و تلفیقی نسبت به شاهد قرار نگرفت. این در حالی بود که در شرایط حضور بقایا تیمارهای تلفیقی و زیستی کاهش شدید و معنی‌داری (به ترتیب ۳۷ و ۳۳ درصد) را در انتقال مجدد مواد خشک نسبت به شاهد به وجود آوردند (جدول ۳).

اگرچه نتایج کاکس و همکاران (Cox et al., 1985) نشان داد که در برخی از ارقام گندم وزن اندام‌های رویشی در زمان بلوغ در مقایسه با زمان گلدهی افزایش پیدا کردند؛ اما در این آزمایش (در تمامی تیمارها) کاهش وزن این اندام‌ها از مرحله گلدهی به رسیدگی مشاهده شد. این کاهش وزن اندام‌های رویشی در زمان رسیدگی نسبت به زمان گلدهی را برخی از محققین در گیاه جو (Barati and Ghadiri, 1992; Bonnet and Incoll, 2017) و گندم دوروم (Ercoli et al., 2008) (*Triticum durum* L.) مشاهده

و برخی از ویتامین‌ها در کاهش شدت تنش آبی مؤثر باشند. از این‌رو، به نظر می‌رسد که این نوع از باکتری‌ها احتمالاً می‌توانند با کاهش سطح تنش، مقدار انتقال مجدد مواد پرورده را نسبت به شرایط تنش شدید آبی افزایش دهند.

کارایی انتقال مجدد مواد پرورده

کارایی انتقال مجدد مواد پرورده به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال ۱ درصد) تحت تأثیر برهمکنش بقایا $\times$ منبع کود نیتروژن و رژیم آبیاری $\times$ منبع کود نیتروژن قرار گرفت (جدول ۲). برهمکنش بقایا $\times$ منبع کود نیتروژن نشان داد که بیشترین میزان کارایی انتقال مجدد (۵۷/۹ درصد) در تیمار حذف بقایا و کود زیستی و کمترین میزان کارایی انتقال مجدد (۲۶/۷ درصد) در تیمار حفظ بقایا و تیمار تلفیقی بود (جدول ۳). صرف‌نظر از منبع کود نیتروژن و در شرایط حضور و یا عدم حضور بقایا، کاربرد کود نیتروژن (به‌جز کود زیستی در شرایط حذف بقایا) سبب کاهش معنی‌دار کارایی انتقال مجدد مواد پرورده شد (جدول ۳). براتی و غدیری (Barati and Ghadiri, 2017) نیز نشان دادند که استفاده از کود نیتروژن کارایی انتقال مجدد مواد پرورده را در ارقام دو و شش ردیفه‌ی جو کاهش داد. همچنین، در آزمایش حاضر، برهمکنش بقایا $\times$ منبع کود نیتروژن نشان داد که تیمارهای شاهد، کود تلفیقی و کود نیتروژن در شرایط حضور و عدم حضور بقایا اختلاف معنی‌داری را در کارایی انتقال مجدد مواد پرورده ایجاد نکردند؛ اما در شرایط استفاده از کود زیستی حضور بقایا سبب کاهش معنی‌دار کارایی انتقال مجدد مواد پرورده در شرایط عدم حضور بقایا شد (جدول ۳). پژوهش‌های اندکی در رابطه با اثر بقایای گیاهی بر کارایی انتقال مجدد مواد پرورده انجام شده است؛ اما همین تعداد نیز نتایج متناقضی را نشان می‌دهد. برخی پژوهشگران (Khamdi et al., 2016; Falah-Heravi et al., 2015) نشان دادند که کاربرد بقایای گندم بر کارایی انتقال مجدد مواد پرورده گندم اثر معنی‌داری نداشت. همچنین، سهرابی و همکاران (Sohrabi et al., 2014) نیز گزارش کردند که کاربرد بقایای گیاهی سبب افزایش یا کاهش جزئی در مقدار کارایی انتقال مجدد مواد پرورده در گندم شد. این تناقض‌ها می‌تواند به دلیل تفاوت‌های اقلیمی، آب و هوایی، مقدار بقایای گیاهی و سایر شرایط در آزمایش‌ها باشد؛ بنابراین، به نظر می‌رسد برای روشن‌تر شدن موضوع تحقیقات بیشتری در این زمینه لازم است.

نیتروژن قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین میزان انتقال مجدد (۲۲۴/۶ گرم بر مترمربع) در تیمار آبیاری بدون تنش و کود نیتروژن و کمترین میزان انتقال مجدد (۱۰۱/۱ گرم بر مترمربع) در تیمار آبیاری بدون تنش آبی و تیمار تلفیقی مشاهده شد (جدول ۴). برهمکنش آبیاری در منبع کود نشان داد که در شرایط آبیاری بدون تنش آبی، کاربرد کود نیتروژن انتقال مجدد را به‌طور معنی‌دار و به مقدار ۲۷ درصد نسبت به شاهد افزایش داد؛ اما در تیمار تلفیقی کاهشی معنی‌دار به مقدار ۴۳ درصد نسبت به شاهد مشاهده شد. تیمار زیستی نیز کاهشی جزئی در مقدار انتقال مجدد نسبت به شاهد را سبب شد (جدول ۴). در مقابل در شرایط تنش آبی، منابع نیتروژن مقدار انتقال مجدد را به‌طور جزئی و غیر معنی‌دار نسبت به شاهد کاهش دادند (جدول ۴). براتی و همکاران (Barati and Ghadiri, 2017) نشان دادند که در شرایط آبیاری بدون تنش آبی بیشترین مقدار انتقال مجدد گیاه جو در بالاترین سطح کود نیتروژن به دست آمد. پژوهشی دیگر که بر روی گندم در شرایط آبیاری بدون تنش آبی انجام شد (Sharifi and Heidari, 2015) نشان داد که بیشترین میزان انتقال مجدد ماده خشک از کاربرد نیتروژن و کمترین آن در شرایط تلقیح بذر با باکتری برآورد گردید.

در این آزمایش، نکته قابل توجه در مقایسه شرایط آبیاری بدون تنش آبی و آبیاری با تنش آبی این است که تنش سبب افزایش معنی‌دار مقدار انتقال مجدد در تیمار تلفیقی نسبت به شرایط آبیاری بدون تنش رطوبتی شد. این در حالی بود که در سایر تیمارهای کود نیتروژن انتقال مجدد به‌واسطه‌ی تنش آبی نسبت به شرایط آبیاری بدون تنش کاهش یافت (جدول ۴). برتری تیمار تلفیقی در شرایط تنش آبی نسبت به شرایط بدون تنش نشان از موفقیت کاربرد باکتری آزوسپیریلوم به همراه کود نیتروژن در شرایط تنش آبی است. در تائید نتایج آزمایش حاضر، شریفی و حیدری (Sharifi and Heidari, 2015) نیز پیشنهاد نمودند که به‌منظور افزایش انتقال مجدد و عملکرد دانه در شرایط تنش آبی، بذرهای تلقیح شده گندم همراه با مصرف کود نیتروژنه به‌کاربرده شوند. برخی از محققین (Amoaghaei et al., 2004; Pazaki, 2017; Compant et al., 2010; Sarig et al., 1988; Hadi et al., 2012) نشان داده‌اند که باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن که به‌عنوان کود زیستی مورد استفاده قرار می‌گیرند، می‌توانند با گسترش سطح ریشه، کمک به جذب بهینه آب و عناصر غذایی، تولید هورمون رشد

جدول ۴. اثر برهمکنش رژیم آبیاری × منبع کود نیتروژن بر عملکرد دانه، انتقال مجدد مواد پرورده، کارایی انتقال مجدد مواد پرورده و مشارکت مواد پرورده قبل از گلدهی.

Table 4. Interaction effect of irrigation regime × N source on grain yield, dry matter remobilization, dry matter remobilization efficiency and contribution of pre-anthesis assimilate to grain.

رژیم آبیاری Irrigation regime	Nitrogen fertilizer source	منبع کود نیتروژن	کارایی			
			عملکرد دانه Grain yield	انتقال مجدد مواد پرورده Dry matter remobilization	انتقال مجدد مواد Dry matter remobilization efficiency	مشارکت مواد پرورده قبل از گلدهی در دانه Contribution of Pre-anthesis assimilate to grain
----- (g m ⁻²) -----			----- (گرم بر مترمربع) -----		----- (درصد) (%) -----	
	N ₀ [£]	صفر [£]	264.8 ^b	177.2 ^b	60.3 ^a	66.9 ^{ab}
بدون تنش آبی	N ₁₀₀ ^{££}	££۱۰۰	384.3 ^a	224.6 ^a	48.8 ^b	59.4 ^{ab}
No water stress	Bio+ N ₅₀ [¥]	تیمار تلفیقی [¥]	404.9 ^a	101.1 ^d	26.3 ^c	25.5 ^c
	Bio ^{¥¥}	تیمار زیستی ^{¥¥}	257.8 ^{bc}	144.2 ^{bc}	46.1 ^b	55.2 ^b
	N ₀ [£]	صفر [£]	200.9 ^c	147.2 ^{bc}	46.8 ^b	73.3 ^a
با تنش آبی	N ₁₀₀ ^{££}	££۱۰۰	206.7 ^{bc}	146.5 ^{bc}	30.7 ^c	71.0 ^a
Water stress	Bio+ N ₅₀ [¥]	تیمار تلفیقی [¥]	225.6 ^{bc}	138.9 ^c	32.5 ^c	63.1 ^{ab}
	Bio ^{¥¥}	تیمار زیستی ^{¥¥}	201.7 ^c	116.9 ^{cd}	42.7 ^b	61.4 ^{ab}

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند. £: صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار (شاهد)، ££: ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، ¥: تیمار تلفیقی (باکتری آزوسپیریلوم + ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) و ¥¥: تیمار زیستی (باکتری آزوسپیریلوم).

The Means in each column followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level using Duncans multiple range test. N₀, no nitrogen fertilizer (control); N₁₀₀, 100 kg N ha⁻¹; Bio + N₅₀, Biofertilizer (*Azospirillum brasilense*) + 50 kg N ha⁻¹; Bio, Biofertilizer (*Azospirillum brasilense*).

از شدت تنش آبی در طول دوره پر شدن دانه است (Barati et al., 2013). پژوهش‌های بسیاری (Barati and Ghadiri, 2017; Ercoli et al., 2008; Bijanzadeh and Emam, 2012) نشان داده‌اند که مقدار انتقال مجدد مواد پرورده در شرایط تنش‌های ملایم نسبت به شدید افزایش می‌یابد. در آزمایش حاضر، کاهش جزئی کارایی انتقال مجدد در تیمار تلفیقی و زیستی نسبت به تیمارهای کود نیتروژن و شاهد در شرایط تنش آبی در مقایسه با شرایط مطلوب رطوبتی را می‌توان به اثرات مثبت باکتری آزوسپیریلوم در کاهش اثرات تنش شدید آبی (قطع آبیاری پس از گلدهی) نسبت داد. باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن که به‌عنوان کود زیستی مورد استفاده قرار می‌گیرند، می‌توانند با گسترش سطح ریشه، کمک به جذب بهینه آب و عناصر غذایی، تولید هورمون رشد و برخی از ویتامین‌ها در کاهش شدت تنش آبی مؤثر باشند (Amoaghaei et al., 2004; Pazaki, 2017; Compant et al., 2010; Sarig et al., 1988; Hadi et al., 2012).

اثر برهمکنش رژیم آبیاری × منبع کود نیتروژن نشان داد که بیشترین کارایی انتقال مجدد (۶۰/۳ درصد) در تیمار آبیاری بدون تنش و عدم استفاده از کود نیتروژن (شاهد) و کمترین کارایی انتقال مجدد (۲۶/۳ درصد) در تیمار آبیاری بدون تنش آبی و تیمار تلفیقی مشاهده شد (جدول ۴). برهمکنش آبیاری در منبع کود نشان داد که در تیمار آبیاری بدون تنش آبی و با تنش آبی افزودن کود نیتروژن - صرف‌نظر از منبع آن - باعث کاهش کارایی انتقال مجدد نسبت به شاهد شد (جدول ۴). تأثیر منفی کود نیتروژن بر کارایی انتقال مجدد در شرایط مطلوب و تنش آبی را سایر محققین (Barati and Ghadiri, 2017; Bahrani et al., 2009) نیز گزارش کرده‌اند. همچنین، در آزمایش حاضر، برهمکنش رژیم آبیاری × منبع کود نیتروژن نشان داد که تنش آبی پس از گلدهی سبب کاهش جزئی کارایی انتقال مجدد در تیمار کود زیستی و کود تلفیقی و کاهش معنی‌دار در کود نیتروژن و شاهد (به ترتیب ۳۷ و ۲۲ درصد) در مقایسه با شرایط بدون تنش رطوبتی شد (جدول ۴). انتقال مجدد مواد پرورده متأثر

مشارکت مواد پرورده قبل از گلدهی در دانه

مشارکت مواد پرورده قبل از گلدهی در دانه تحت تأثیر برهمکنش تیمار بقایا × منبع کود نیتروژن قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین مشارکت مواد پرورده (۷۳/۲ درصد) در تیمار حذف بقایا و تیمار زیستی و کمترین مشارکت مواد پرورده (۳۲/۲ درصد) در تیمار حفظ بقایا و تیمار تلفیقی مشاهده شد (جدول ۳). برهمکنش بقایا × منبع کود نیتروژن نشان داد که در شرایط بدون بقایا، کاربرد کود نیتروژن - صرف‌نظر از منبع آن - تغییر معنی‌داری را در مشارکت مواد پرورده قبل از گلدهی در دانه نسبت به شاهد ایجاد نکرد. هرچند که کاربرد کود نیتروژن و تلفیقی سبب کاهش جزئی آن و تیمار زیستی سبب افزایش جزئی آن نسبت به شاهد شدند (جدول ۳). در مقابل، در شرایط حفظ بقایا در خاک افزودن کود نیتروژن صرف‌نظر از منبع آن درصد مشارکت مواد پرورده قبل از گلدهی در دانه را کاهش داد که این کاهش فقط در تیمارهای تلفیقی و زیستی شدید و معنی‌دار بود (جدول ۳). کاهش مشارکت مواد پرورده قبل از گلدهی در دانه با استفاده از کود نیتروژن در این آزمایش را سایر محققین (Barati and Ghadiri, 2017) نیز گزارش کردند.

بررسی برهمکنش بقایا در منبع کود نیتروژن از منظر دیگری نشان داد که حضور بقایای گیاهی سبب کاهش مقدار مشارکت مواد پرورده قبل از گلدهی به دانه در تمامی منابع کود نیتروژن شد که این کاهش فقط در تیمارهای تلفیقی و زیستی معنی‌دار بود (جدول ۳). در شرایط حضور بقایا رقابت بر سر نیتروژن موجود در خاک بین گیاه و میکروارگانیسم‌های خاک رخ خواهد داد. بدیهی است که در شرایط استفاده از تیمارهای زیستی و تلفیقی به علت کمبود فراوانی نیتروژن نسبت به شرایط کاربرد کود نیتروژن، رقابت شدیدتر و دسترسی به نیتروژن برای گیاه کمتر خواهد بود. در چنین شرایطی مقدار فتوسنتز، رشد و درنهایت ذخایر قبل از گلدهی گیاه کاهش یافته و میزان مشارکت مواد پرورده قبل از گلدهی به دانه کاهش خواهد یافت. فلاح هروی و همکاران (Falah-heravi et al., 2016) نیز اثبات کردند که پسماند گیاهی در مزرعه میزان مشارکت مواد پرورده قبل از گلدهی به دانه را به میزان ۱۴ درصد کاهش داد.

مشارکت مواد پرورده قبل از گلدهی تحت تأثیر برهمکنش تیمار آبیاری × منبع کود نیتروژن قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین مقدار مشارکت مواد پرورده قبل از گلدهی (۷۳/۳ درصد) در تیمار تنش آبی و عدم مصرف کود

نیتروژن (شاهد) و کمترین مقدار مشارکت مواد پرورده قبل از گلدهی (۲۵/۵ درصد) در تیمار آبیاری بدون تنش آبی و تیمار تلفیقی مشاهده شد (جدول ۴). برهمکنش آبیاری در منبع کود نشان داد که در تیمارهای آبیاری بدون تنش آبی و با تنش آبی، صرف‌نظر از منبع کود، کاربرد کود نیتروژن مشارکت مواد پرورده قبل از گلدهی در دانه را نسبت به عدم مصرف کود نیتروژن (شاهد) کاهش داد (جدول ۴). این کاهش در شرایط تنش آبی غیر معنی‌دار بود؛ اما در شرایط آبیاری بدون تنش آبی کاهش‌ها بیشتر بود، ولی فقط کاربرد تیمار تلفیقی کاهش معنی‌دار را نسبت به شاهد نیتروژن به وجود آورد (جدول ۴). براتی و غدیری (Barati and Ghadiri, 2017) نیز در پژوهشی بر روی جو نتایج مشابهی را ارائه دادند. همچنین، اثر برهمکنش آبیاری × منبع نیتروژن نشان داد که تنش آبی مشارکت مواد پرورده قبل از گلدهی را در همه‌ی منابع کودی نسبت به آبیاری بدون تنش آبی افزایش داد؛ اما این افزایش در تیمارهای مختلف کودی متفاوت بود (۱۰، ۲۰، ۱۴۸ و ۱ درصد افزایش به ترتیب در تیمار شاهد، کود نیتروژن، تلفیقی و زیستی) (جدول ۴). با توجه به اینکه بیشترین میزان افزایش مشارکت مواد پرورده قبل از گلدهی به واسطه تنش آبی در شرایط استفاده از تیمار تلفیقی به دست آمد، می‌توان نتیجه گرفت که باکتری آزوسپیریلوم هنگامی که به‌صورت مکمل با کود نیتروژن بکار رفت در کاهش اثرات تنش آبی موفق بود.

عملکرد دانه

عملکرد دانه و وزن خشک اندام‌های هوایی در زمان گلدهی و وزن خشک اندام‌های هوایی رویشی در زمان رسیدگی همبستگی مثبت (به ترتیب $r = 0.698^{**}$ و $r = 0.643^{**}$) در شرایط بدون تنش آبی نشان دادند. عملکرد دانه و مقدار انتقال مجدد ماده خشک صرف‌نظر از تیمارهای کود نیتروژن، رابطه خطی مثبت در شرایط تنش آبی نشان دادند (شکل ۲). مقدار انتقال مجدد مواد پرورده تقریباً ۴۰ درصد از تغییرات مشاهده شده در عملکرد دانه در شرایط تنش آبی را توجیه کرد ($R^2 = 0.43$) (شکل ۲). نتایج نشان داد که برهمکنش تیمار رژیم آبیاری × منبع کود نیتروژن در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه (۴۰۴/۹ گرم بر مترمربع) مربوط به تیمار آبیاری بدون تنش آبی و استفاده تلفیقی از باکتری و کود نیتروژن بود و کمترین عملکرد دانه (۲۰۰/۹ گرم بر مترمربع) در تیمار تنش آبی و

داشت. سایر پژوهشگران نیز در مطالعات خود بر روی گیاه جو نشان دادند که در شرایط آبیاری بدون تنش آبی مصرف کود نیتروژن باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شد؛ اما در شرایط تنش آبی انتهایی، کاربرد مقدار بالای کود نیتروژن عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار نداد (Barati et al., 2015; Barati and Ghadiri, 2016).

بررسی اثر برهمکنش آبیاری $\times$ منبع نیتروژن بر عملکرد دانه از منظر دیگر نشان می‌دهد که در شرایط آبیاری بدون تنش آبی استفاده از کود نیتروژن و تیمار تلفیقی عملکرد دانه را به‌طور معنی‌دار و به ترتیب به میزان ۴۵ و ۵۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۴). در این شرایط تیمار کود نیتروژن و تیمار تلفیقی اختلاف معنی‌داری نداشتند؛ اما نسبت به تیمار زیستی افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه ایجاد کردند؛ بنابراین، در شرایط بدون تنش رطوبتی، کاربرد تیمار تلفیقی با توجه به بیشترین میزان افزایش عملکرد دانه نسبت به شاهد قابل توصیه است. در مقابل در شرایط تنش آبی، استفاده از کود نیتروژن، تلفیقی و زیستی عملکرد دانه را به ترتیب به مقدار ۳، ۱۲ و ۰/۴ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند. از این‌رو، در شرایط تنش نیز با توجه به بیشترین مقدار افزایش عملکرد دانه در تیمار تلفیقی نسبت به شاهد، این رژیم کودی پیشنهاد می‌شود. کاهش واکنش غلات به کاربرد کود نیتروژن در شرایط آبیاری با تنش آبی نسبت به آبیاری بدون تنش آبی را سایر پژوهشگران (Van Harwaarden et al., 1998; Barati and Ghadiri, 2016) نیز گزارش کرده‌اند. همچنین، عدم تأثیر معنی‌دار تیمار زیستی به‌تنهایی بر عملکرد دانه در شرایط آبیاری بدون تنش آبی و با تنش آبی در آزمایش حاضر را سایر پژوهشگران (Hojatipour et al., 2014; Kasim et al., 2016) نیز گزارش کردند.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که عملکرد دانه در شرایط آبیاری بدون تنش آبی و با تنش آبی پس از گلدهی به‌واسطه‌ی کاربرد تیمار تلفیقی به مقدار قابل توجهی (به ترتیب ۵۳ و ۱۲ درصد) در مقایسه با سایر تیمارهای کودی نسبت به شاهد افزایش یافت. تنش آبی سبب افزایش معنی‌دار مقدار انتقال مجدد مواد پرورده و مشارکت مواد پرورده قبل از گلدهی به دانه در تیمار تلفیقی به ترتیب به مقدار ۳۷ و ۱۴۸ درصد شد. کاربرد بقایا سبب کاهش مقدار انتقال مجدد، کارایی انتقال مجدد و

عدم استفاده از کود نیتروژن به دست آمد (جدول ۴). اثر برهمکنش آبیاری $\times$ منبع نیتروژن نشان داد که تنش آبی عملکرد دانه را در همه سطوح کودی نسبت به آبیاری بدون تنش آبی کاهش داد؛ اما این کاهش در تیمارهای مختلف کودی متفاوت بود (۲۴، ۴۷، ۴۴ و ۲۲ درصد کاهش به ترتیب در تیمار شاهد، کود نیتروژن، تلفیقی و زیستی). با توجه به اینکه کمترین میزان کاهش عملکرد دانه به‌واسطه تنش آبی در شرایط استفاده از تیمار زیستی و سپس تیمار تلفیقی نسبت به کاربرد کود نیتروژن به دست آمد، می‌توان نتیجه گرفت که باکتری در کاهش اثرات تنش آبی موفق بوده است و به لحاظ فیزیولوژیک گیاهان مقاومت بیشتری به تنش آبی در این شرایط نشان دادند. عموماً قیاسی و همکاران (Amoaghaei et al., 2004) گزارش کردند که تلقیح با باکتری آزوسپیریلوم اثر مثبتی بر عملکرد گندم در شرایط بدون تنش رطوبتی داشت. همچنین، پژوهشگران متعددی نشان داده‌اند که تلقیح با باکتری آزوسپیریلوم تأثیر مثبتی بر عملکرد دانه در شرایط تنش آبی داشته است (Marulanda et al., 2009; Sarig et al., 1988). میکروارگانیسم‌ها می‌توانند باعث مقاومت گیاه در برابر تنش‌ها شوند (Compant et al., 2010). در همین راستا ساریج و همکاران (Sarig et al., 1988) نشان دادند که تلقیح بذر سورگوم با باکتری تثبیت‌کننده نیتروژن باعث بهبود عملکرد دانه در شرایط تنش آبی از طریق بهبود بهره‌وری استفاده از رطوبت خاک می‌شود.

بررسی برهمکنش آبیاری $\times$ منبع کود نیتروژن گویای این است که بیشترین کاهش عملکرد دانه به‌واسطه تنش آبی در شرایط استفاده از کود نیتروژن (۴۷ درصد) مشاهده شد (جدول ۴) که نشان می‌دهد گیاهانی که کود نیتروژن دریافت کرده‌اند نسبت به خشکی حساسیت بیشتری نشان می‌دهند. بر اساس نظر ون‌هرواردن و همکاران (Van Harwaarden et al., 1998) کاهش بیشتر عملکرد دانه به‌واسطه کاربرد کود نیتروژن در شرایط تنش آبی به پدیده "hay off" نسبت داده می‌شود. این پدیده زمانی رخ می‌دهد که کود نیتروژن به مقدار زیاد در مراحل رشد رویشی غلاتی که در معرض تنش آبی انتهایی هستند، به کار رود (Van Harwaarden et al., 1998). در چنین شرایطی عملکرد زیست‌توده بالا رفته و ریشه‌ها آب بیشتری را از نیم‌رخ خاک تخلیه می‌کنند و این باعث کاهش فراهمی آب در دوره پر شدن دانه شده و نهایتاً کاهش وزن هزار دانه و عملکرد دانه را به دنبال خواهد

سایر منابع نیتروژن در مقایسه با شرایط بدون تنش و در نهایت کاهش کمتر عملکرد دانه، قابل توصیه است؛ بنابراین، این رژیم کودی برای کشاورزان نواحی جنوبی ایران که به دلیل کمبود منابع آب قصد قطع آبیاری پس از مرحله گلدهی را داشته باشند، پیشنهاد می‌شود.

مشارکت مواد پرورده قبل از گلدهی به دانه در همه‌ی تیمارهای کودی شد؛ اما تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه نداشت؛ بنابراین، با توجه به جنبه‌های اقتصادی و حرکت به سمت کشاورزی پایدار، استفاده از تیمار تلفیقی در شرایط آبیاری بدون تنش آبی توصیه می‌شود. همچنین، در شرایط تنش آبی پس از گلدهی، تیمار تلفیقی به‌واسطه افزایش انتقال مجدد و میزان مشارکت مواد پرورده در دانه نسبت به

منابع

- Abdul-Jaleel, C., Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A., Gopi, R., Somasundaram, R., Panneerselvam, R., 2007. *Pseudomonas fluorescens* enhances biomass yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus* under water deficit stress. *Colloids And Surfaces B: Biointerfaces*. 60(1), 7-11.
- Alizadeh, A., 1999. Soil-Water-Plant Relationship. Emam Reza University, Mashhad, Iran. [In Persian].
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration. Guide lines for computing crop water requirements (Irrigation and Drainage Paper 56) Food and Agriculture Organization, Rome.
- Amoo-Aghaie, R., Mostajeran, A., Emtiazi, G., 2004. Effect of *Azospirillum* bacteria on some growth parameters and yield of three wheat cultivars. *Journal of Water and Soil Science*. 7(2), 127-138. [In Persian with English Summary].
- Bahrani A., Tahmasbi-sarvestani Z.A.A., 2006. Effects of rate and time of nitrogen fertilizer on yield, yield component, and dry matter remobilization efficiency in two winter wheat cultivars. *Journal of Agricultural Sciences*. 12(2), 369-377. [In Persian with English Summary].
- Bahrani, A., Hamed, S., Tadayon, M.S., 2013. Response of wheat and barley to nitrogen and drought stress. *Plant Ecophysiology*. 5, 1-14. [In Persian with English Summary]
- Bahrani, A., Heidari-Sharif-Abad, H., Tahmasebi-Savestani, Z., Moafpourian, G.H., Ayenehband, A., 2009. Wheat (*Triticum aestivum* L.) response to nitrogen and post-anthesis water deficit. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*. 6(2), 231-239.
- Barati, V., Ghadiri, H., 2017. Assimilate and nitrogen remobilization of six-rowed and two-rowed winter barley under drought stress at different nitrogen fertilization. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 63(6), 841-855.
- Barati, V., Ghadiri, H., 2016. Effects of drought stress and nitrogen fertilizer on yield, yield components and protein content of two barley cultivars. *Journal of Crop Production and Processing*. 20, 191-206. [In Persian with English Summary].
- Barati, V., Ghadiri, H., Zand-Parsa, Sh., Karimian, N., 2015. Nitrogen and water use efficiencies and yield response of barley cultivars under different irrigation and nitrogen regimes in a semi-arid Mediterranean climate. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 6, 15-32.
- Bijanazadeh, E., Emam, Y., 2012. Evaluation of assimilate remobilization and yield of wheat cultivars under different irrigation regimes in an arid climate. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 58(11), 1243-1259.
- Bijanazadeh, E., Naderi, R., 2015. Remobilization efficiency and photosynthetic characteristics of five barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars under terminal drought stress. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 61(8), 1199-1210.
- Bonnett, G.D., Incoll, L.D., 1992. The potential pre-anthesis and post-anthesis contributions of stem internodes to grain yield in crops of winter barley. *Annals of Botany*. 69, 219-225.
- Compant, S., Van Der Heijden, M.G., Sessitsch, A., 2010. Climate change effects on beneficial plant-microorganism interactions. *FEMS Microbiology Ecology*. 73, 97-214.
- Cox C.M., Qualset C.O., Rains D.W., 1985. Genetic variation for nitrogen assimilation and translocation in wheat. I. Dry matter and

- nitrogen accumulation. *Crop Science*. 25(3), 430-435.
- Ebrahimpour, F., Eidizadeh, Kh., Mahdavi-Damghani, A., Rezvani, M., 2011. Effects of Biofertilizer application method with integrated chemical fertilizers on maize production and some chemical characteristics of soil. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 10(1), 240- 246. [In Persian with English Summary].
- Emam, Y., Niknejhad, M. 2011. An Introduction to the Physiology of Crop Yield. Shiraz University Press. [In Persian].
- Ercoli, L., Lulli, L., Mariotti, M., Masoni, A., Arduini, I., 2008. Post-anthesis dry matter and nitrogen dynamics in durum wheat as affected by nitrogen supply and soil water availability. *European Journal of Agronomy*. 28(2), 138-147.
- Fallah-heravi, A., Abbasdukht, H., Zare-feizabadi, A., Gholami, A., 2015. Effects of conventional and conservation tillage with management residue on wheat (*Triticum aestivum* L.) physiological properties. *Iranian Journal of Field Crop Science*. 47, 277-289. [In Persian with English Summary].
- Gallagher, J.N., Biscoe, P.V., Scott, R.K., 1975. Barley and its environment. V. Stability of grain weight. *Journal of Applied Ecology*. 12, 319-336.
- Grimes, D., Yamada, H., Hughes, S., 1987. Climate-normalized cotton leaf water potentials for irrigation scheduling. *Agricultural Water Management*. 12, 293-304.
- Hadi, H., Babaei, N., Daneshian, J., Arzanesh, M., Hamidi, A., 2012. Investigating the effect of *Azospirillum lipophorum* on sunflower (*Helianthus annuus* L.) seedling properties that was achieved from sunflower fields under low irrigation conditions. *Journal of Agroecology*. 3(3), 320-327. [In Persian with English Summary].
- Hamidi, A., Chookan, R., Asghar-Zadeh, A., Dehghan-Shoar, M., Ghalavand, A., Malakouti, M., 2011. Effect of plant growth promoting *rhizobacteria* (PGPR) on dry matter partitioning of late maturing maize (*Zea mays* L.) hybrids. *Iranian Journal of Field Crop Science*. 41(4), 665-675. [In Persian with English Summary].
- Hanson, B., Schwankl, L., Fulton, A. 2004. Scheduling Irrigation: When and How Much Water to Apply. Department of Land, Air and Water Resources, University of California, Davis, California, USA.
- Hojati-pour, I., Jafari-haghighi, B., Dorostkar, M., 2014. The effect of integration of biological and chemical fertilizers on yield, yield components and growth indexes of wheat. *Journal of Ecophysiology*. 15, 36-48. [In Persian with English Summary].
- Institute S., 2004. SAS/GRAPH 9.1 Reference. SAS Institute.
- Kasim, W.A., Gaafar, R.M., Abou-Ali, R.M., Omar, M.N., Hewait, H.M., 2016. Effect of biofilm forming plant growth promoting rhizobacteria on salinity tolerance in barley. *Annals of Agricultural Sciences*. 61(2), 217-227.
- Keshavarz-nezhad, A. Kazemini, S.A.R., Bahrani, M.J., 2012. Effect of different nitrogen rates and residues of corn, rapeseed, sunflower and wheat crops on yield and nitrogen use efficiency in wheat. *Journal of Crop Production and Processing*. 10, 181-190. [In Persian with English Summary].
- Khamadi, F., Mesgarbashi, M., Hosaibi, P., Enaiat, N., Farzaneh, M., 2015. The effect of crop residue and nitrogen fertilizer levels on soil biological properties and nitrogen indices and redistribution of dry matter in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Applied Field Crops Research*. 28, 149-157. [In Persian with English Summary].
- Kheiri-zadeh, Y., Seyed Sharifi, R., Khalilzadeh, R., 2018. Study of biofertilizers and nano zinc oxide application on remobilization and leaf area index of triticale (*Triticosecale* Witt.) under soil salinity. *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 11, 993-1004. [In Persian with English Summary].
- Kirda, C., Derici, M.R., Schepers, J. S., 2001. Yield response and N-fertiliser recovery of rainfed wheat growing in the Mediterranean region. *Field Crops Research*. 71(2), 113-122.
- Marulanda, A., Barea, J.M., Azcón, R., 2009. Stimulation of plant growth and drought tolerance by native microorganisms (AM fungi and bacteria) from dry environments: mechanisms related to bacterial effectiveness. *Journal of Plant Growth Regulation*. 28(2), 115-124.
- Pazaki, A., 2017. Effects of humic acid and plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) on yield and yield components of durum wheat under drought stress condition in Shahr-e-Rey

- region. Cereal Research. 6, 105- 117. [In Persian with English Summary].
- Perveen, S., Khan, M.S., Zaidi, A., 2002. Effect of rhizospheric microorganisms on growth and yield of green gram (*Phaseolus radiatus* L.). Indian Journal of Agricultural Sciences. 72, 421-423.
- Poehlman, J.M. 1985. Adaptation and distribution. In: Rasmussen, D.C. (ed.), Barley, American society of Agronomy, Madison.
- Sadeghi, H., 2007. Effects of crop residue and nitrogen rate on morpho-physiological traits, yield and yield components of two dry land wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Ph.D. dissertation, Faculty of Agriculture, University of Shiraz, Iran. [In Persian with English Summary].
- Sadeghi, H., Bahrani, M.J., 2009. Effects of crop residue and nitrogen rates on yield and yield components of two dryland wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Plant Production Science. 12, 497-502.
- Sadeghi, H., Kazemeini, S.A.R., 2015. Effect of crop residue management and nitrogen fertilizer on grain yield and yield components of two barley cultivars under dryland conditions. Iranian Journal of Crop Sciences. 13(3), 436-451. [In Persian with English Summary].
- Sarig, S., Blum, A., Okon, Y., 1988. Improvement of the water status and yield of field-grown grain sorghum (*Sorghum bicolor*) by inoculation with *Azospirillum brasilense*. The Journal of Agricultural Science. 110, 271-277.
- Sharifi, R., Heidari, M.S., 2015. 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 with English Summary]
- Sohrabi, S.S., Fateh, E., Ayneband, A., Rahnama, A., 2014. Evaluation the effect of the residue management and different nitrogen sources on acumulation and remobilization of wheat stem reserve. Journal of Crop Production. 7(2), 113- 134. [In Persian with English Summary].
- Somasegaran, P., Hoben, H.J., 2012. Handbook for rhizobia: Methods In Legume-Rhizobium Technology. Springer Science and Business Media, University of Hawaii, New York, USA.
- Tale, A., Haddad, R., 2011. Study of silicon effects on antioxidant enzyme activities and osmotic adjustment of wheat under drought stress. Czech Journal of Genetics and Plant Breeding. 47, 17-27.
- Tambussi, E.A., Bort, J., Araus, J.L., 2007. Water use efficiency in C₃ cereals under Mediterranean conditions: a review of physiological aspects. Annals of Applied Biology. 150(3), 307-321.
- Torbert, H.A., Potter, K.N., Hoffman, D.W., Gerik, T.J., Richardson, C., 2000. Surface residue and soil moisture affect fertilizer loss in simulated runoff on a heavy clay soil. Agronomy Journal. 91, 606-612.
- Van Herwaarden, A., Farquhar, G., Angus, J., Richards, R., Howe, G., 1998. 'Haying-off', the negative grain yield response of dryland wheat to nitrogen fertilizer. I. Biomass, grain yield, and water use. Australian Journal of Agricultural Research. 49, 1067-1082.
- Wani, P. A., Khan, M. S., Zaidi, A., 2007. Synergistic effects of the inoculation with nitrogen-fixing and phosphate-solubilizing rhizobacteria on the performance of field-grown chickpea. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 170(2), 283-287.
- Yasari, E., Patwardhan A.M., 2007. Effect of *Azotobacter* and *Azospirillum* inoculations and chemical fertilizers on growth and productivity of canola (*Brassica napus* L.). Asian Journal Plant Sciences. 6(1), 77-82.
- Zadoks, J.C., Chang, T.T., Konzak, C.F., 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Research. 14, 415-421.