



بزرگای کشاورزی

دوره ۲۳ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۴۰۰

صفحه‌های ۴۷۰-۴۵۳

مقاله پژوهشی:

تأثیر کود نیتروژن و بقایای گیاهی بر عملکرد و محتوای عناصر غذایی کم مصرف گیاه جو تحت شرایط کم آبیاری

مریم نیازی^۱، وحید براتی^۲، حمیدرضا بوستانی^۳، احسان بیژن‌زاده^۴

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

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

۳. دانشیار، بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، داراب، ایران.

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

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۴/۲۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۶/۲۷

چکیده

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی آگرواکولوژی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب- دانشگاه شیراز در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ انجام شد. آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل دو سطح آبیاری به‌عنوان عامل اصلی؛ ۱- مطلوب: آبیاری براساس نیاز آبی گیاه تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک و ۲- تنش آبی: آبیاری براساس نیاز آبی گیاه تا انتهای مرحله گلدهی و عامل فرعی اول شامل دو سطح بقایای گیاهی ۱- بدون بقایا و ۲- برگرداندن ۳۰ درصد بقایای گیاهی گندم به خاک و عامل فرعی دوم چهار منبع کودی ۱- شاهد: بدون کود، ۲- کود نیتروژن: ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار، ۳- کود تلفیقی: استفاده از باکتری آزوسپیریلوم (*Azospirillum brasilense*) و نیتروژن به مقدار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار و ۴- کود زیستی: تلفیق بذرها با باکتری آزوسپیریلوم بود. نتایج نشان داد که محتوای مس، روی و آهن دانه تحت تأثیر برهم‌کنش منبع نیتروژن × بقایای گیاهی × رژیم آبیاری قرار گرفت. این برهم‌کنش نشان داد که، محتوای عناصر دانه جو تحت تأثیر تنش آبی روندی کاهشی نسبت به شرایط مطلوب رطوبتی نشان داد. همچنین، منابع کودی سبب افزایش محتوای عناصر در هر دو رژیم رطوبتی به‌ویژه در شرایط مطلوب آبی شدند. تیمار تلفیقی محتوای مس دانه را به میزان ۷۴ و ۷۲ درصد نسبت به شاهد (بدون مصرف کود) به‌ترتیب در شرایط با بقایا و بدون بقایا تحت شرایط آبیاری مطلوب افزایش داد. روندی مشابه، اما با شدت کم‌تر در شرایط تنش رطوبتی نیز وجود داشت. همچنین، در مورد سایر عناصر نیز روندی مشابه آنچه در مورد مس گفته شد، مشاهده شد. بیش‌ترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری مطلوب (۴۰۴۹ کیلوگرم در هکتار) و قطع آبیاری (۲۲۵۶ کیلوگرم در هکتار) در شرایط استفاده از کود تلفیقی به‌دست آمد. با توجه به برتری کاربرد تیمار تلفیقی به لحاظ محتوای عناصر و عملکرد دانه‌ی جو در شرایط مطلوب و تنش رطوبتی و همچنین در شرایط کاربرد و عدم کاربرد بقایای گیاهی، اصول کشاورزی پایدار و ملاحظات زیست‌محیطی، این رژیم کودی در اقلیم مناطق جنوبی ایران قابل توصیه است.

کلیدواژه‌ها: آزوسپیریلوم، آهن، روی، مس، منگنز.

Effects of Nitrogen Fertilizer and Crop Residues on Yield and Micronutrient Contents of Barley under Deficit Irrigation

Maryam Niazi¹, Vahid Barati², Hamid Reza Boostani³, Ehsan Bijanzadeh⁴

1. M.Sc. Student, Agroecology Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Darab, Iran.

2. Assistant Professor, Agroecology Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Darab, Iran.

3. Associate Professor, Soil Science Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Darab, Iran.

4. Associate Professor, Agroecology Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Darab, Iran.

Received: July 15, 2020

Accepted: September 17, 2020

Abstract

This study has been performed at the experimental farm of the College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University during 2017-2018 growing season. A split factorial experiment in a randomized complete block design with three replicates is carried out. The treatments include two levels of irrigation as the main plots [normal irrigation (IR_N): irrigation based on the plant's water requirement up to the physiological maturity and water stress (IR_{DI}): irrigation based on the plant's water requirement up to the anthesis stage]. Also, the first sub plot has been two levels of wheat residues [1. no residue (NR), 2. returning 30% of wheat residue to soil (RR)] and the second sub plot four fertilizer sources [N_0 , without fertilizer (control); N_{100} , 100 kg N ha⁻¹; Bio + N_{50} , Biofertilizer (*Azospirillum brasilense*) + 50 kg N ha⁻¹ and Bio, Biofertilizer (*Azospirillum brasilense*)]. The results show that copper, zinc, and iron contents are affected by N source × crop residue × IR regime interaction. The interaction show that the barley grain micronutrient contents have had a decreasing trend from IR_N to IR_{DI} treatment. Also, N fertilizer sources increase the micronutrient contents in both irrigation regimes, especially, in IR_N conditions. The Bio + N_{50} treatment has increased the copper grain content by 74% and 72% as compared to N_0 in NR and RR treatments, respectively, under IR_N conditions. Also, there is a similar trend under IR_{DI} conditions. Furthermore, the other grain micronutrient contents show a similar trend with barley grain copper content when affected by N source × crop residue × IR regime interaction. The highest grain yield belongs to Bio + N_{50} treatment under IR_N (4049 kg ha⁻¹) and IR_{DI} (2256 kg ha⁻¹) conditions. Therefore, due to the superiority of Bio + N_{50} in micronutrient contents, grain yield under different irrigation regimes and residues treatments, the principles of sustainable agriculture and environmental considerations, application of Bio + N_{50} treatment is recommended in southern regions of Iran.

Keywords: *Azospirillum*, copper, iron, magnesium, zinc.

۱. مقدمه

در مناطقی همانند جنوب استان فارس که بارندگی‌ها اکثراً در مرحله رویشی و در فصل زمستان رخ می‌دهد، فعالیت ریشه جو به‌طور قابل ملاحظه‌ای توسط تنش‌های آبی در مرحله پرشدن دانه در بهار کاهش می‌یابد (Barati & Ghadiri, 2017). این در حالی است که کاربرد کودهای نیتروژنه که معمولاً به مقدار زیاد در مراحل رشد رویشی توسط کشاورزان مورد استفاده قرار می‌گیرد، سبب افزایش رشد رویشی و تخلیه پروفیل خاک از رطوبت شده و مراحل انتهایی زندگی غلات را با تنش رطوبتی شدیدتری همراه می‌کند (Van Herwaarden *et al.*, 1998). بدیهی است افزایش شدت تنش آبی و به‌دنبال آن کاهش فعالیت ریشه‌ها در مرحله پس از گلدهی، علاوه بر تأثیر نامطلوب بر عملکرد، سبب کاهش جذب عناصر غذایی نیز خواهد شد. برای کاهش اثرات مضر تنش آبی پس از گلدهی در این مناطق و توسعه فعالیت ریشه‌ها و در نهایت افزایش محتوای عناصر غذایی باید به‌دنبال راه‌کاری مناسب بود. باکتری آزوسپیریلوم *brasilense* (Azospirillum *brasilense*) یکی از مهم‌ترین ریزجانداران آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن در خاک مناطق گرمسیری است. نتایج بسیاری از پژوهش‌ها (Amoo-Aghaie *et al.*, 2003; Hadi *et al.*, 2012; Arzanesh *et al.*, 2013) گویای آن است که آزوسپیریلوم به‌کمک تثبیت زیستی نیتروژن، تولید هورمون‌های رشد و برخی از ویتامین‌ها سبب گسترش سطح ریشه شده و بنابراین در کاهش اثرات سوء تنش آبی نقش به‌سزایی دارد. از این‌رو، استفاده از آن‌ها به‌تنهایی و یا در تلفیق با کودهای شیمیایی نیتروژنه می‌تواند در جذب بهینه آب و عناصر فلزی و غیرفلزی به‌ویژه در شرایط تنش آبی مؤثر باشد. برخی از پژوهش‌گران (Biari *et al.*, 2008; Rajaei *et al.*, 2007; Goteti *et al.*, 2013) در رابطه با تأثیر باکتری‌های محرک رشد بر محتوای عناصر غذایی در گیاهان مختلف

نشان داده‌اند که کاربرد آن‌ها اثرات مثبت و معنی‌داری بر محتوای عناصر غذایی فلزی و غیرفلزی کم‌مصرف و پرمصرف در شرایط مطلوب رطوبتی داشته‌است و غلظت عناصر در دانه و کاه و در نتیجه محتوای عناصر را در این شرایط بهبود داده‌اند. در دو پژوهش (Abbaszadeh dahaji *et al.*, 2017; Biari *et al.*, 2008) نتایج نشان داد که حضور باکتری محرک رشد باعث افزایش محتوای عناصر کم‌مصرف دانه در گیاه ذرت شد. همچنین Arzanesh *et al.* (2013) نشان دادند که باکتری آزوسپیریلوم اثر معنی‌داری بر محتوای عناصر کم‌مصرف در گیاه کلزا داشت. در پژوهشی دیگر بر روی جو، نتایج نشان داد که کاربرد کود زیستی (نیتروکسین و بارور ۲) در شرایط مطلوب و تنش آبی بر جذب عناصر غذایی کم‌مصرف تأثیر مثبت داشت (Maleki-farahani *et al.*, 2010).

از دیگر روش‌های کاهش اثرات منفی تنش آبی و یا به تأخیرانداختن آن، افزودن بقایای گیاهی به خاک مزرعه است. افزودن بقایای گیاهی به خاک ظرفیت نگهداری رطوبت خاک را افزایش داده و سبب کاهش اثرات مخرب تنش آبی بر گیاهان و میکروارگانیسم‌های مفید خاک می‌شود. بقایای گیاهی هم‌چنین بر میزان عناصر موجود در خاک و به سبب افزایش محتوای رطوبتی خاک بر قابلیت جذب آن‌ها تأثیرگذار است (Sadeghi, 2007; Khamadi *et al.*, 2015; Shahpari *et al.*, 2016). هم‌چنین، حضور بقایای گیاهی در خاک علاوه بر تأمین هیدروکربن مورد نیاز میکروارگانیسم‌ها، رطوبت کافی را در شرایط تنش برای تجزیه بقایا و آزادسازی عناصر غذایی موجود در آن‌ها فراهم آورده و خاک را حاصلخیز می‌کند (Sadeghi, 2007; Khamadi *et al.*, 2015; Khosravi, 2015). با وجود همه مزایای مذکور کشاورزان مبادرت به سوزاندن یا خارج کردن بقایای

تأثیر کود نیتروژن و بقایای گیاهی بر عملکرد و محتوای عناصر غذایی کم‌مصرف گیاه جو تحت شرایط کم آبیاری

۲. مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر کود نیتروژن و بقایای گیاهی بر محتوای عناصر غذایی کم‌مصرف در گیاه جو تحت شرایط تنش کم‌آبیاری در منطقه داراب، عملیات زراعی در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب- دانشگاه شیراز (طول جغرافیای ۵۴ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی و با ارتفاع ۱۱۸۰ متری از سطح دریا) به‌صورت اسپلینت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ اجرا شد. منطقه داراب دارای آب‌وهوای خشک است. میانگین دراز مدت بارندگی سالیانه این منطقه ۲۵۰ میلی‌متر است که این مقدار بارندگی به‌طور عمده در مرحله رشد رویشی گیاه در فصل پاییز و زمستان رخ می‌دهد. وضعیت آب‌وهوایی منطقه در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در جدول (۱) آمده است. جدول (۲) نتایج آزمون خاک را نشان می‌دهد.

گیاهی از مزارع می‌کنند. هم‌چنین، تجزیه سریع‌تر بقایا به‌دلیل شرایط اقلیمی گرم جنوب ایران موجب کاهش مقدار مواد آلی اکثر خاک‌های جنوبی ایران شده است. این روند حاصلخیزی خاک‌ها، ظرفیت نگهداری رطوبت، عناصر موجود در خاک و سایر ویژگی‌های مطلوب خاک را کاسته است (Shahpari et al., 2016).

با وجود مشکلات مذکور، مطالعات اندکی در رابطه با اثرات بقایای گیاهی و کاربرد هم‌زمان آن با باکتری آزوسپیریلوم بر محتوای عناصر غذایی کم‌مصرف در گیاه جو تحت شرایط تنش کم‌آبیاری به‌ویژه در شرایط گرم و خشک جنوب استان فارس انجام گرفته است. بنابراین، هدف از انجام این پژوهش بررسی اثرات بقایای گندم و کاربرد باکتری آزوسپیریلوم به‌تنهایی و در تلفیق با کود نیتروژن در شرایط تنش آبی پس از گلدهی بر محتوای عناصر غذایی کم‌مصرف (آهن، منگنز، مس و روی) و عملکرد در گیاه جو بود.

جدول ۱. وضعیت آب و هوایی منطقه در سال زراعی ۹۷ - ۱۳۹۶

ماه	بارندگی (mm)	بیشینه دما (°C)	کمینه دما (°C)	رطوبت نسبی (%)	تبخیر و تعرق (mm)	طول دوره روشنائی (h)
مهر	۰/۰	۳۳/۰	۱۵/۹	۲۸/۰	۱۸۱/۸	۳۱۰/۹
آبان	۱/۹	۲۷/۴	۹/۵	۳۵/۵	۱۱۳/۳	۲۸۴/۴
آذر	۲۶/۲	۱۹/۵	۴/۷	۵۴/۵	۵۵/۰	۲۳۱/۲
دی	۱/۳	۲۰/۱	۳/۳	۴۵/۵	۵۵/۰	۲۷۳/۲
بهمن	۰/۴	۲۱/۴	۴/۵	۳۹/۵	۷۶/۵	۲۷۷/۶
اسفند	۶۲/۰	۲۲/۵	۸/۶	۴۹/۵	۸۶/۰	۲۳۹/۲
فروردین	۶/۴	۲۸/۶	۱۲/۱	۳۷/۵	۱۶۳/۳	۲۹۰/۳
اردیبهشت	۱/۷	۳۲/۲	۱۶/۹	۳۱/۵	۲۴۷/۲	۲۸۷/۷
خرداد	۰/۲	۳۹/۶	۲۲/۱	۲۲/۰	۳۰۶/۱	۲۵۷/۱
تیر	۰/۰	۴۱/۷	۲۶/۹	۱۹/۵	۴۲۸/۰	۳۶۷/۳
مرداد	۰/۰	۴۱/۸	۲۷/۳	۲۰/۵	۴۰۲/۸	۳۵۶/۰
شهریور	۴/۷	۳۹/۵	۲۳/۴	۲۷/۰	۳۱۱/۱	۳۲۵/۵

باکتری آزوسپیریلوم براسیلنس (*Azospirillum brasilense*) [ویژگی‌ها: تولید IAA: ۱۴/۵۴ (میلی‌گرم بر کیلوگرم)، حل فسفر نا محلول: ۸/۷۹ (میلی‌گرم بر لیتر)، مقدار اتیلن تولیدشده: ۱۴/۳۰ (نانو مول بر ساعت بر میلی‌لیتر)، تولید سیدروفور: ۸/۲۰ (قطر هاله به کلونی)] مورد استفاده در این پژوهش از مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شد. قبل از کاشت براساس روش‌های موجود تلقیح بذرها با باکتری آزوسپیریلوم در محیط آزمایشگاهی انجام شد. جهت آماده‌سازی کرت‌ها و جلوگیری از نشت جانبی آب و کود نیتروژن اطراف هر کرت فرعی پشته‌ای به عرض نیم متر فاصله ایجاد شد. برای اطمینان بیش‌تر از عدم حرکت جانبی آب و نیتروژن، فاصله بین کرت‌های اصلی (آبیاری مطلوب و تنش آبی) دو متر در نظر گرفته شد. اندازه کرت‌های فرعی ۲×۳ مترمربع بود. با توجه به نتایج آزمون خاک کود سوپرفسفات‌تریپل (۵۰ کیلوگرم بر هکتار) قبل از کاشت به‌صورت نواری زیر بذر استفاده شد. بذر جو (رقم زهک) (رقم جو آبی با سازگاری وسیع و مناسب برای کشت در مناطق گرم جنوب کشور) از مؤسسه 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 ردیف به طول ۳ متر براساس مقدار توصیه‌شده (۴۰۰ بذر در متر مربع) کاشته شد. مقدار آب استفاده شده در شرایط مطلوب رطوبتی و تنش آبی به‌ترتیب ۵۴۷۶ و ۳۱۷۶ مترمکعب بر هکتار بود که به‌ترتیب در ۱۱ و ۷ نوبت آبیاری بکار رفت.

جهت اندازه‌گیری غلظت عناصر کم‌مصرف دانه و کاه پس از برداشت اندام هوایی و دانه جو و خشک‌کردن آن‌ها در آون به‌مدت ۷۲ ساعت، ماده خشک اندام هوایی و دانه، توسط آسیاب برقی پودر شده و سپس ۱ گرم از آن در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد،

تیمارها در این پژوهش شامل دو سطح آبیاری به‌عنوان عامل اصلی [۱- مطلوب: آبیاری براساس نیاز آبی گیاه تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک و ۲- تنش آبی: آبیاری براساس نیاز آبی گیاه تا انتهای مرحله‌ی گلدهی (قطع آبیاری پس از مرحله گلدهی)] بود. عامل‌های فرعی شامل دو سطح بقایای گیاهی [۱- بدون بقایا و ۲- برگرداندن ۳۰ درصد بقایای گیاهی گندم (با توجه به مطالعات پیشین) به خاک و چهار منبع کودی ۱- شاهد: بدون کود، ۲- کود نیتروژن: کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌صورت اوره با توجه به آزمون خاک، ۳- کود تلفیقی: استفاده تلفیقی از باکتری آزوسپیریلوم (*Azospirillum brasilense*) و نیتروژن به مقدار نصف نیاز نیتروژنی گیاه (۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌صورت اوره و ۴- کود زیستی: تلقیح بذرها با باکتری آزوسپیریلوم)] بود.

جدول ۲. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

ویژگی	واحد	مقدار
شن	(%)	۳۸/۱۲
سیلت	(%)	۴۴
رس	(%)	۱۷/۸۸
کربن آلی	(%)	۰/۹۷
ماده آلی	(%)	۱/۶۸
قابلیت هدایت الکتریکی	(dS m ⁻¹)	۱/۰۹
اسیدیته اشباع		۷/۴۲
نیتروژن کل	(%)	۰/۰۸
پتاسیم قابل استفاده	(mg kg ⁻¹)	۳۲۰
فسفر قابل استفاده	(mg kg ⁻¹)	۱۰
آهن قابل استفاده	(mg kg ⁻¹)	۵/۶۷
منگنز قابل استفاده	(mg kg ⁻¹)	۱۶/۷۲
مس قابل استفاده	(mg kg ⁻¹)	۱/۶۹
روی قابل استفاده	(mg kg ⁻¹)	۰/۶۶

تأثیر کود نیتروژن و بقایای گیاهی بر عملکرد و محتوای عناصر غذایی کم مصرف گیاه جو تحت شرایط کم آبیاری

تلفیقی محتوای مس دانه را به طور معنی دار و به ترتیب به مقدار ۴۶ و ۷۴ درصد افزودند (جدول ۴). به طور کلی، می توان گفت که تقریباً در شرایط آبیاری مطلوب روند تغییرات محتوای مس دانه در واکنش به کود نیتروژن و تلفیقی در شرایط حضور و عدم حضور بقایا مشابه بود، به طوری که بیشترین واکنش محتوای مس دانه نسبت به شاهد مربوط به تیمار کود تلفیقی و به دنبال آن کود نیتروژن و کمترین میزان واکنش مربوط به کود زیستی بود (جدول ۴). در شرایط تنش آبی، واکنش به کاربرد کود نیتروژن، کود تلفیقی و کود زیستی در شرایط حضور و عدم حضور بقایا بیش تر از شرایط آبیاری مطلوب بود. به طوری که در شرایط عدم حضور بقایا، کاربرد کود نیتروژن، کود تلفیقی و کود زیستی محتوای مس دانه را به ترتیب به مقدار ۱۳۴، ۱۰۴ و ۸۷ درصد و به طور معنی دار نسبت به شاهد افزودند و در شرایط حضور بقایا این افزایشها به ترتیب ۴۸، ۷۵ و ۱۸ درصد نسبت به شاهد بود که در تیمارهای کود نیتروژن و کود تلفیقی معنی دار بود (جدول ۴). تنش آبی محتوای مس دانه را در همه تیمارهای کودی در شرایط حضور و عدم حضور بقایا (به جز در شرایط عدم استفاده از کود نیتروژن و بقایای گیاهی و هم چنین، در شرایط استفاده از کود زیستی و بقایای گیاهی که افزایش جزئی و غیر معنی داری نشان داد) نسبت به شرایط مطلوب رطوبتی کاست (جدول ۴).

نتایج پژوهشی روی ذرت نشان داد که استفاده از باکتری آزوسپیریلوم باعث افزایش محتوای مس شد (Nezarat & Gholami, 2010). هم چنین، در پژوهشی دیگر (Biari et al., 2008) نتایج نشان داد که حضور باکتری محرک رشد باعث افزایش محتوای مس دانه در گیاه ذرت شد که با پژوهش حاضر هم خوانی دارد.

خاکستر و بعد از حل در اسید کلریدریک ۲ نرمال از کاغذ صافی عبور داده شد و سپس توسط آب مقطر به حجم رسانده شد. در عصاره حاصل، غلظت عناصر آهن، منگنز، مس و روی به وسیله دستگاه جذب اتمی (AAS; PG 990 PG Instruments Ltd. UK) اندازه گیری شد. محتوای عناصر غذایی در اندام هوایی و دانه از حاصل ضرب وزن خشک در غلظت آنها محاسبه شد.

تجزیه آماری داده ها

پس از اطمینان از نرمال بودن داده ها، تجزیه آماری داده ها با استفاده از نرم افزار SAS (نسخه ۹/۱) (SAS Institute, 2004) صورت گرفت و میانگینها با استفاده از آزمون کمترین اختلاف معنی دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند. رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel صورت گرفت.

۳. نتایج و بحث

۳.۱. محتوای مس دانه

محتوای مس دانه به طور معنی داری (در سطح احتمال ۵ درصد) تحت تأثیر برهم کنش منبع نیتروژن × بقایای گیاهی × رژیم آبیاری قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین محتوای مس دانه در تیمار آبیاری مطلوب، حفظ بقایا و کود تلفیقی (۲۸/۵ گرم بر هکتار) و کمترین محتوای مس دانه نیز در تیمار تنش آبی، حذف بقایا و شاهد نیتروژن (۹/۹ گرم بر هکتار) به دست آمد (جدول ۴).

در شرایط آبیاری مطلوب و حذف بقایا تیمارهای کود نیتروژن، کود تلفیقی و کود زیستی محتوای مس دانه را به ترتیب به میزان ۵۵، ۷۲ و ۴۹ درصد نسبت به شاهد افزایش معنی دار دادند (جدول ۴). هم چنین، در شرایط استفاده از بقایا نیز تیمارهای کود نیتروژن و

جدول ۳. تجزیه واریانس محتوای مس دانه (گرم بر هکتار)، محتوای مس شاخساره (گرم بر هکتار)، محتوای منگنز دانه (گرم بر هکتار)، محتوای منگنز شاخساره (گرم بر هکتار)، محتوای روی دانه (گرم بر هکتار)، محتوای روی شاخساره (گرم بر هکتار)، محتوای آهن دانه (گرم بر هکتار)، محتوای آهن شاخساره (گرم بر هکتار)، عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار)، عملکرد شاخساره (کیلوگرم بر هکتار) و شاخص برداشت (درصد)

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییرات
محتوای مس دانه	محتوای مس شاخساره	محتوای منگنز دانه	محتوای منگنز شاخساره		
۶۹/۸۶ns	۷۸۵۷/۶۰**	۷/۷۶ns	۲۱۷/۸۴**	۲/۶۷ns	۲ تکرار
۱۲۶۹۱/۹۸ns	۲۰۷۰۱/۲۸ns	۷۸۱/۶۹ns	۶۳۶/۱۴۶ns	۲۳۶/۱۴ns	۱ رژیم آبیاری (آبیاری)
۳۰۵۱/۴۱	۲۸۹۹/۴۱	۱۶۰/۷۱۲	۳۹/۱۹	۱۲۵/۷۵	۲ خطای (الف)
۱۴۱۸/۷۹*	۳۰۵۴۷/۳۴**	۷۰/۴ns	۲۲۳/۱۳**	۵۳/۵۹**	۱ بقایا
۴۴۹۴/۵۸**	۶۳۷۱۶/۸۹**	۲۳۲/۸۷**	۳۳۰/۰۷**	۲۶۲/۸۶**	۳ منبع کود نیتروژن (کود)
۶۹۹/۳۶ns	۴۸/۴۸ns	۱/۲۳ns	۴/۵۶ns	۲۹/۲۱*	۱ آبیاری × بقایا
۱۹۴۱/۶۹**	۲۴۱۵/۹۱*	۲۵/۴۶ns	۸۲/۹۵**	۱۹/۶۵*	۳ آبیاری × کود
۱۴۳/۸۲ns	۳۴۱۴/۰۸**	۴۰/۷۵ns	۸/۶۷ns	۵۳/۱۰*	۳ بقایا × کود
۷۷۴/۰۳*	۲۳۵۰/۷۰*	۱۱/۰۵ns	۴/۸۶ns	۲۱/۲۹*	۳ آبیاری × بقایا × کود
۲۱۲/۲۹	۶۸۷/۲۵	۲۲/۵۶	۱۶۰/۷	۵/۷۰	۲۸ خطای (ب)
۱۵/۶۵	۱۶/۴۶	۲۱/۱۲	۲۳/۲۴	۱۳/۰۸	۲۸ ضریب تغییرات (درصد)

ns، *، **، *** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیرمعنی‌دار.

ادامه جدول ۳. تجزیه واریانس محتوای مس دانه (گرم بر هکتار)، محتوای مس شاخساره (گرم بر هکتار)، محتوای منگنز دانه (گرم بر هکتار)، محتوای منگنز شاخساره (گرم بر هکتار)، محتوای روی دانه (گرم بر هکتار)، محتوای روی شاخساره (گرم بر هکتار)، محتوای آهن دانه (گرم بر هکتار)، محتوای آهن شاخساره (گرم بر هکتار)، عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار) و عملکرد شاخساره (کیلوگرم بر هکتار) و شاخص برداشت (درصد)

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییرات	
شاخص برداشت	عملکرد شاخساره	عملکرد دانه	محتوای آهن شاخساره			
۸۰/۰۶ns	۴۵۳۱۰۳۶**	۲۱۲۰۸۷ns	۳۴۴۲۹/۰۱**	۱۹۵۸/۷۰ns	۴۸۰/۷۳**	۲ تکرار
۱۹/۷۶ns	۳۰۳۲۵۹۴۴*	۱۷۰۹۶۹۵۹ns	۲۵۵۳۶/۳۴ns	۵۱۸۹۴/۱۶ns	۲۱۰۴/۳۸ns	۱ رژیم آبیاری (آبیاری)
۱۹۸/۹۶	۲۲۲۴۳۰۸	۲۸۷۹۸۲۷	۱۰۰۰۹/۵۱	۱۱۹۰۵/۳۳	۲۴۵/۶۶	۲ خطای (الف)
۴۲/۱۱ns	۲۳۵۷۷۵۳*	۸۷۰۵۰ns	۲۰۷۷۹۷/۳۰**	۲۹۲۵/۲۲ns	۴۰۶/۶۵*	۱ بقایا
۷۶/۳۱ns	۸۲۵۶۶۵۱**	۲۲۸۵۹۱۶**	۱۹۹۶۶۵/۵۹**	۸۸۲۵/۳۳**	۵۳۴/۷۰**	۳ منبع کود نیتروژن (کود)
۲۴/۲۷ns	۴۳۱۸۶۰ns	۱۶۲۱۹ns	۱۰۳۷۲/۴۷ns	۵۰/۴۹ns	۲/۱۸ns	۱ آبیاری × بقایا
۴۵/۳۰ns	۵۹۶۴۷۷ns	۱۳۹۵۳۵۵**	۳۶۹۳/۱۸ns	۶۹۸۴/۵۲**	۶۱۸/۱۶**	۳ آبیاری × کود
۵/۳۱ns	۱۳۳۹۴۰ns	۱۴۸۹۹۵ns	۱۸۹۴۷/۳۲**	۵۰۳۵/۲۲**	۱۳۴/۹۵ns	۳ بقایا × کود
۲۴/۳۷ns	۴۲۵۹۲۰ns	۵۸۷۸۳۶ns	۳۶۹۳/۱۱ns	۵۴۵۵/۸۲**	۵۷۳/۷۶**	۳ آبیاری × بقایا × کود
۲۹/۴۶	۴۰۷۴۲۵	۲۰۶۵۴۴	۲۹۳۵/۱۷	۸۸۵/۶۵	۸۶/۹۹	۲۸ خطای (ب)
۱۳/۷۲	۱۵/۵۶	۱۶/۹۴	۱۶/۴۸	۲۲/۹۷	۱۹/۶۲	۲۸ ضریب تغییرات (درصد)

ns، *، **، *** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیرمعنی‌دار.

تأثیر کود نیتروژن و بقایای گیاهی بر عملکرد و محتوای عناصر غذایی کم مصرف گیاه جو تحت شرایط کم آبیاری

جدول ۴. برهم کنش رژیم آبیاری × بقایا × منبع کود بر محتوای مس دانه، محتوای منگنز شاخساره، محتوای روی دانه، محتوای روی شاخساره و محتوای آهن دانه

رژیم آبیاری	بقایا	منبع کود	محتوای مس دانه (g.ha ⁻¹)	محتوای منگنز شاخساره (g.ha ⁻¹)	محتوای روی دانه (g.ha ⁻¹)	محتوای روی شاخساره (g.ha ⁻¹)	محتوای آهن دانه (g.ha ⁻¹)
		شاهد	۱۴/۴ghij	۱۱۸/۸efgh	۱۲۶/۷a	۳۵/۸efgh	۹۳/۰efgh
	بدون کود نیتروژن	££	۲۲/۳bcd	۳۳۴/۶a	۱۲۵/۰a	۹۸/۶a	۱۲۰/۹def
	بقایا	تیمار تلفیقی	۲۴/۸ab	۲۲۸/۴b	۱۲۶/۴a	۵۱/۴bcd	۲۸۸/۸ab
آبیاری	تیمار زیستی	¥¥	۲۱/۴bcd	۱۳۵/۳defg	۹۶/۵bcd	۴۱/۷cdef	۲۳۴/۳a
مطلوب	شاهد	£	۱۶/۴efgh	۹۷/۲ghij	۱۰۶/۸abc	۴۲/۱cdef	۱۶۴/۸cd
	با کود نیتروژن	££	۲۳/۹bc	۲۴۱/۷b	۱۱۹/۶ab	۹۰/۰a	۱۳۹/۵cde
	بقایا	تیمار تلفیقی	۲۸/۵a	۱۸۴/۴c	۹۸/۰bcd	۵۱/۱bcde	۱۳۶/۵cde
	تیمار زیستی	¥¥	۱۲/۱ijk	۱۰۲/۱fghi	۷۶/۲de	۲۲/۵gh	۱۸۱/۹bc
	شاهد	£	۹/۹k	۱۵۶/۷cde	۴۵/۰f	۵۵/۵bc	۵۱/۴h
	بدون کود نیتروژن	££	۲۳/۱bc	۲۶۹/۸b	۱۲۳/۰a	۶۱/۱b	۱۶۲/۳cd
	بقایا	تیمار تلفیقی	۲۰/۱cde	۱۴۱/۵cdef	۹۱/۵cd	۳۳/۷fgh	۱۳۱/۳de
تنش	تیمار زیستی	¥¥	۱۸/۴def	۹۱/۰hij	۵۴/۵ef	۲۵/۹gh	۷۷/۱fgh
آبی	شاهد	£	۱۰/۵jk	۵۴/۴z	۴۹/۳f	۲۱/۲h	۵۷/۰gh
	با کود نیتروژن	££	۱۵/۶fghi	۱۷۷/۲cd	۸۶/۰cd	۶۲/۴b	۹۲/۲efgh
	بقایا	تیمار تلفیقی	۱۸/۴defg	۱۴۸/۹cde	۱۰۴/۵abc	۳۷/۷defg	۱۰۳/۳efg
	تیمار زیستی	¥¥	۱۲/۴hijk	۶۸/۷ij	۶۱/۲ef	۲۹/۸fgh	۹۸/۹efgh

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون کم‌ترین تفاوت معنی‌دار (LSD)، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند. £: شاهد؛ ££: ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، ¥¥: ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، ¥: تیمار تلفیقی؛ باکتری آزوسپیریوم + ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و ¥¥: تیمار زیستی؛ باکتری آزوسپیریوم.

با افزایش سطح رطوبتی خاک میزان جذب عناصر به صورت معنی‌داری در گیاه گندم افزایش یافت. در شرایط آبیاری مطلوب حضور بقایا در تیمارهای کود نیتروژن و کود تلفیقی به ترتیب ۷ و ۱۵ درصد افزایش در محتوای مس دانه ایجاد کرد (جدول ۳)، که با نتایج Khamadi et al. (2015) هم‌خوانی دارد. کاربرد بقایا با کیفیت و حجم متناسب با نیتروژن خاک باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک می‌شود.

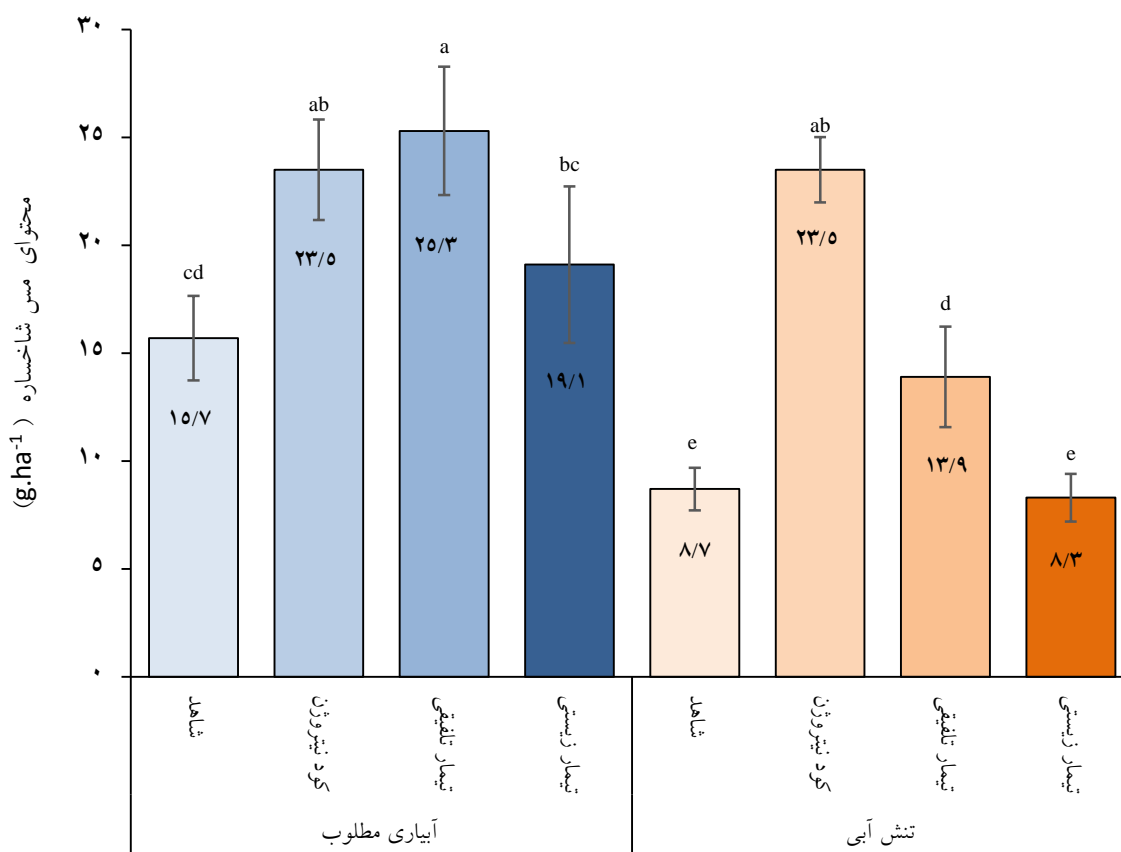
Arzanesh et al. (2013) نشان دادند که باکتری آزوسپیریوم اثر معنی‌داری بر محتوای مس در گیاه کلزا داشت هم‌چنین، آن‌ها بیان کردند که تلفیق گیاهان با باکتری محرک رشد موجب تسهیل جذب عناصر می‌شود Rafiee et al. (2004) در پژوهشی نشان دادند که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار محتوای مس در دانه ذرت شد. در مقابل، Heidari & Jahantighi (2014) نشان دادند که تنش خشکی باعث افزایش محتوای مس در سیاهدانه شد. نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش Rejali et al. (2007) نشان داد که

درصد) تحت تأثیر برهم‌کنش تیمار آبیاری × منبع کود نیتروژن قرار گرفت (جدول ۳). بیش‌ترین محتوای مس شاخساره (۲۵/۳ گرم بر هکتار) در تیمار آبیاری مطلوب و کود تلفیقی و کم‌ترین محتوای مس شاخساره (۸/۳ گرم بر هکتار) در تیمار تنش آبی و تیمار زیستی مشاهده شد (شکل ۱). برهم‌کنش رژیم آبیاری در منبع کود نشان داد که در شرایط آبیاری مطلوب، کاربرد کود نیتروژن، کود تلفیقی و کود زیستی محتوای مس شاخساره را به ترتیب به مقدار ۵۰، ۶۱ و ۲۲ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند که این افزایش‌ها در تیمارهای کود نیتروژن و تلفیقی معنی‌دار بود (شکل ۱).

در واقع در این شرایط، بقایا منجر به کاهش pH خاک در حین تجزیه می‌شود که در نتیجه حلالیت کانی‌ها را افزایش داده و جذب سطحی را می‌کاهد در نتیجه شرایط را برای جذب بهتر عناصر توسط گیاه گندم فراهم می‌شود. هم‌چنین بقایا در کمپلکس‌کردن مس و جلوگیری از رسوب مس در محلول خاک تأثیرگذار است (Khamadi et al., 2015).

۲.۳. محتوای مس شاخساره

محتوای مس شاخساره به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال ۱



شکل ۱. اثر برهم‌کنش رژیم آبیاری × منبع کود نیتروژن بر محتوای مس شاخساره. میانگین‌های با حروف مشابه براساس آزمون کم‌ترین تفاوت معنی‌دار (LSD)، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند. شاهد: صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار، کود نیتروژن: ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، تیمار تلفیقی: باکتری آزوسپیریلوم + ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تیمار زیستی: باکتری آزوسپیریلوم. اعداد روی ستون‌ها مقدار هر میانگین و بارها خطای استاندارد را نشان می‌دهند.

باکتری محرک رشد بر جذب و انتقال عناصر تأثیر مثبتی دارد (Hajeeboland *et al.*, 2004). محتوای مس شاخساره به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال ۱ درصد) تحت تأثیر اثر بقایا قرار گرفت (جدول ۳). محتوای مس شاخساره در شرایط بدون بقایا و با بقایا به‌ترتیب ۱۹/۴ و ۱۵/۱ گرم بر هکتار بود و حضور بقایا باعث کاهش معنی‌دار محتوای مس شاخساره به مقدار ۲۲ درصد شد. مطالعات Khamadi *et al.* (2015) نشان داد که کم‌ترین محتوای مس در دانه گندم از تیمار کاربرد ۱۰۰ درصد کاه گندم حاصل شد. آن‌ها بیان داشتند که اضافه‌کردن بقایای گیاهی با نسبت کربن به نیتروژن بالا کمبود مس را به‌دلیل تشکیل کمپلکس‌های نامحلول با ترکیبات آلی آزادشده از تجزیه بقایا، رقابت برای مس قابل‌استفاده با جمعیت تکثیر یافته میکروبی و محدودشدن توسعه ریشه و توانایی جذب مس تشدید می‌کنند.

۳.۳. محتوای منگنز دانه

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که محتوای منگنز دانه به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد تحت تأثیر کاربرد کود نیتروژن قرار گرفت. مصرف کود نیتروژن (۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)، تیمار تلفیقی (آزوسپیریوم + ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) و تیمار زیستی (آزوسپیریوم) مقدار محتوای منگنز دانه را به‌ترتیب به میزان ۵۶، ۲۳ و ۱۷ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند که این افزایش‌ها در مورد تیمار کود نیتروژن و تلفیقی معنی‌دار بود (جدول ۵).

بالاترین محتوای منگنز دانه (۲۷/۲ گرم بر هکتار) مربوط به تیمار کود نیتروژن و کم‌ترین محتوای منگنز دانه (۱۷/۴ گرم بر هکتار) مربوط به شاهد بود. Khamadi *et al.* (2015) نشان دادند که با افزایش سطح کود نیتروژن محتوای منگنز در گیاه گندم افزایش یافت. در آزمایش

در شرایط تنش آبی محتوای مس شاخساره در تیمار کود نیتروژن و تیمار تلفیقی به‌طور معنی‌داری به‌ترتیب به مقدار ۱۷۰ و ۶۰ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت، اما همانند شرایط مطلوب رطوبتی، کاربرد کود زیستی تأثیر معنی‌داری بر مقدار محتوای مس شاخساره نداشت (شکل ۱). نکته قابل‌توجه در مقایسه شرایط آبیاری مطلوب و تنش آبی این است که تنش آبی تغییری در محتوای مس شاخساره در تیمار کود نیتروژن ایجاد نکرد. اما در بقیه تیمارهای کودی باعث کاهش معنی‌دار نسبت به آبیاری مطلوب شد (شکل ۱). در پژوهشی روی ذرت تنش آبی باعث کاهش محتوای مس شاخساره شد (Rafiee 2004). Heidari & Jahantighi (2014) نشان دادند که استفاده و مصرف کود نیتروژن اثر افزایشی بر مقدار محتوای مس در سیاه‌دانه داشت و آن‌ها بالاترین محتوای مس را در سطح ۹۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار گزارش کردند هم‌چنین، در آزمایش آن‌ها اثر متقابل آبیاری در کود نیتروژن معنی‌دار بود و بیش‌ترین محتوای مس در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی و ۶۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار بود که نشان از موفقیت سطوح بالای کود نیتروژن در شرایط تنش آبی دارد که با پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد. هم‌چنین، در پژوهشی دیگر روی جو نتایج نشان داد که استفاده از کود نیتروژن اثر افزایشی بر غلظت برخی عناصر داشت (Malekifarhani *et al.*, 2010). در شرایط مطلوب رطوبتی، برتری تیمار تلفیقی نسبت به کود نیتروژن را می‌توان به تولید اکسین توسط باکتری‌های آزوسپیریوم و در نتیجه افزایش طول و حجم ریشه گیاه نسبت داد که موجب افزایش محتوای عناصر از جمله مس در گیاه می‌شود (Sheng, 2005; Molina *et al.*, 2018). هم‌چنین، Arzanesh *et al.* (2013) نشان دادند که باکتری محرک رشد موجب تسهیل جذب عناصر کم مصرف در کلزا شد. در پژوهشی دیگر روی گندم نتایج نشان داد که

بیش‌ترین محتوای منگنز شاخساره در تیمار آبیاری مطلوب و حذف بقایا و کود نیتروژن (۳۳۴/۶) گرم بر هکتار) و کم‌ترین محتوای منگنز شاخساره نیز در تیمار تنش آبی و حفظ بقایا و شاهد نیتروژن (۵۴/۴) گرم بر هکتار) به‌دست آمد (جدول ۴).

در شرایط آبیاری مطلوب و حذف بقایا، تیمارهای کود نیتروژن، تیمار تلفیقی و تیمار زیستی محتوای منگنز شاخساره را به‌ترتیب به میزان ۱۸۲، ۹۲ و ۱۴ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند، اما این افزایش‌ها فقط در تیمار کود نیتروژن و تیمار تلفیقی معنی‌دار بود (جدول ۴). هم‌چنین، در شرایط استفاده از بقایا نیز روندی مشابه مشاهده شد و تیمارهای کود نیتروژن و تلفیقی و زیستی محتوای منگنز شاخساره را به‌ترتیب به مقدار ۱۴۹، ۸۸ و ۵ درصد نسبت به شاهد افزودند که این افزایش‌ها فقط در کود نیتروژن و تیمار تلفیقی معنی‌دار بود (جدول ۴). به‌طورکلی، بیش‌ترین واکنش محتوای منگنز شاخساره در شرایط حضور و عدم حضور بقایا نسبت به شاهد مربوط به تیمار کود نیتروژن و به‌دنبال آن تیمار تلفیقی و کم‌ترین میزان واکنش مربوط به تیمار زیستی بود (جدول ۴).

در شرایط تنش آبی و عدم حضور بقایا، کاربرد کود نیتروژن، به‌طور معنی‌دار محتوای منگنز شاخساره را به مقدار ۷۲ درصد افزایش داد. اما تیمار تلفیقی و تیمار زیستی محتوای منگنز شاخساره را به مقدار ناچیز و به‌ترتیب به مقدار ۱۰ و ۴۲ درصد نسبت به شاهد کاهش دادند (جدول ۴) در شرایط حضور بقایا محتوای منگنز شاخساره در تیمار کود نیتروژن، تیمار تلفیقی و تیمار زیستی به‌ترتیب ۲۲۶، ۱۷۴ و ۲۶ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت، که این افزایش‌ها فقط در تیمار کود نیتروژن و تیمار تلفیقی معنی‌دار بود (جدول ۴). در تأیید نتایج آزمایش حاضر، پژوهشی روی جو نتایج نشان داد که بالاترین محتوای منگنز از تیمار کود کامل شیمیایی حاصل شد (Malekifarhani et al.,

حاضر تیمار کود نیتروژن و تیمار تلفیقی تفاوت معنی‌داری با شاهد داشتند، اما از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. سایر مطالعات نیز نشان داده‌اند که استفاده از باکتری‌ها در کنار کود نیتروژنه سبب افزایش مقدار محتوای عناصر کم‌مصرف از جمله منگنز در گیاه جو شده است (Malekifarhani et al., 2010).

جدول ۵. اثرات رژیم آبیاری، منبع کود نیتروژن و بقایای گیاهی بر عملکرد شاخساره و محتوای منگنز دانه

محتوای منگنز	عملکرد	تیمار
(kg.ha ⁻¹)	(kg.ha ⁻¹)	
		رژیم آبیاری
a۲۶/۵	۴۸۹۵a	مطلوب
a۱۸/۵	b۳۳۰۶	تنش آبی
		منبع کود
b۱۷/۴	b۳۲۰۵	شاهد
a۲۷/۲	a۵۰۳۷	کود نیتروژن
a۲۴/۹	a۴۵۱۹	کود تلفیقی
b۲۰/۴	b۳۶۴۲	کود زیستی
		بقایا
a۲۲/۶	a۴۳۲۲	بدون بقایا
a۲۲/۴	b۳۸۷۹	با بقایا

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون کم‌ترین تفاوت معنی‌دار (LSD) اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند. ‡: شاهد: صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار، ††: کود نیتروژن: ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، ‡: کود تلفیقی: باکتری آزوسپیریوم + ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و ††: کود زیستی: باکتری آزوسپیریوم.

۳. ۴. محتوای منگنز شاخساره

محتوای منگنز شاخساره به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال ۵ درصد) تحت تأثیر برهم‌کنش منبع نیتروژن × بقایای گیاهی × رژیم آبیاری قرار گرفت (جدول ۳).

(جدول ۴). هم‌چنین، در شرایط استفاده از بقایا نیز روند مشابهی مشاهده شد. تیمارهای کود نیتروژن و تلفیقی تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشتند و تیمار زیستی محتوای روی دانه را به مقدار ۲۹ درصد و به‌طور معنی‌دار کاهش داد (جدول ۴). Heidari & Jahantighi (2014) نشان دادند که مصرف بالای سطوح کود در شرایط آبیاری مطلوب باعث کاهش محتوای روی در سیاه‌دانه شد. در پژوهشی روی جو نتایج نشان داد که در شرایط استفاده از کود کامل و آبیاری مطلوب محتوای روی دانه کاهش یافت (Malekifarhani et al., 2010). در شرایط تنش آبی و عدم حضور بقایا، کاربرد کود نیتروژن و تیمار تلفیقی به‌طور معنی‌دار محتوای روی دانه را به‌ترتیب به مقدار ۱۷۳ و ۱۰۳ درصد افزایش دادند، اما تیمار زیستی تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت (جدول ۳). در شرایط حضور بقایا، محتوای روی دانه در تیمار کود نیتروژن، تیمار تلفیقی و تیمار زیستی به‌ترتیب ۷۴، ۱۱۲ و ۲۴ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت، که این افزایش فقط در تیمار کود نیتروژن و تیمار تلفیقی معنی‌دار بود (جدول ۴). Heidari & Jahantighi (2014) نشان داد که تنش خشکی باعث افزایش محتوای روی در سیاه‌دانه شد. حضور بقایا در همه تیمارهای کودی در شرایط آبیاری مطلوب باعث کاهش محتوای روی دانه شد. اضافه‌کردن بقایای گیاهی با نسبت کربن به نیتروژن بالا باعث کمبود روی به‌دلیل رقابت بین جمعیت تکثیر یافته میکروبی جهت تجزیه بقایا می‌شود و کاهش توانایی جذب روی را باعث می‌شود (Khamadi et al., 2015). اما، در شرایط تنش آبی (به‌استثنای کود نیتروژن) باعث افزایش محتوای روی دانه شد (جدول ۴). این افزایش در شرایط تنش آبی را شاید بتوان به موفقیت باکتری در حضور بقایا و در شرایط تنش آبی نسبت داد (Khosravi, 2015; Arzanesh et al., 2010; Sarig et al., 1988;

2010). هم‌چنین در پژوهشی دیگر روی گندم نتایج نشان داد که بالاترین محتوای منگنز در تیمار کودی ۳۶۰ کیلوگرم نیتروژن حاصل شد. در واقع کود نیتروژن به‌دلیل کاهش pH محیط اطراف ریشه محتوای و قابلیت حلالیت منگنز را افزایش می‌دهد (Khamadi et al., 2015; Malekifarhani et al., 2010). هم‌چنین، Arzanesh et al. (2013) نشان دادند که باکتری آزوسپیریلوم تأثیر معنی‌داری بر محتوای منگنز در کلزا در شرایط تنش شوری داشت. به‌علاوه، Biari et al. (2008) نتایج مشابهی در گیاه ذرت در رابطه با افزایش محتوای منگنز تحت تأثیر باکتری آزوسپیریلوم در شرایط مطلوب نشان دادند. حضور بقایا در همه تیمارهای کودی چه در شرایط آبیاری مطلوب و چه در شرایط تنش (به‌جز کاربرد تیمار تلفیقی در شرایط تنش رطوبتی) باعث کاهش محتوای منگنز شاخساره شد (جدول ۳). در واقع می‌توان گفت که اضافه‌کردن بقایای گیاهی با نسبت کربن به نیتروژن بالا باعث کمبود منگنز به‌دلیل رقابت برای منگنز قابل استفاده بین جمعیت تکثیر یافته میکروبی می‌شود و کاهش توانایی جذب منگنز را تشدید می‌کند (Khamadi et al., 2015).

۳.۵. محتوای روی دانه

محتوای روی دانه به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال ۵ درصد) تحت تأثیر برهم‌کنش منبع نیتروژن × بقایای گیاهی × رژیم آبیاری قرار گرفت (جدول ۳). بیش‌ترین محتوای روی دانه در تیمار آبیاری مطلوب و حذف بقایا و شاهد نیتروژن (۱۲۶/۷ گرم بر هکتار) و کم‌ترین محتوای روی دانه نیز در تیمار تنش آبی و حذف بقایا و شاهد نیتروژن (۴۵ گرم بر هکتار) به‌دست آمد (جدول ۴).

در شرایط آبیاری مطلوب و حذف بقایا، تیمارهای کود نیتروژن و تیمار تلفیقی تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشتند و تیمار زیستی محتوای روی دانه را به‌طور معنی‌دار و به میزان ۲۴ درصد نسبت به شاهد کاهش داد

به‌طوری‌که در شرایط عدم حضور بقایا، کاربرد کود نیتروژن، باعث افزایش غیر معنی‌دار ۱۰ درصدی در محتوای روی شاخساره شد. تیمار تلفیقی و تیمار زیستی محتوای روی شاخساره را به‌طور معنی‌دار و به‌ترتیب به مقدار ۳۹ و ۵۳ درصد نسبت به شاهد کاستند. در شرایط حضور بقایا در همه تیمارهای کودی (کود نیتروژن، تیمار تلفیقی و زیستی) محتوای روی شاخساره به‌ترتیب ۱۴۱، ۴۶ و ۱۵ درصد افزایش داشت که این افزایش در تیمار نیتروژن و تلفیقی معنی‌دار بود (جدول ۴). Khamadi et al. (2015) نشان دادند که افزایش کود نیتروژن از ۱۵۰ تا ۳۶۰ کیلوگرم بر هکتار باعث افزایش ۱۶ درصدی محتوای روی دانه گندم شد. هم‌چنین، آن‌ها بیان کردند که نیتروژن می‌تواند قابلیت استفاده روی را از دو راه ممکن متأثر کند، با افزایش تشکیل پروتئین بعد از افزودن کود نیتروژن که می‌تواند منجر به نگهداری روی در ریشه‌ها به‌صورت کمپلکس روی- پروتئین و انتقال در گیاه شود. هم‌چنین، کودهای نیتروژنه می‌توانند منجر به اسیدی‌شدن محیط اطراف ریشه و افزایش قابلیت استفاده روی شوند.

۴.۲. محتوای آهن دانه

محتوای آهن دانه به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال ۱ درصد) تحت تأثیر برهم‌کنش منبع نیتروژن × بقایای گیاهی × رژیم آبیاری قرار گرفت (جدول ۳). بیش‌ترین محتوای آهن دانه در تیمار آبیاری مطلوب و حذف بقایا و تیمار زیستی (۳/۲۳۴ گرم بر هکتار) و کم‌ترین محتوای آهن دانه نیز در تیمار تنش آبی و حذف بقایا و شاهد نیتروژن (۴/۵۱ گرم بر هکتار) به‌دست آمد (جدول ۴). در شرایط آبیاری مطلوب و حذف بقایا، تیمارهای کود نیتروژن، تیمار تلفیقی و تیمار زیستی محتوای آهن دانه را به‌ترتیب به میزان ۳۰، ۱۴۶ و ۱۵۲ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند که این افزایش در تیمار تلفیقی و زیستی

(Hadi et al., 2012). هم‌چنین کاربرد بقایا در کنار باکتری خاک باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک در شرایط تنش آبی می‌شود. در واقع در این شرایط، بقایا منجر به کاهش pH خاک در حین تجزیه می‌شود که در نتیجه حلالیت کانی‌ها را افزایش داده و جذب سطحی را می‌کاهد در نتیجه شرایط را برای جذب بهتر عناصر توسط گیاه فراهم می‌شود (Khosravi, 2015; Khamadi et al., 2015).

۳.۶. محتوای روی شاخساره

محتوای روی شاخساره به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال ۱ درصد) تحت تأثیر برهم‌کنش منبع نیتروژن × بقایای گیاهی × رژیم آبیاری قرار گرفت (جدول ۳). بیش‌ترین محتوای روی شاخساره در تیمار آبیاری مطلوب و حذف بقایا و کود نیتروژن (۶/۹۸ گرم بر هکتار) و کم‌ترین محتوای روی شاخساره نیز در تیمار تنش آبی و حفظ بقایا و شاهد نیتروژن (۲/۲۱ گرم بر هکتار) به‌دست آمد (جدول ۴). در شرایط آبیاری مطلوب و حذف بقایا تیمارهای کود نیتروژن، تیمار تلفیقی و تیمار زیستی محتوای روی شاخساره را به‌ترتیب به میزان ۱۷۵، ۴۴ و ۱۶ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند، که در تیمار کود نیتروژن و تلفیقی این افزایش معنی‌دار بود (جدول ۴). هم‌چنین، در شرایط استفاده از بقایا نیز تیمارهای کود نیتروژن و تلفیقی محتوای روی شاخساره را به‌طور معنی‌داری به‌ترتیب به مقدار ۱۱۴ و ۲۲ درصد نسبت به شاهد افزودند که این افزایش‌ها فقط در تیمار کود نیتروژن معنی‌دار بود. در مقابل، تیمار زیستی سبب کاهش معنی‌دار مقدار محتوای روی شاخساره شد (جدول ۴). در شرایط تنش آبی، واکنش به کاربرد کود نیتروژن، تیمار تلفیقی و تیمار زیستی در شرایط حضور و عدم حضور بقایا روندی متفاوت نسبت به شرایط آبیاری مطلوب داشت.

(al., 2013). به همین خاطر است که در آزمایش حاضر در تیمارهای همراه با باکتری آزوسپیریلوم محتوای آهن به شدت بهبود یافته است. چه بسا که در تیمارهای زیستی (باکتری به تنهایی) نیز این شرایط بهتر بوده است.

۳.۸. محتوای آهن شاخساره

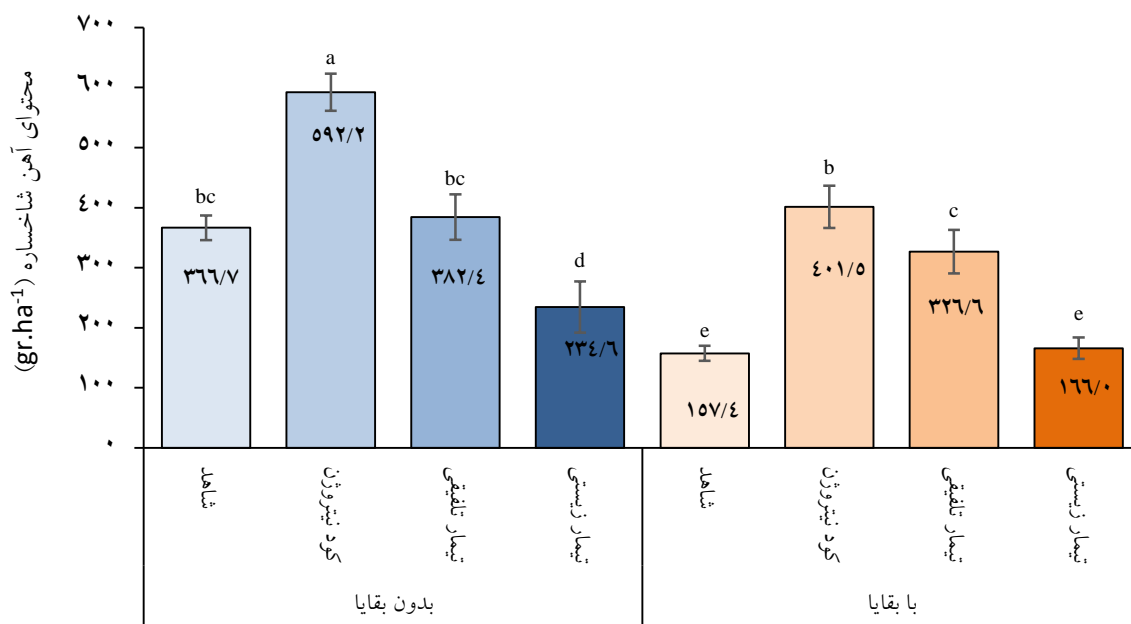
نتایج نشان داد که محتوای آهن شاخساره به طور معنی داری (در سطح احتمال ۱ درصد) تحت تأثیر برهم کنش تیمار بقایا × منبع کود نیتروژن قرار گرفت (جدول ۳).

بیشترین محتوای آهن شاخساره (۵۹۲/۲ گرم بر هکتار) در تیمار حذف بقایا و تیمار کود نیتروژن و کمترین آن (۱۵۷/۴۲ گرم بر هکتار) در تیمار حفظ بقایا و شاهد مشاهده شد (شکل ۲).

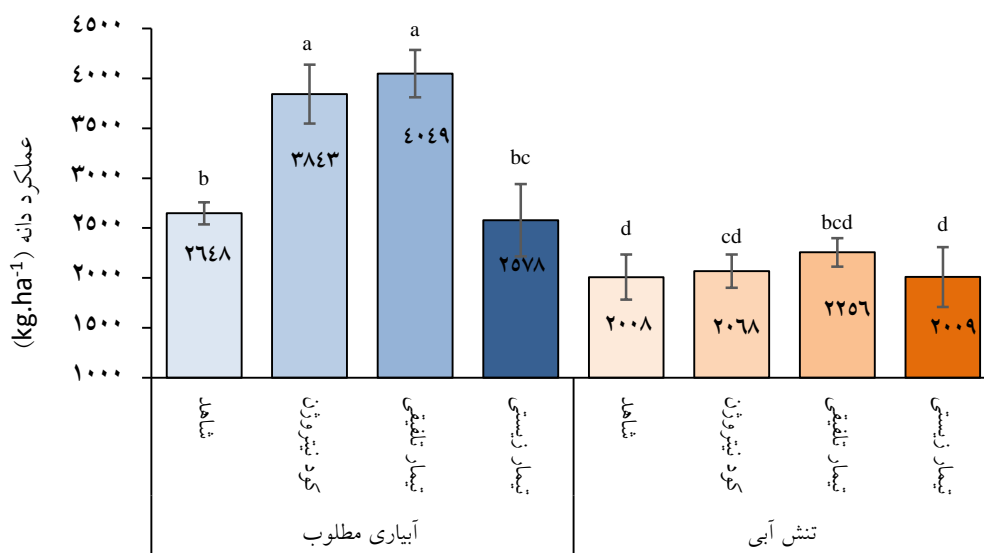
برهم کنش بقایا × منبع کود نیتروژن بر محتوای آهن شاخساره نشان داد که در شرایط حضور و عدم حضور بقایا، کاربرد کود نیتروژن و تیمار تلفیقی سبب افزایش محتوای آهن شاخساره نسبت به شرایط عدم کاربرد کود نیتروژن شد. میزان افزایش در حالت حضور بقایا در تیمار کود نیتروژن و تیمار تلفیقی به ترتیب (۱۵۵ و ۱۰۸) و در حالت حذف بقایا در کود نیتروژن و تیمار تلفیقی به ترتیب (۶۱، ۵ درصد) بود. تیمار زیستی در شرایط بدون بقایا سبب کاهش معنی دار مقدار محتوای نیتروژن شد، اما در شرایط با بقایا تأثیر معنی داری بر این صفت در مقایسه با شاهد نداشت (شکل ۲). با توجه به این که در آزمایش حاضر منبع نیتروژن مورد استفاده اوره بود، این ماده در اثر تجزیه در خاک به آمونیوم تبدیل شده و pH خاک را کاهش داده و منجر به افزایش حلالیت آهن و در نتیجه جذب بیشتر آهن توسط ریشه ها شد. Khamadi et al. (2015) نشان دادند که اثر کود نیتروژن بر محتوای آهن گندم معنی دار شد. آن ها بیان کردند که افزایش کود نیتروژن از ۱۵۰ تا ۳۶۰ کیلوگرم بر هکتار باعث افزایش غلظت آهن شد.

معنی دار بود (جدول ۴). در شرایط استفاده از بقایا، در تیمارهای کود نیتروژن و تلفیقی محتوای آهن دانه روند کاهشی و غیر معنی دار نسبت به شاهد داشت، اما تیمار زیستی هرچند غیر معنی دار، روندی افزایشی به میزان ۱۰ درصد را نشان داد (جدول ۴).

در شرایط تنش آبی، واکنش به کاربرد کود نیتروژن، تیمار تلفیقی و تیمار زیستی نسبت به شاهد در شرایط حضور و عدم حضور بقایا بیش تر از شرایط آبیاری مطلوب بود. به طوری که، در شرایط عدم حضور بقایا، کاربرد کود نیتروژن، تیمار تلفیقی و تیمار زیستی محتوای آهن دانه را به ترتیب به مقدار ۲۱۶، ۱۵۵ و ۵۰ درصد نسبت به شاهد افزودند که این افزایش در تیمار کود نیتروژن و تیمار تلفیقی معنی دار بود و در شرایط حضور بقایا اگرچه کاربرد کود نیتروژن (صرف نظر از منبع آن) سبب افزایش مقدار محتوای آهن دانه شد، اما این افزایش ها غیر معنی دار بود (جدول ۴). حضور بقایا در شرایط تنش آبی محتوای آهن دانه را در تیمار زیستی به میزان ۲۸ درصد افزود (جدول ۴). این افزایش را می توان به موفقیت باکتری در حضور بقایا که منبع ماده آلی مورد نیاز باکتری است در شرایط تنش آبی نسبت داد (Khosravi, 2015). منابع بسیاری (Biari et al., 2008; Rajaei et al., 2007; Arzanesh et al., 2013) در رابطه با تأثیر مثبت باکتری ها از جمله آزوسپیریلوم بر محتوای آهن در گیاهان مختلف وجود دارد که در همه آن ها باکتری باعث افزایش محتوای آهن شده است. محتوای عناصر کم مصرف به ویژه آهن ممکن است مربوط به توانایی تولید سیدروفور گیاهان یا سیدروفورهای میکروبی باشد. سیدروفورها، کلات ها یا ترکیبات آلی با وزن مولکولی پایین و با میل ترکیبی شدید و اختصاصی برای کمپلکس شدن با برخی کاتیون ها از جمله آهن هستند. گیاهان در واقع می توانند از سیدروفورهای تولید شده توسط باکتری ها به عنوان عاملی برای تأمین آهن مورد نیاز خود استفاده کنند (Arzanesh et



شکل ۲. اثر برهم کنش بقایای گیاهی × منبع نیتروژن بر محتوای آهن شاخساره. میانگین‌های با حروف مشابه براساس آزمون کم‌ترین تفاوت معنی‌دار (LSD)، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند. شاهد: صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار، کود نیتروژن: ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، تیمار تلفیقی: باکتری آزوسپیریوم + ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تیمار زیستی: باکتری آزوسپیریوم. اعداد روی ستون‌ها مقدار هر میانگین و بارها خطای استاندارد را نشان می‌دهند.



شکل ۳. اثر برهم کنش رژیم آبیاری × منبع نیتروژن بر عملکرد دانه. میانگین‌های با حروف مشابه براساس آزمون کم‌ترین تفاوت معنی‌دار (LSD)، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند. شاهد: صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار، کود نیتروژن: ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، تیمار تلفیقی: باکتری آزوسپیریوم + ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تیمار زیستی: باکتری آزوسپیریوم. اعداد روی ستون‌ها مقدار هر میانگین و بارها خطای استاندارد را نشان می‌دهند.

۳.۹. عملکرد دانه

نتایج نشان داد که برهم کنش تیمار رژیم آبیاری × منبع کود نیتروژن در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد دانه (۴۰۴۹ کیلوگرم بر هکتار) مربوط به تیمار آبیاری مطلوب و استفاده تلفیقی از باکتری و کود نیتروژن بود و کمترین عملکرد دانه (۲۰۰۸ کیلوگرم بر هکتار) در تیمار تنش آبی و عدم استفاده از کود نیتروژن به دست آمد (شکل ۳).

اثر برهم کنش آبیاری × 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 این که کمترین میزان کاهش عملکرد دانه به واسطه تنش آبی در شرایط استفاده از تیمار زیستی و سپس تیمار تلفیقی نسبت به کاربرد کود نیتروژن به دست آمد، می توان 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. *Amoo-Aghaie et al.* (2003) گزارش کردند که تلقیح با باکتری آزوسپیریلوم اثر مثبتی بر عملکرد گندم در شرایط بدون تنش رطوبتی داشت. هم چنین، پژوهشگران متعددی نشان داده اند که تلقیح با باکتری آزوسپیریلوم تأثیر مثبتی بر عملکرد دانه در شرایط تنش آبی داشته است (Marulanda *et al.*, 2009; Sarig *et al.*, 1988). میکروارگانسیمها می توانند باعث مقاومت گیاه در برابر تنشها شوند. در همین راستا، Sarig *et al.* (1988) نشان دادند که تلقیح بذر سورگوم با باکتری تثبیت کننده نیتروژن باعث بهبود عملکرد دانه در شرایط تنش آبی از طریق بهبود بهره وری استفاده از رطوبت خاک می شود. بررسی برهم کنش آبیاری × منبع کود نیتروژن گویای این است که بیشترین کاهش عملکرد دانه

به واسطه تنش آبی در شرایط استفاده از کود نیتروژن (۴۷ درصد) مشاهده شد (شکل ۳)، که نشان می دهد گیاهانی که کود نیتروژن دریافت کرده اند نسبت به خشکی حساسیت بیشتری نشان می دهند. براساس نظر *Van Herwaarden et al.* (1998) کاهش بیش تر عملکرد دانه به واسطه کاربرد کود نیتروژن در شرایط تنش آبی به پدیده "hay off" نسبت داده می شود. این پدیده زمانی رخ می دهد که کود نیتروژن به مقدار زیاد در مراحل رشد رویشی غلاتی که در معرض تنش آبی انتهایی هستند، به کار رود. در چنین شرایطی عملکرد زیست توده بالا رفته و ریشه ها آب بیشتری را از نیم رخ خاک تخلیه می کنند و این باعث کاهش فراهمی آب در دوره پر شدن دانه شده و در نهایت کاهش وزن هزاردانه و عملکرد دانه را به دنبال خواهد داشت.

۳.۱۰. عملکرد شاخساره

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که عملکرد شاخساره به طور معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد تحت تأثیر تیمار کود قرار گرفت. مصرف کود نیتروژن (۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار)، تیمار تلفیقی (آزوسپیریلوم + ۵۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار) و تیمار زیستی (آزوسپیریلوم) مقدار عملکرد شاخساره را به ترتیب به میزان ۵۷، ۴۱ و ۱۴ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند که این افزایشها در مورد تیمار کود نیتروژن و تلفیقی معنی دار بود (جدول ۵). بالاترین میزان عملکرد شاخساره (۵۰۳۷ کیلوگرم بر هکتار) مربوط به تیمار کود نیتروژن و کمترین میزان عملکرد شاخساره (۳۲۰۵ کیلوگرم بر هکتار) مربوط به شاهد بود.

عملکرد شاخساره به طور معنی داری (در سطح احتمال ۵ درصد) تحت تأثیر تیمار آبیاری قرار گرفت. تنش آبی باعث کاهش ۳۲ درصدی در عملکرد شاخساره شد. هم چنین، عملکرد شاخساره به طور معنی داری (در سطح احتمال ۵ درصد) تحت تأثیر تیمار بقایا قرار گرفت.

به‌واسطه کاربرد این تیمار کودی تفاوت معنی‌داری با تیمار کود نیتروژن در هر دو شرایط رطوبتی نداشت. بنابراین، با توجه به ملاحظات زیست‌محیطی، اقتصادی و لزوم حرکت به سمت کشاورزی پایدار، استفاده تلفیقی از کود نیتروژن به میزان ۵۰ کیلوگرم بر هکتار و باکتری آزوسپیریلوم در شرایط آبیاری مطلوب و هم‌چنین در شرایط قطع آبیاری پس از گلدھی (تنش شدید رطوبتی) در مناطق جنوبی ایران قابل توصیه است. هم‌چنین، قابل ذکر است که کاربرد بقایای گندم با هدف افزایش جذب عناصر کم‌مصرف، در رژیم‌های مختلف کودی و آبی مورد کاربرد در این مطالعه، توصیه نمی‌شود.

۵. تشکر و قدردانی

از تحصیلات تکمیلی دانشگاه شیراز به‌خاطر فراهم آوردن منابع مالی این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع

- Amoo-Aghaie, R., Mostajeran, A., & Emtiazi, G. (2003). Effect of *Azospirillum* inoculation on some growth parameters and yield of three wheat cultivars. *Journal of Water and Soil Science*, 7(2), 127-139. <http://jstnar.iut.ac.ir/article-1-469-en.html> (In Persian)
- Arzanesh, M.H., Alikhani, H., Khavazi, K., Rahimian, H., & Miransari, M. (2010). Wheat (*Triticum aestivum* L.) growth enhancement by *Azospirillum* sp. under drought stress. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 27, 197-205. <https://doi.org/10.1007/s11274-010-0444-1>
- Arzanesh, M.H., Benny Aghil, N., Ghorbanly M.L., & Shahbazi, M. (2013). Effect of plant growth promoting rhizobacteria on growth parameters and levels of micronutrient on rapeseed cultivars under salinity stress. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 2(2), 153-163. (In Persian)

حضور بقایا باعث کاهش ۱۰ درصدی در عملکرد شاخساره شد. کاهش عملکرد شاخساره در شرایط کمبود آب احتمالاً مرتبط با اسیدآبسیزیک تولیدشده در سلول‌های گیاهی می‌باشد که فعالیت این هورمون سبب کاهش تقسیم سلولی می‌شود. اسیدآبسیزیک تولیدشده در اثر شرایط کم‌آبی سبب القای بیان ژنی می‌شود که از فعالیت پروتئین وابسته به سیکلین جلوگیری می‌کند. این پروتئین در فرایندهای تقسیم سلولی مؤثر است و بنابراین جلوگیری از فعالیت آن مانع از رشد و توسعه گیاه و در نهایت باعث کاهش عملکرد شاخساره گیاه می‌شود. علاوه بر اسیدآبسیزیک عوامل دیگری از جمله تغییر در پتانسیل اسمزی گیاه و بسته‌شدن روزنه‌ها و در نهایت محدودشدن فتوسنتز نیز در کاهش عملکرد شاخساره گیاهی در شرایط تنش کم‌آبی دخالت دارد (Pazoki, 2016). با توجه به اثرات مثبتی که تلقیح با باکتری آزوسپیریلوم بر روی عملکرد گیاهان زراعی (گندم و جو) مختلف داشته (Marulanda et al., 2009; Niaziardakani et al., 2020) و نقشی که در افزایش میزان تجمع مواد فتوسنتزی دارد می‌توان بهبود عملکرد شاخساره در شرایط استفاده از باکتری را توجیه کرد.

۸. نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که تیمار تنش آبی جذب عناصر کم‌مصرف را توسط اندام هوایی و دانه جو کاهش داد. همه منابع کودی سبب افزایش محتوای عناصر کم‌مصرف در هر دو شرایط رطوبتی به‌ویژه در شرایط مطلوب رطوبتی شدند، اما تیمار تلفیقی در افزایش جذب عناصر کم‌مصرف موفقیت بیشتری در هر دو شرایط رطوبتی داشت. هرچند در مواردی تفاوت معنی‌داری با کود نیتروژن نداشت. هم‌چنین، بیش‌ترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری مطلوب و تنش آبی (به‌ترتیب ۴۰۴۹ و ۲۲۵۶ کیلوگرم بر هکتار) به‌واسطه استفاده تلفیقی از کود نیتروژن و باکتری به‌دست آمد. اگرچه عملکرد دانه

- 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. <https://doi.org/10.1080/03650340.2016.1238075>
- Biari, A., Gholami, A., & Rahmani, H. A. (2008). Growth promotion and enhanced nutrient uptake of maize (*Zea mays* L.) by application of plant growth promoting rhizobacteria in arid region of Iran. *Journal of Biological Sciences*, 8(6), 1015-1020.
- Goteti, P. K., Emmanuel, L. D. A., Desai, S., & Shaik, M. H. A. (2013). Prospective zinc solubilising bacteria for enhanced nutrient uptake and growth promotion in maize (*Zea mays* L.). *International journal of microbiology*, <http://dx.doi.org/10.1155/2013/869697>
- Hadi, H., Babaei, N., Daneshian, J., Arzanesh, M., & Hamidi, A. (2012). Effects of *Azospirillum lipoferum* on seedling characteristics derived from sunflower (*Helianthus annuus* L.) seed water deficit conditions. *Agroecology*, 3(3), 320-327. <https://doi.org/10.22067/jag.v3i3.13557> (In Persian)
- Hajeeboland, R., Asgharzadeh, N., & Mehrfar, Z. (2004). Ecological study of azotobacter in two pasture lands of the north-west Iran and its inoculation effect on growth and mineral nutrition of wheat (*Triticum aestivum* L. cv.omid) plants. *Journal of Water and Soil Science*, 8(2), 75-90. URL: <http://jstnar.iut.ac.ir/article-1-426-fa.html> (In Persian)
- Heidari, M., & Jahantighi, H. (2014). Evaluate effect of water stress and different amounts of nitrogen fertilizer on seed quality of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 11(4), 640-647. <https://doi.org/10.22067/gsc.v11i4.32892> (In Persian)
- Institute S. (2004). SAS/GRAPH 9.1 Reference. SAS Institute.
- 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*). *Applied Field Crops Research*, 28(4), 149-157. [doi: 10.22092/aj.2016.106752](https://doi.org/10.22092/aj.2016.106752) (In Persian)
- Khosravi, H. (2015). *Azotobacter* and its role in soil fertility management. *Land Management Journal*, 2(2), 79-94. [doi: 10.22092/lmj.2015.101241](https://doi.org/10.22092/lmj.2015.101241) (In Persian)
- Maleki Farahani, S., Chaichi, M.R., Mazaheri, D., Tavakkol Afshari, R., & Savaghebi, G. (2010). Chemical analysis of barley under different irrigation and fertilizing systems. *Asian Journal of Chemistry*, 22(3), 2397- 1406.
- Marulanda, A., Barea, A. 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, 115-124. <https://doi.org/10.1007/s00344-009-9079-6>
- Molina, R., Rivera, D., Mora, V., López, G., Rosas, S., Spaepen, S., Vanderleyden, J., & Cassán, F., (2018). Regulation of IAA biosynthesis in *Azospirillum brasilense* under environmental stress conditions. *Current microbiology*, 75(10), 1408-1418. <https://doi.org/10.1007/s00284-018-1537-6>
- Nezarat, S., & Gholami, A. (2010). The effects of co-inoculation of *Azospirillum* and *Pseudomonas* rhizobacteria on nutrient uptake of maize (*Zea mays* L.). *Agroecology*, 1(1), 25-32. <https://doi.org/10.22067/jag.v1i1.2651> (In Persian)
- Niazardakani, M., Barati, V., Bijanzadeh, E., & Behpoori, A. (2019). Effects of different nitrogen fertilizer sources and crop residues on yield and yield components of barley (*Hordeum vulgare* L.) under late season water stress conditions. *Agroecology*, 12(1), 107-126. <https://doi.org/10.22067/jag.v12i1.79989> (In Persian)
- Pazoki, A. (2016). 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(1), 105-117. (In Persian)
- Rafiee, M., Nadian, H. A., Nour-Mohammadi, G., & Karimi, M. (2004). Effects of drought stress, phosphorous and zinc application on concentration and total nutrient uptake by corn (*Zea mays* L.). *Iranian Journal of Agriculture Science*, 35(1), 235- 243. (In Persian)
- Rajaei, S., Alikhani, H. A., & Raiesi, F. (2007). Effect of plant growth promoting potentials of *Azotobacter chroococcum* native strains on growth, yield and uptake of nutrients in wheat. *Journal of Water and Soil Science*, 11 (41), 285-297. <http://jstnar.iut.ac.ir/article-1-760-fa.html> (In Persian)
- Rejali, F., Alizadeh, A., Malakouti, M.J., & Saleh Rastin, N. (2007). The effect of arbuscular mycorrhizal symbiosis in growth, yield and nutrient uptake in wheat under drought stress. *Iranian Journal of Soil Research*, 21(2), 241-259. (In Persian)
- 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)

- 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. <https://doi.org/10.1017/S0021859600081296>
- Shahpari, Z., Fateh, E., & Aineband, A. (2016). Different residue type and management and nitrogen on yield and quality of durum wheat (*Triticum durum* L.). *Journal of Crop Production*, 9(3), 87-104. doi: 10.22069/ejcp.2016.9713.1756. (In persian)
- Sheng, X. F. (2005). Growth promotion and increased potassium uptake of cotton and rape by a potassium releasing strain of *Bacillus edaphicus*. *Soil Biology and Biochemistry*, 37(10), 1918-1922. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.02.026>
- 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*, 4, 1067-1082. <https://doi.org/10.1071/A97039>