

برهمکنش قطع آبیاری، کودهای زیستی و محلول پاشی آهن بر عملکرد و برخی صفات

مورفوفیز بولوژیکی جو (*Hordeum vulgare L.*)

سیامک داداش زاده^۱ و رؤف سیدشریفی^{۲*}

(۱) دانشجوی دکتری گروه زراعت، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

(۲) استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

* نویسنده مسئول: Raouf_ssharif@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۷/۰۳

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۴/۲۰

چکیده

به منظور بررسی اثر قطع آبیاری، کودهای زیستی و محلول پاشی آهن بر عملکرد و برخی صفات مورفوفیز بولوژیکی جو، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل سطوح آبیاری در سه سطح (آبیاری کامل به عنوان شاهد، محدودیت ملایم آبی یا قطع آبیاری در مرحله سنبله‌دهی، محدودیت شدید آبی یا قطع آبیاری در مرحله آبستنی)، کودهای زیستی در چهار سطح (عدم کاربرد کود زیستی، کاربرد میکوریز، آزوسپریلیوم، استفاده توأم میکوریز و آزوسپریلیوم) و محلول پاشی با نانو اکسید آهن در چهار سطح (صفر، ۰/۳، ۰/۶، ۰/۹ گرم در لیتر) بودند. نتایج نشان داد قطع آبیاری در مراحل سنبله‌دهی و آبستنی، عملکرد، اجزای عملکرد و محتوای کلروفیل را کاهش داد. بیش‌ترین سرعت پر شدن دانه (۰/۰۲۳۶ گرم در روز)، حداکثر وزن دانه (۰/۰۶۵ گرم)، طول دوره پر شدن دانه (۴۲/۵ روز)، کلروفیل a و کاروتنوئید (به ترتیب ۲/۵۲ و ۰/۹۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در شرایط استفاده توأم آزوسپریلیوم و میکوریز، محلول پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانو اکسید آهن و آبیاری کامل مشاهده شد. کم‌ترین میزان این صفات در شرایط محدودیت شدید آبی، عدم کاربرد کود زیستی و عدم محلول پاشی به دست آمد. نتایج نشان داد قطع آبیاری در مراحل سنبله‌دهی و آبستنی نسبت به آبیاری کامل، عملکرد دانه را به ترتیب ۲۲/۰۶ و ۳۰/۱۱ درصد کاهش داد. استفاده هم‌زمان میکوریز و آزوسپریلیوم در مقایسه با عدم کاربرد آن‌ها ۸/۹۶ درصد و محلول پاشی با ۰/۹ گرم در لیتر نانو اکسید آهن در مقایسه با عدم محلول پاشی ۴/۶۳ درصد عملکرد دانه بیش‌تری داشتند. از این رو به نظر می‌رسد کاربرد هم‌زمان کودهای زیستی و نانو اکسید آهن می‌تواند به عنوان تعدیل کننده‌های تنش در جو در شرایط محدودیت آبی پیشنهاد شود.

واژه‌های کلیدی: سرعت پر شدن دانه، محتوای کلروفیل و محدودیت آبی.

مقدمه

خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که آثار مخرب و زیان‌آوری بر مراحل مختلف رشدی گیاه، ساختار اندام‌ها و فعالیت آن‌ها دارد. در این راستا استفاده از تکنیک‌های زراعی برای بهبود حاصل‌خیزی خاک، جبران میکرو-ارگانسیم‌های از دست‌رفته و افزایش دامنه تحمل گیاهان زراعی نسبت به تنش‌های غیر زنده محیطی نظیر تنش خشکی (Rejeb *et al.*, 2014)، کاربرد میکوریز (سید شریفی و نامور، ۱۳۹۴) و باکتری‌های محرک رشد گیاهی نظیر آزوسپریلیوم (Cakmakci *et al.*, 2007) است. Panwar (۱۹۹۱) گزارش کرد که در بذور تلقیح شده با باکتری *Azospirillum* و قارچ *Glomus fasciculatum*، افزایش فعالیت آنزیم‌های نیترات‌ردوکتاز و گلوتامین‌سنتتاز، موجب افزایش فتوسنتز و عملکرد دانه شد. Reddy و همکاران (۲۰۰۴) کمبود مواد فتوسنتزی لازم برای پر کردن دانه و کاهش طول دوره پر شدن دانه‌ها را از مهم‌ترین آثار تنش خشکی در کاهش عملکرد و میزان فتوسنتز گیاهان اعلام نمودند. Ashraf و همکاران (۱۹۹۴) تخریب غشای تیلاکوئیدهای کلروپلاست و اکسیداسیون نوری کلروفیل در اثر افزایش فعالیت گونه‌های فعال اکسیژن و افزایش فعالیت آنزیم کلروفیل‌از را از علل کاهش محتوای کلروفیل a و b تحت شرایط تنش آبی گزارش کردند. Lucy و همکاران (۲۰۰۴) افزایش محتوای کلروفیل برگ را از مزایای کاربرد کودهای زیستی گزارش کردند. در شرایط محدودیت آبی به علت بالا رفتن املاح محلول در محیط ریشه و در نتیجه افزایش پتانسیل اسمزی خاک، جذب عناصر کم‌مصرف بیش‌تر از سایر عناصر دچار اختلال می‌شود (Grattan and Grieve, 1999). از این رو تغذیه مناسب گیاهی می‌تواند موجب بهبود مقاومت گیاه به خشکی شود (Yeritsyan and Economakis, 2002). در این راستا آهن از عناصر کم‌مصرف ضروری برای رشد گیاه محسوب می‌شود که در متابولیسم اسیدهای نوکلئیک و پروتئین، فعالیت‌های آنزیمی گیاه و در ساختمان ناقل‌های الکترون نظیر سیتوکروم‌ها و پروتئین‌های مرتبط با فتوسنتز و تثبیت نیتروژن نقش اساسی دارد (هادی و همکاران، ۱۳۹۵). کاربرد ریزمغذی‌ها به روش محلول‌پاشی ضمن رفع کمبود آن‌ها موجب افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاه می‌شوند (Whitty and Chambliss, 2005). Razmjoo و Ghafari (۲۰۱۳) اظهار داشتند که محلول‌پاشی نانوآکسید آهن موجب افزایش عملکرد دانه، اجزای عملکرد، محتوای کلروفیل و کاروتنوئید در گندم شد. Babaei و همکاران (۲۰۱۷) اظهار داشتند که کاربرد نانوآکسید آهن و روی در شرایط تنش منجر به بهبود کلروفیل a، b، کاروتنوئید در شرایط تنش شد. Khalilzadeh و همکاران (۲۰۱۷) اظهار داشتند که در شرایط تنش شوری کاربرد کودهای زیستی منجر به افزایش سرعت و دوره پر شدن دانه شد. گسترش روز افزون محدودیت آبی، کمبود آهن در بیش‌تر اراضی آهکی تحت کشت غلات و نقش کودهای زیستی و ریزمغذی آهن در بهبود عملکرد و تعدیل اثرات ناشی از محدودیت آبی، از جمله عواملی بودند که موجب

شد تا اثر میکوریز، آزوسپریلیوم و محلول پاشی با نانو اکسید آهن بر عملکرد، محتوای کلروفیل و برخی مؤلفه‌های پر شدن دانه جو در شرایط محدودیت آبی مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۱۳۹۵ به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل محدودیت آبی در سه سطح (آبیاری کامل به‌عنوان شاهد، محدودیت ملایم آبی یا قطع آبیاری در ۵۰ درصد مرحله سنبله‌دهی، محدودیت شدید آبی یا قطع آبیاری در ۵۰ درصد مرحله آبستنی)، کودهای زیستی در چهار سطح (عدم کاربرد کود زیستی، کاربرد میکوریز، آزوسپریلیوم، کاربرد توأم میکوریز و آزوسپریلیوم) و محلول پاشی با نانو اکسید آهن (صفر، ۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹ گرم در لیتر) بودند. قارچ میکوریز استفاده شده از نوع *Glomus intraradices* و باکتری از نوع آزوسپریلیوم لیپوفروم استرین OF (*Azospirillum lipoferum strain OF*) بود. باکتری از موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، قارچ میکوریز از شرکت زیست فناوران توران و بذر جو رقم والفجر از موسسه تحقیقات نهال و بذر کرج تهیه شد. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در جدول ۲ و مشخصات اقلیمی در طی فصل رشد در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک مورد استفاده

مشخصه	عمق خاک نمونه برداری (سانتی‌متر)	آهک	رس	سیلت	شن	کربن آلی	نیترژن	فسفر	پتاسیم	آهن	pH	درصد اشباع	بافت
	(سانتی‌متر)				(درصد)	(میلی گرم بر کیلوگرم)							
میزان	۴۰-۰	۱۳	۲۲	۴۵	۳۳	۰/۰۷۴	۰/۱۲	۹/۱	۲۷۵	۵/۳۵	۶/۷	۴۶/۳	سیلنتی لومی

جدول ۲: میانگین دما و میزان بارندگی ماهانه منطقه مورد آزمایش طی فصل رشد در سال ۱۳۹۵

ماه‌های سال	میانگین حداکثر دما (سانتیگراد)	میانگین حداقل دما (سانتیگراد)	میانگین دمای روزانه (سانتیگراد)	بارندگی ماهانه (میلی‌متر)
فروردین	۱۲/۱	۰	۶/۱	۴۲
اردیبهشت	۲۰/۹	۵/۱	۱۳	۱۲/۴
خرداد	۲۴/۲	۷/۵	۱۵/۹	۷/۵
تیر	۲۹/۱	۱۲/۶	۲۰/۹	۱/۹
مرداد	۳۰/۸	۱۳	۲۱/۹	۰/۸
شهریور	۲۸/۳	۹/۲	۱۸/۷	۶/۹

محلول پاشی با نانو اکسید آهن در دو مرحله از دوره رشد رویشی (مرحله ۴ تا ۶ برگی و مرحله قبل از ظهور سنبله) انجام شد. برای تلقیح بذر با باکتری مورد نظر، میزان هفت گرم مایه تلقیح که هر گرم آن دارای 10^7 عدد باکتری زنده و فعال بود استفاده شد. هم‌چنین از محلول صمغ عربی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذر استفاده شد. تمام بذرها به مدت دو ساعت در مایه تلقیح در شرایط تاریکی قرار گرفتند. تلقیح با قارچ میکوریز به روش استاندارد و توصیه شده Gianinazzi و

همکاران (۲۰۰۱) انجام شد. در این راستا ۲۰ گرم قارچ در هر متر مربع خاک (۲۰۰ کیلوگرم قارچ در هر هکتار) استفاده شد. هر واحد آزمایشی حاوی پنج ردیف کاشت به طول ۲/۵ متر و با فاصله بین ردیفی ۲۰ سانتی متر و تراکم ۴۰۰ بذر در متر مربع بود. به منظور بررسی اثر تیمارهای مورد بررسی بر سرعت پر شدن دانه، نمونه برداری از ۱۸ روز بعد از ظهور سنبله در فواصل زمانی هر پنج روز یک بار انجام شد. هر بار پنج سنبله از هر گلدان انتخاب و بعد از انتقال به آزمایشگاه، دانه‌ها از خوشه جدا شده و به مدت دو ساعت در آون الکتریکی تهویه‌دار در دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس وزن خشک تک بذر از محاسبه وزن خشک کل به تعداد بذر برآورد شد (Ronanini *et al.*, 2004). به منظور تجزیه و تحلیل پارامترهای مربوط به پر شدن دانه از یک مدل رگرسیون خطی (دو تکه‌ای) به کمک رویه DUD و برنامه Proc NLIN نرم افزار SAS و بر اساس رابطه ۱ استفاده شد.

$$GW = \begin{cases} a + bt & t < t_0 \\ a + bt & t > t_0 \end{cases} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن GW: وزن دانه، t: زمان و b: سرعت پر شدن دانه، t₀: پایان دوره پر شدن دانه و a: عرض از مبدأ است. این مدل تغییرات وزن دانه نسبت به زمان را به دو مرحله تفکیک می‌کند: مرحله اول که در حقیقت مرحله خطی پر شدن دانه است، وزن دانه تا رسیدن به حداکثر مقادیر خود در زمان t₀ که در حقیقت زمان رسیدگی وزنی است، به صورت خطی افزایش پیدا می‌کند. شیب خط رگرسیون در این مرحله (t - t₀) سرعت پر شدن دانه را نشان می‌دهد (Ellis and Pieta-Filho, 1992). با برازش این مدل بر کلیه داده‌ها ابتدا دو پارامتر مهم پر شدن دانه یعنی سرعت پر شدن دانه (b) و زمان رسیدگی وزنی (t₀) به دست آمده و سپس مقدار عددی t₀ در قسمت دوم رابطه فوق قرار داده شد و GW که وزن دانه است محاسبه شد. استخراج رنگدانه‌های فتوسنتزی برگ با استفاده از روش Arnon (۱۹۴۹) و بر اساس روابط دو تا پنج انجام گرفت.

$$\text{رابطه ۲: } a = (19/3 \times A_{663} - 0/86 \times A_{645}) V / 100$$

$$\text{رابطه ۳: } b = (663 \times A_{3/6} - 645 \times A_{19/3})$$

$$\text{رابطه ۴: } a + b = \text{کلروفیل کل}$$

$$\text{رابطه ۵: } A_{1000} = 1/82 - 1/85 \times C_b / 198 C_a = \text{کاروتنوئید}$$

در این روابط V حجم استون استفاده شده و W وزن نمونه گیاهی استفاده شده است. در زمان رسیدگی به منظور تعیین اجزای عملکرد، ۱۰ بوته از ردیف‌های اصلی هر واحد آزمایشی انتخاب و میانگین داده‌های حاصل از آن‌ها به عنوان ارزش آن صفت در جدول تجزیه واریانس منظور شد. عملکرد دانه از سطحی معادل یک متر مربع از ردیف‌های اصلی هر کرت بعد از حذف اثر حاشیه‌ای برآورد شد. برای تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها از نرم افزارهای SAS و Excel استفاده شد و میانگین‌ها

با آزمون LSD مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر محدودیت آبی، کودهای زیستی و نانواکسید آهن بر همه صفات معنی‌دار شد (جدول ۳). اثر ترکیب تیماری آبیاری در کود زیستی بر همه صفات به‌جز کلروفیل a و تعداد دانه در سنبله، معنی‌دار بود. هم‌چنین اثر ترکیب تیماری آبیاری در نانواکسید آهن نیز بر همه صفات به‌جز تعداد دانه در سنبله و عملکرد، معنی‌دار شد. صفات مورد مطالعه به‌جز کلروفیل b و عملکرد، تحت اثر ترکیب تیماری کود زیستی در نانواکسید آهن معنی‌دار شدند. ترکیب تیماری آبیاری، کود زیستی و نانواکسید آهن بر صفات کلروفیل a، کاروتنوئید، ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، سرعت و طول دوره پر شدن دانه و حداکثر وزن دانه معنی‌دار شد (جدول ۳).

ارتفاع بوته و طول سنبله

نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین ارتفاع بوته (۱۰۶/۳۳ سانتی‌متر) و طول سنبله (۷/۹۶ سانتی‌متر) در ترکیب تیماری آبیاری کامل، استفاده هم‌زمان میکوریز و آزوسپریلیوم و محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسید آهن و کم‌ترین آن‌ها (به‌ترتیب ۷۳/۳۳ و ۴/۴۳ سانتی‌متر) در ترکیب تیماری عدم مصرف کودهای زیستی، عدم استفاده از نانواکسید آهن و قطع آبیاری در ۵۰ درصد مرحله آبستنی مشاهده شد (جدول ۴). کمبود آب با کاهش آماس سلولی، رشد و تقسیم سلول‌ها را تحت اثر قرار داده و در نتیجه ارتفاع بوته گیاه کاهش پیدا می‌کند (Desuloux et al., 2000). داوودی فرد و همکاران (۱۳۹۱) کاهش ارتفاع بوته در شرایط محدودیت آبی را به اختلال در فتوسنتز به‌واسطه کمبود رطوبت در خاک و کاهش مواد فتوسنتزی برای انتقال به بخش‌های در حال رشد گیاه نسبت دادند. El-Magid و همکاران (۲۰۰۰) اظهار داشتند که محلول‌پاشی آهن ارتفاع بوته گندم را افزایش داد. Burd و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند باکتری‌های محرک رشد می‌توانند ارتفاع بوته را با افزایش فراهمی مواد غذایی و آسان کردن جذب مواد غذایی، کاهش سمیت فلزات سنگین در گیاهان و جلوگیری از عوامل بیماری‌زا افزایش دهند. Chaurasia و Khare (۲۰۰۵) بیان داشتند که کلونیزاسیون ریشه‌های جو با قارچ‌های میکوریز، رشد گیاه و تولید ماده خشک را افزایش می‌دهد. اردکانی و همکاران (۱۳۸۰) دلیل افزایش طول سنبله گندم را در تلقیح با آزوسپریلیوم در مقایسه با شاهد، به افزایش جذب آب و مواد غذایی به‌واسطه توسعه بیش‌تر ریشه‌ها در اثر تولید هورمون‌های گیاهی و هم‌چنین انجام فرآیند تثبیت بیولوژیک نیتروژن نسبت دادند.

تعداد دانه در سنبله

بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله (۳۳/۳۳) در ترکیب تیماری آبیاری کامل، کاربرد توأم میکوریز و آزوسپریلیوم و محلول -

پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانوآکسید آهن و کمترین این صفت (۱۸/۳۳) در قطع آبیاری در ۵۰ درصد مرحله آبستنی، عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول پاشی به دست آمد (جدول ۵).

جدول ۴: اثر محلول پاشی نانوآکسید آهن، کودهای زیستی و محدودیت آبی بر ارتفاع بوته و طول سنبله جو

ارتفاع بوته (سانتی متر)				طول سنبله (سانتی متر)				کود زیستی	آبیاری	
سطوح آهن				سطوح آهن						
F ₃	F ₂	F ₁	F ₀	F ₃	F ₂	F ₁	F ₀			
۷۳۶±۰/۲۵	۷۱۰۶±۰/۲۵	۷۱۱۶±۰/۲۵	۶۱۹۶±۰/۲۵	۹۵/۶۶±۱/۵۲	۹۵/۳۳±۲/۸۸	۹۵/۳۳±۲/۰۸	۹۳/۶۶±۲/۳	B ₀		
۷۱۷۶±۰/۲۵	۷۱۳۶±۰/۲۵	۷۱۱۶±۰/۲۵	۷۱۰۶±۰/۲۵	۱۰۲/۶۶±۱/۵۲	۹۷/۳۳±۲/۰۸	۹۵/۶۶±۲/۳	۹۴/۶۶±۲/۳	B ₁	I ₁	
۷۱۴۶±۰/۲۵	۷۱۴۶±۰/۲۵	۷۱۲۶±۰/۲۵	۷۱۰۶±۰/۲۵	۹۶/۶۶±۱/۵۲	۹۷/۳۳±۲/۰۸	۹۵/۶۶±۱/۵۲	۹۳/۳۳±۱/۵۲	B ₂		
۷۱۹۶±۰/۲۵	۷۱۷۶±۰/۲۵	۷۱۴۶±۰/۲۵	۷۱۳۶±۰/۲۵	۱۰۶/۳۳±۱/۵۲	۱۰۳/۶۶±۱/۵۲	۱۰۰/۶۶±۱/۵۲	۹۷/۳۳±۱/۵۲	B ₃		
۶۱۲۶±۰/۲۵	۵۱۹۶±۰/۲۵	۵۱۹۶±۰/۲۵	۵۱۷۶±۰/۲۵	۸۶/۶۶±۱/۵۲	۸۳/۶۶±۱/۵۲	۸۳/۳۳±۲/۰۸	۸۰/۶۶±۱/۵۲	B ₀		
۶۱۵۶±۰/۲۵	۶۱۴۶±۰/۲۵	۶۱۴۶±۰/۲۵	۶۱۲۶±۰/۲۵	۹۲/۳۳±۱/۵۲	۸۸±۱/۷۳	۸۶/۶۶±۲/۳	۸۱/۶۶±۱/۵۲	B ₁	I ₂	
۶۱۷۶±۰/۲۵	۶۱۷۶±۰/۲۵	۶۱۱۶±۰/۲۵	۶۱۰۶±۰/۲۵	۹۱/۳۳±۱/۵۲	۸۹±۱/۷۳	۸۸/۶۶±۱/۵۲	۸۸±۱/۷۳	B ₂		
۶۱۹۶±۰/۲۵	۶۱۵۶±۰/۲۵	۶۱۷۶±۰/۲۵	۶۱۴۶±۰/۲۵	۹۴/۳۳±۱/۵۲	۹۰/۳۳±۱/۵۲	۹۳±۱/۷۳	۹۰/۶۶±۲/۳	B ₃		
۴۱۹۶±۰/۲۵	۴۱۶۳±۰/۲	۴۱۸۳±۰/۲	۴۱۴۳±۰/۲	۷۵/۶۶±۱/۵۲	۷۶/۶۶±۱/۵۲	۷۴/۶۶±۲/۳	۷۳/۳۳±۲/۰۸	B ₀		
۵۱۲۶±۰/۲۵	۴۱۹۶±۰/۲۵	۴۱۹۶±۰/۲۵	۴۱۶۳±۰/۲	۸۰/۳۳±۱/۵۲	۷۹/۶۶±۲/۳	۷۹/۳۳±۲/۰۸	۷۷/۶۶±۱/۵۲	B ₁	I ₃	
۵۱۰۴±۰/۲۵	۵۱۱۶±۰/۲۵	۵۱۳۶±۰/۲۵	۴۱۹۶±۰/۲۵	۸۰/۶۶±۲/۳	۷۸/۶۶±۲/۳	۷۹/۶۶±۱/۵۲	۷۷/۶۶±۲/۳	B ₂		
۵۱۶۶±۰/۲۵	۵۱۴۶±۰/۲۵	۵۱۴۶±۰/۲۵	۵۱۳۶±۰/۲۵	۸۵/۳۳±۲/۰۸	۸۱/۳۳±۲/۰۸	۸۳/۶۶±۲/۳	۷۹/۳۳±۱/۵۲	B ₃		
۰/۱۵				۲/۲۵				LSD _{0.05}		

I₁، I₂ و I₃ به ترتیب آبیاری کامل، قطع آبیاری در ۵۰ درصد مرحله سنبله دهی و قطع آبیاری در ۵۰ درصد مرحله آبستنی. B₀، B₁، B₂ و B₃ به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد میکوریز، کاربرد آزوسپریلیوم، کاربرد همزمان آزوسپریلیوم و میکوریز. F₀، F₁، F₂ و F₃ به ترتیب عدم محلول پاشی، محلول پاشی ۰/۳، ۰/۶، ۰/۹ گرم در لیتر نانوآکسید آهن.

جدول ۵: مقایسه میانگین اثر محلول پاشی نانوآکسید آهن، کودهای زیستی و محدودیت آبی بر تعداد دانه در سنبله جو

تعداد دانه در سنبله				کود زیستی	آبیاری
سطوح آهن					
F ₃	F ₂	F ₁	F ₀		
۲۹/۶۶±۰/۵۷	۲۷/۳۳±۱/۱۵	۲۷±۱	۲۶±۱	B ₀	
۳۱/۳۳±۱/۱۵	۲۹/۳۳±۱/۱۵	۲۸±۱	۲۸±۱/۷۳	B ₁	I ₁
۳۰±۱	۳۰/۳۳±۱/۱۵	۲۹±۱	۲۷±۱	B ₂	
۳۳/۳۳±۱/۱۵	۳۱/۳۳±۱/۱۵	۳۱/۳۳±۰/۵۷	۲۹/۳۳±۱/۱۵	B ₃	
۲۵±۱	۲۳/۳۳±۰/۵۷	۲۳±۱	۲۲±۰/۱	B ₀	
۲۶±۱	۲۶±۱/۷۳	۲۴±۱	۲۳/۳۳±۱/۱۵	B ₁	I ₂
۰۲۶±۱	۲۵/۳۳±۱/۱۵	۲۵±۱	۲۴/۳۳±۰/۵۷	B ₂	
۲۸/۶۶±۰/۵۷	۲۶±۱	۲۸/۶۶±۰/۵۷	۲۵±۱	B ₃	
۲۰/۳۳±۱/۱۵	۲۱/۳۳±۰/۵۷	۲۰±۱	۱۸/۳۳±۰/۵۷	B ₀	
۲۳±۱	۲۳±۱	۲۱/۳۳±۰/۵۷	۱۹/۳۳±۰/۵۷	B ₁	I ₃
۲۳±۱	۲۱±۱	۲۲/۳۳±۰/۵۷	۲۰/۳۳±۰/۵۷	B ₂	
۲۵/۳۳±۱/۱۵	۲۴/۳۳±۰/۵۷	۲۳±۱	۲۲/۳۳±۰/۵۷	B ₃	
۱/۴۵				LSD _{0.05}	

I₁، I₂ و I₃ به ترتیب آبیاری کامل، قطع آبیاری در ۵۰ درصد مرحله سنبله دهی و قطع آبیاری در ۵۰ درصد مرحله آبستنی. B₀، B₁، B₂ و B₃ به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد میکوریز، کاربرد آزوسپریلیوم، کاربرد توأم آزوسپریلیوم و میکوریز. F₀، F₁، F₂ و F₃ به ترتیب عدم محلول پاشی، محلول پاشی ۰/۳، ۰/۶، ۰/۹ گرم در لیتر نانوآکسید آهن.

Shamsi و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که تنش آبی موجب کاهش معنی دار تعداد دانه در سنبله شد. Arshad و همکاران (۲۰۰۸) اظهار داشتند که قارچ‌های میکوریز موجب افزایش وزن دانه‌های گندم شد. Dommelen و همکاران (۲۰۰۹) اظهار داشتند تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد موجب تثبیت بیولوژیکی نیتروژن شد که به نوبه خود در افزایش تعداد دانه در سنبله مؤثر است. علیزاده و همکاران (۱۳۸۶) گزارش دادند که کاربرد هم‌زمان میکوریز و آزوسپریلیوم بیش‌ترین عملکرد دانه، تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه در ذرت را موجب شد. Hemantaranjan و Gray (۱۹۸۸) نشان دادند که مصرف آهن به دلیل نقش آن در ساختار کلروفیل موجب می شود که فتوسنتز جاری تداوم بیش‌تری یافته و از این طریق موجب افزایش معنی داری تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه می‌شود.

حداکثر وزن دانه، سرعت پر شدن دانه و طول دوره پر شدن دانه

معادلات رگرسیونی برازش شده (جدول ۶) نشان داد که بین سطوح مختلف آبیاری، کودهای زیستی و محلول پاشی با نانوآکسید آهن از نظر سرعت و طول دوره پر شدن دانه تفاوت‌هایی وجود دارد به طوری که با اعمال محدودیت آبی، سرعت و طول دوره پر شدن دانه نسبت به آبیاری کامل کاهش نشان داد. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد حداکثر وزن دانه (۰/۰۶۵ گرم)، سرعت پر شدن دانه (۰/۰۲۳۶ گرم در روز) و طول دوره پر شدن دانه (۴۲/۵ روز) در ترکیب تیماری آبیاری کامل، کاربرد هم‌زمان میکوریز با آزوسپریلیوم و محلول پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانوآکسید آهن و کم‌ترین این صفات (به ترتیب ۰/۰۴۳ گرم، ۰/۰۱۶۵ گرم در روز و ۳۵/۶۹ روز) در حالت عدم کاربرد کودهای زیستی، عدم محلول پاشی و قطع آبیاری در ۵۰ درصد مرحله آبستنی به دست آمد (جدول ۶). وزن نهایی دانه به عنوان یکی از اجزاء تعیین کننده‌ی عملکرد دانه به دو عامل سرعت و طول دوره‌ی پر شدن دانه از مواد پرورده که نتیجه آن افزایش وزن خشک دانه است بستگی دارد (Brdar *et al.*, 2008). Valarmath و Kumari (۱۹۹۸) اظهار داشتند که دانه‌های با وزن بالاتر، از سرعت پر شدن بالاتری نسبت به دانه‌های با وزن کم‌تر برخوردار می‌باشند. Alvaro و همکاران (۲۰۰۸) گزارش دادند که دو عامل سرعت و مدت پر شدن دانه در تعیین وزن نهایی نقش مهمی دارند. دوره پر شدن دانه یک جزء تعیین کننده‌ی زمان رسیدگی و مرحله اصلی تشکیل عملکرد است. طولانی بودن این دوره امکان انتقال مواد فتوسنتزی بیش‌تر از مبدأ به مقصد و در نتیجه افزایش عملکرد دانه را فراهم می‌سازد (Brdar *et al.*, 2008). Ouk و همکاران (۲۰۰۳) در برنج و Lemon (۲۰۰۷) در گندم اظهار داشتند که تنش خشکی موجب کاهش طول دوره پر شدن دانه شد. Guttieri و همکاران (۲۰۰۱) در ارزیابی اثر محدودیت آبی بر گندم اظهار داشتند که اثر کمبود آب در مرحله بین پر شدن دانه و رسیدن بسیار زیاد بوده و موجب کاهش عملکرد دانه به واسطه کاهش طول دوره پر شدن دانه در گندم می‌شود. افزایش طول دوره پر شدن دانه در شرایط مطلوب محیطی (عدم محدودیت) می‌تواند از طریق طولانی‌تر کردن دوره رشد و اختصاص مواد فتوسنتزی بیش‌تر به دانه، زمینه افزایش عملکرد دانه را فراهم

آورد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۶). در حالی که کاهش دوره پر شدن دانه می‌تواند به توقف عرضه مواد فتوسنتزی، کاهش محتوی آب دانه و یا توقف فعالیت متابولیکی مخزن منجر شود. تنش‌های محیطی از جمله کاهش رطوبت خاک در دوره پر شدن دانه، به‌علت کاهش وزن دانه از طریق کم شدن فتوسنتز جاری باعث کاهش عملکرد دانه می‌شوند (Kherizadeh and Seyed sharifi., 2017). در شرایط تنش خشکی برای جلوگیری از هدر رفت بیش‌تر آب، روزنه‌ها بسته می‌شوند که این موضوع موجب کاهش فتوسنتز جاری و کاهش مواد پرورده برای پر شدن دانه‌ها شده و در نهایت وزن دانه‌ها کاهش می‌یابد (امام و نیک‌نژاد، ۱۳۹۰). بخشی از بهبود مؤلفه‌های پر شدن دانه را می‌توان به افزایش محتوای کلروفیل به واسطه کاربرد باکتری‌های محرک رشد نسبت داد (جدول ۷، ۸ و ۹). در این راستا Tsuno و همکاران (۱۹۹۴) اظهار داشتند که افزایش میزان کلروفیل در طول دوره رشد به‌ویژه دوره‌ی پر شدن دانه، موجب افزایش سرعت پر شدن دانه می‌شود. راعی و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی اثر تلقیح بذر سویا با برادی ریزوبیوم، افزایش طول دوره پر شدن دانه، حداکثر وزن خشک دانه و دوام پر شدن دانه را گزارش نمودند. باکتری‌های محرک رشد با تولید هورمون‌های رشد و تأمین عناصر غذایی، ضمن افزایش سرعت پر شدن دانه، امکان تداوم بیش‌تر دوره پر شدن دانه را فراهم می‌سازند (سید شریفی و نامور، ۱۳۹۴). Caliskan و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که محلول‌پاشی آهن موجب افزایش پارامترهای رشد در طول پر شدن دانه و عملکرد نهایی دانه در سویا شد. Syverud و همکاران (۱۹۸۰) نشان دادند که محلول‌پاشی در طول دوره پر شدن دانه، موجب افزایش طول دوره مؤثر پر شدن دانه، عملکرد و درصد پروتئین دانه سویا شد.

رنگیزه‌های فتوسنتزی

افزایش محدودیت آبی باعث کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی جو شد. در حالی که کاربرد کودهای زیستی و نانوآکسید آهن باعث افزایش میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی شد. بیش‌ترین محتوای کلروفیل a و کاروتنوئید (به‌ترتیب ۲/۵۲ و ۰/۹۶ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر) در حالت آبیاری کامل، کاربرد هم‌زمان میکوریز و آزوسپریلیوم و محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانوآکسید آهن و کم‌ترین آن‌ها (به‌ترتیب ۱/۱۵ و ۰/۴۷ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر) در عدم کاربرد کودهای زیستی، عدم محلول‌پاشی و قطع آبیاری در ۵۰ درصد مرحله آبستنی به‌دست آمد (جدول ۷). اثر ترکیب تیماری آبیاری در محلول‌پاشی آهن نشان داد که بیش‌ترین میزان کلروفیل b و کل (به‌ترتیب ۱/۱۲ و ۳/۴۶ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر) در ترکیب تیماری آبیاری کامل و محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانوآکسید آهن و کم‌ترین آن‌ها (به‌ترتیب ۰/۶۴ و ۱/۸۸ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر) در حالت آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله آبستنی و عدم محلول‌پاشی به‌دست آمد (جدول ۸). هم‌چنین اثر ترکیب تیماری آبیاری در کودهای زیستی مشخص کرد که بیش‌ترین میزان کلروفیل b و کلروفیل کل (به‌ترتیب ۱/۱۵ و ۳/۳۳ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر) در حالت آبیاری کامل و کاربرد هم‌زمان میکوریز و آزوسپریلیوم و کم‌ترین آن‌ها (به‌ترتیب ۰/۶۴ و ۱/۸۹ میلی‌گرم در گرم

وزن تر) در حالت آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله آبستنی و عدم کاربرد کود زیستی مشاهده شد (جدول ۹). اثر ترکیب تیماری کودهای زیستی در محلول پاشی آهن نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل کل (۳ میلی گرم در گرم وزن تر) در حالت کاربرد همزمان میکوریز و آزوسپریلیوم و محلول پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانوآکسید آهن به دست آمد. کمترین میزان کلروفیل کل (۲/۱۷ میلی گرم در گرم وزن تر) در شرایط عدم کاربرد کود زیستی و نانوآکسید آهن به دست آمد (جدول ۱۰). در این راستا داوودی فرد و همکاران (۱۳۹۱) اظهار داشتند که کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش به دلیل تخریب کلروپلاست در این شرایط، کاهش ساخت رنگیزه‌ها و نیز اختلال در فعالیت آنزیم‌های مسئول سنتز رنگیزه‌های فتوسنتزی می‌باشد که با افزایش محدودیت آبی، روند تخریب رنگیزه‌های کلروفیل با سرعت بیشتری صورت می‌گیرد. Pagter و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که تنش خشکی با تولید گونه‌های اکسیژن فعال و ایجاد اختلال در سیستم‌های آنزیمی کاهش دهنده فعالیت اکسیژن فعال، موجب افزایش پراکسیداسیون چربی‌ها و خسارت به غشای سلولی شده و در نهایت موجب تخریب رنگدانه‌ها و کاهش غلظت کلروفیل a و b می‌شود. Anjum و همکاران (۲۰۰۳) گزارش دادند که تنش خشکی موجب کاهش میزان کلروفیل b گیاه جو شد. اعتمادی و همکاران (۱۳۹۳) بیان داشتند که کودهای زیستی از طریق مکانیسم‌هایی مانند کاهش محتوای اتیلن، تأمین آهن از طریق تولید سیدروفورها، موجب پایداری بیش‌تر در محتوای کلروفیل برگ می‌شوند. Sannazzaro و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریز گونه *Glomus intraradices* میزان کلروفیل بالاتری نسبت به گیاهان بدون تلقیح داشتند و هادی و همکاران (۱۳۹۵) اظهار داشتند که افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در حضور قارچ‌های میکوریز تحت شرایط محدودیت آبی می‌تواند به صورت قابل توجهی از خسارات ایجاد شده توسط گونه‌های فعال اکسیژن و تخریب کلروفیل جلوگیری کند و کمبود یا فعالیت اندک آهن در گیاهان باعث می‌شود کلروفیل به مقدار کافی تولید نشود و برگ‌ها زرد شوند.

وزن هزار دانه و عملکرد:

مقایسه میانگین ترکیب تیماری آبیاری در محلول پاشی نانوآکسید آهن نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه (۵۳ گرم) در آبیاری کامل و محلول پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانوآکسید آهن و کمترین آن (۴۱/۹۵ گرم) در شرایط محدودیت شدید آبی و عدم محلول پاشی به دست آمد (جدول ۸). اثر ترکیب تیماری آبیاری در کود زیستی مشخص کرد که بالاترین وزن هزار دانه (۵۲/۷۵ گرم) در حالت آبیاری کامل و کاربرد توأم میکوریز و آزوسپریلیوم و کمترین آن (۴۰/۵۷ گرم) در شرایط قطع آبیاری در ۵۰ درصد مرحله آبستنی و عدم کاربرد کودهای زیستی مشاهده شد (جدول ۷). همچنین بیشترین میزان وزن هزار دانه (۴۹/۴ گرم) در ترکیب تیماری کاربرد توأم کودهای زیستی در محلول پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانوآکسید آهن و کمترین وزن هزار دانه (۴۴ گرم) در شرایط شاهد مشاهده شد (جدول ۱۰).

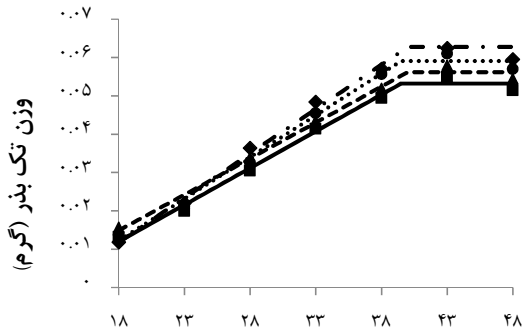
جدول ۶: مقایسه میانگین اثر محلول پاشی نانواکسید آهن، کودهای زیستی و محدودیت آبی بر حداکثر وزن دانه، سرعت و طول دوره پر شدن دانه جو

		سرعت پر شدن دانه (گرم در روز)				حداکثر وزن دانه (گرم)			
		F ₃	F ₂	F ₁	F ₀	F ₃	F ₂	F ₁	F ₀
I ₁	۰/۰۰۹۹±۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۹۳±۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۱۸±۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۱۸±۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۵۹±۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۵۷±۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۵۵±۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۵۴±۰/۰۰۰۱	B ₀
	۰/۰۰۲۰±۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۲۰±۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۱۸±۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۱۹±۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۶۱±۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۵۹±۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۵۸±۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۵۶±۰/۰۰۰۵	B ₁
	۰/۰۰۲۹±۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۲۰±۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۲۷±۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۲۱±۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۶۳±۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۵۹±۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۶۳±۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۵۶±۰/۰۰۰۱	B ₂
	۰/۰۰۲۳±۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۰۲۳±۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۲۳±۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۲۲±۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۶۵±۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۶۳±۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۶۳±۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۶۰±۰/۰۰۰۵	B ₃
	۰/۰۰۱۷±۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۱۷±۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۱۹±۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۱۸±۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۵۷±۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۵۶±۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۵۵±۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۵۳±۰/۰۰۰۱	B ₀
	۰/۰۰۱۹±۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۱۸±۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۱۸±۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۱۹±۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۵۷±۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۵۵±۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۵۵±۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۴۹±۰/۰۰۰۵	B ₁
	۰/۰۰۱۸±۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۱۹±۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۱۹±۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۱۹±۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۵۸±۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۵۹±۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۵۷±۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۵۱±۰/۰۰۰۵	B ₂
	۰/۰۰۲۹±۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۲۰±۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۱۹±۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۱۹±۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۶۱±۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۵۹±۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۵۵±۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۵۳±۰/۰۰۰۱	B ₃
	۰/۰۰۱۸±۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۱۷±۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۱۷±۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۱۶±۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۴۹±۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۴۷±۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۴۳±۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۴۳±۰/۰۰۰۵	B ₀
	۰/۰۰۱۹±۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۱۹±۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۱۸±۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۱۸±۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۵۲±۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۵۱±۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۵۱±۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۴۸±۰/۰۰۰۱	B ₁
۰/۰۰۲۰±۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۱۷±۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۲۱±۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۲۱±۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۵۳±۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۵۳±۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۵۱±۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۴۹±۰/۰۰۰۵	B ₂	
۰/۰۰۲۰±۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۰۱۸±۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۱۹±۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۱۹±۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۵۳±۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۵۱±۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۵۱±۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۵۰±۰/۰۰۰۱	B ₃	

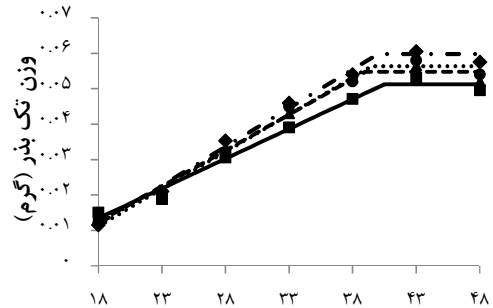
مقادیرهای برآزش شده طول دوره پر شدن دانه (روز)

		سرعت پر شدن دانه (گرم در روز)				حداکثر وزن دانه (گرم)			
		F ₃	F ₂	F ₁	F ₀	F ₃	F ₂	F ₁	F ₀
I ₂	Y=-0.0228+0.00198X	Y=-0.021+0.0019X	Y=-0.0226+0.00192X	Y=-0.0188+0.00188X	۴/۸۳±/۰/۶۸	۴/۱۸±/۰/۳۷	۴/۱۵±/۰/۳۷	۴/۰/۱±/۰/۱۵	B ₀
	Y=-0.0223+0.00206X	Y=-0.025+0.0021X	Y=-0.019+0.00188X	Y=-0.024+0.00202X	۴/۱۶±/۰/۶۶	۴/۱۴±/۰/۶۱	۴/۱۹±/۰/۳۸	۴/۰/۱۶±/۰/۱	B ₁
	Y=-0.0264+0.00222X	Y=-0.0245+0.00214X	Y=-0.027+0.00218X	Y=-0.0266+0.0021X	۴/۱۹±/۰/۵	۴/۱۳±/۰/۳۳	۴/۱۳±/۰/۳۱	۴/۰/۵۸±/۰/۳۵	B ₂
	Y=-0.0281+0.00236X	Y=-0.0282+0.0023X	Y=-0.03+0.00232X	Y=-0.0274+0.00218X	۴/۱۵±/۰/۶۶	۴/۱۷±/۰/۵۴	۴/۱۸±/۰/۶۹	۴/۱/۳±/۰/۴۴	B ₃
	Y=-0.0195+0.00176X	Y=-0.0237+0.00186X	Y=-0.0235+0.0018X	Y=-0.0254+0.00186X	۳/۸۴±/۰/۳	۳/۸۳±/۰/۲۵	۳/۷۵±/۰/۳۸	۳/۶۹±/۰/۵۴	B ₀
	Y=-0.0226+0.00192X	Y=-0.0214+0.00188X	Y=-0.0228+0.0019X	Y=-0.0267+0.00198X	۳/۸۱±/۰/۱۵	۳/۸۹۱±/۰/۰۱	۳/۹۰/۲±/۰/۱۷	۳/۷۵±/۰/۴۱	B ₁
	Y=-0.0188+0.00188X	Y=-0.0223+0.00196X	Y=-0.022+0.0019X	Y=-0.0247+0.00198X	۳/۸۶±/۰/۱۸	۳/۹۰/۳±/۰/۷۵	۳/۸۳±/۰/۱۹	۳/۷۱±/۰/۴	B ₂
	Y=-0.0257+0.00216X	Y=-0.0245+0.0021X	Y=-0.0234+0.002X	Y=-0.0253+0.00206X	۴/۰/۱±/۰/۹	۳/۹۸±/۰/۱۴	۳/۹۲±/۰/۴۳	۳/۷۷±/۰/۳۵	B ₃
	Y=-0.0246+0.00186X	Y=-0.0221+0.0017X	Y=-0.0281+0.00189X	Y=-0.0208+0.0016X	۳/۶۶±/۰/۳	۳/۶۳±/۰/۲۵	۳/۵۹±/۰/۱۵	۳/۵/۶±/۰/۱	B ₀
	Y=-0.0235+0.0019X	Y=-0.026+0.00192X	Y=-0.0238+0.00185X	Y=-0.0224+0.00174X	۳/۶/۸±/۰/۱۳	۳/۶۳±/۰/۲۸	۳/۶۶±/۰/۳۵	۳/۶۴±/۰/۲۶	B ₁
Y=-0.0268+0.00203X	Y=-0.0199+0.00176X	Y=-0.0286+0.00201X	Y=-0.0224+0.0018X	۳/۶±/۰/۵۱	۳/۶/۸±/۰/۸	۳/۶/۵±/۰/۳۳	۳/۶/۳±/۰/۱	B ₂	
Y=-0.0268+0.0021X	Y=-0.0248+0.002X	Y=-0.0259+0.00199X	Y=-0.0283+0.00202X	۳/۳/۵±/۰/۱۵	۳/۷/۳±/۰/۲	۳/۶/۸±/۰/۳	۳/۶/۹±/۰/۹	B ₃	

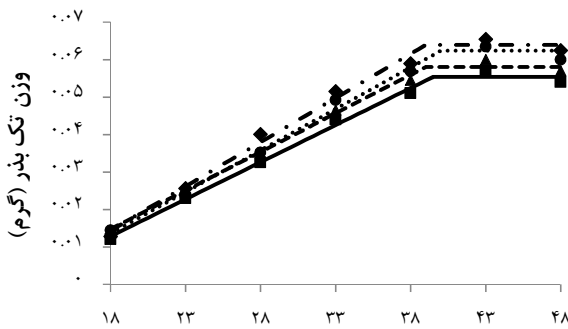
I₁ و I₂ و B₃ به ترتیب آبیاری کامل، قطع آبیاری در ۵۰ درصد مرحله سنبله‌دهی و قطع آبیاری در ۵۰ درصد مرحله آبیاری در B₀، B₁، B₂ و B₃ به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد میکروبیوز، کاربرد اُروسیریلیموم، کاربرد همزمان اُروسیریلیموم و میکروبیوز، F₀، F₁، F₂ و F₃ به ترتیب عدم محلول پاشی، محلول پاشی ۰/۰۳، ۰/۰۴، ۰/۰۹، ۰/۱۹ گرم در لیتر نانواکسید آهن.



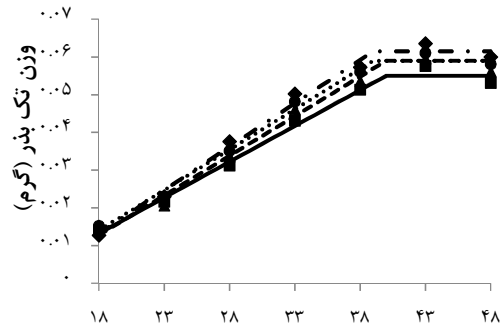
روز پس از خوشه دهی
آبیاری کامل + ۰/۳ گرم در لیتر نانو اکسید آهن



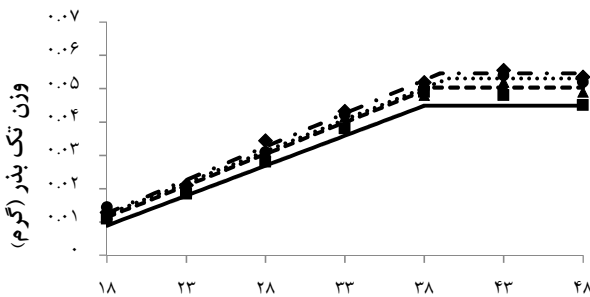
روز پس از خوشه دهی
آبیاری کامل + عدم محلول پاشی



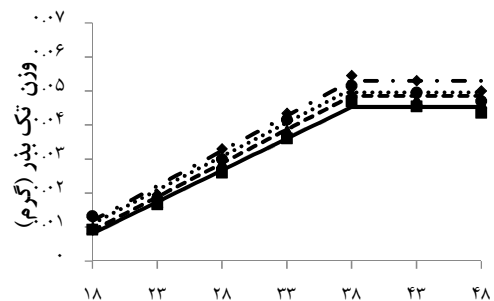
روز پس از خوشه دهی
آبیاری کامل + ۰/۹ گرم در لیتر نانو اکسید آهن



روز پس از خوشه دهی
آبیاری کامل + ۰/۶ گرم در لیتر نانو اکسید آهن

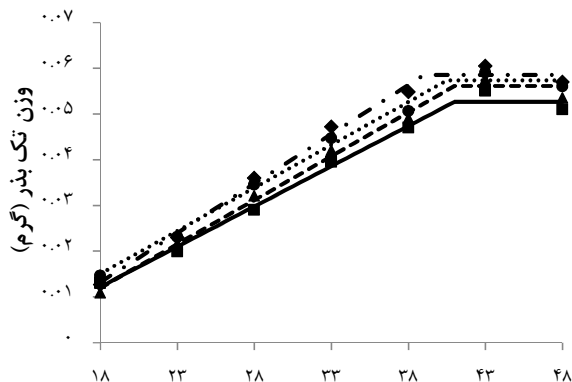


روز پس از خوشه دهی
آبیاری تا ۵۰٪ سنبله دهی + ۰/۳ گرم در لیتر نانو اکسید آهن

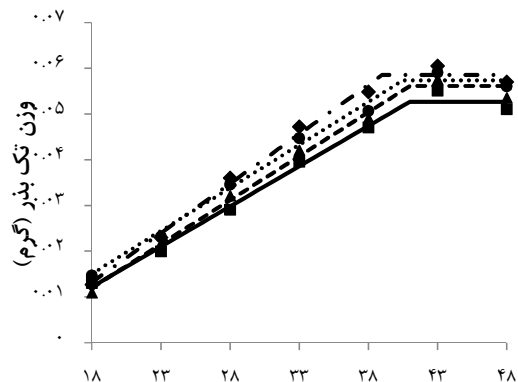


روز پس از خوشه دهی
آبیاری تا ۵۰٪ سنبله دهی + عدم محلول پاشی

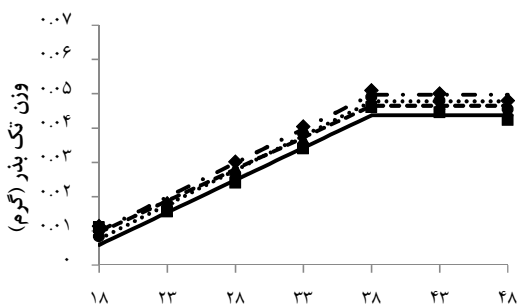
شکل ۱: اثر نانو اکسید آهن، کودهای زیستی و محدودیت آبی بر روند پر شدن دانه



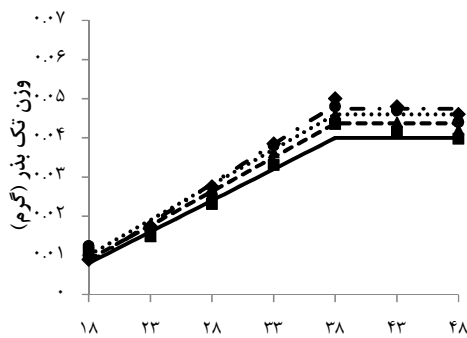
روز پس از خوشه دهی
آبیاری تا ۵۰٪ سنبله دهی + ۰/۹ گرم در لیتر نانو اکسید آهن



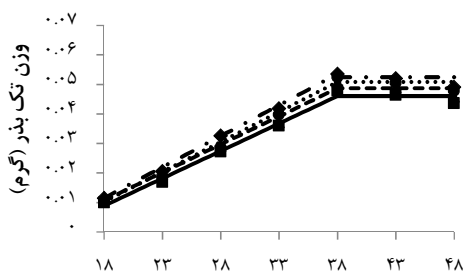
روز پس از خوشه دهی
آبیاری تا ۵۰٪ سنبله دهی + ۰/۶ گرم در لیتر نانو اکسید...



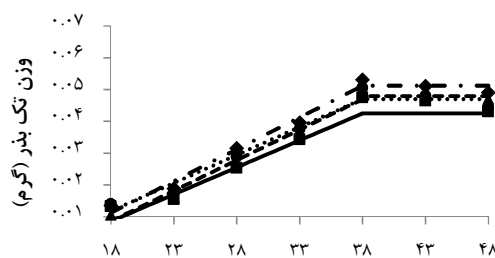
روز پس از خوشه دهی
آبیاری تا ۵۰٪ آبستنی + ۰/۳ گرم در لیتر نانو اکسید آهن



روز پس از خوشه دهی
آبیاری تا ۵۰٪ آبستنی + عدم محلول پاشی



روز پس از خوشه دهی
آبیاری تا ۵۰٪ آبستنی + ۰/۹ گرم در لیتر نانو اکسید آهن



روز پس از خوشه دهی
آبیاری تا ۵۰٪ آبستنی + ۰/۶ گرم در لیتر نانو اکسید آهن

- مقادیر پیش بینی شده (عدم کاربرد آرسپریلیوم و میکوریز)
- - - - مقادیر پیش بینی شده (کاربرد آرسپریلیوم)
- مقادیر مشاهده شده (عدم کاربرد آرسپریلیوم و میکوریز)
- ◆ مقادیر مشاهده شده (کاربرد آرسپریلیوم)
- مقادیر پیش بینی شده (کاربرد میکوریز)
- . - . - مقادیر پیش بینی شده (کاربرد توأم آرسپریلیوم و میکوریز)
- ▲ مقادیر مشاهده شده (کاربرد میکوریز)
- ◆ مقادیر مشاهده شده (کاربرد توأم آرسپریلیوم و میکوریز)

شکل ۱: اثر نانو اکسید آهن، کودهای زیستی و محدودیت آبی بر روند پر شدن دانه

اثر ترکیب تیماری آبیاری در کود زیستی مشخص کرد که بالاترین عملکرد (۲۶۰/۹۸ گرم در مترمربع) در حالت آبیاری کامل و کاربرد هم‌زمان میکوریز و آزوسپریلیوم و کم‌ترین آن (۱۶۷/۶۴ گرم در مترمربع) در شرایط قطع آبیاری در ۵۰ درصد مرحله آبستنی و عدم کاربرد کودهای زیستی مشاهده شد (جدول ۹). به‌نظر می‌رسد افزایش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله، ارتفاع بوته، طول سنبله و وزن هزار دانه تحت اثر ترکیب تیماری کاربرد هم‌زمان کودهای زیستی (آزوسپریلیوم و میکوریز)، محلول پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسید آهن و آبیاری کامل موجب افزایش عملکرد دانه شده است. هم‌چنین بخشی از افزایش عملکرد دانه را می‌توان به سرعت و طول دوره پر شدن دانه نسبت داد. بدین صورت که در حالت آبیاری کامل، سرعت و طول دوره پر شدن دانه افزایش یافت و این امر موجب می‌شود که مواد بیش‌تری در دانه‌ها ذخیره شده و از این طریق موجب افزایش وزن دانه و عملکرد دانه شود. در شرایط آبیاری کامل و محدودیت آبی، بالا بودن میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی در حالت کاربرد کودهای زیستی و محلول پاشی با نانواکسید آهن نیز می‌تواند بخشی از افزایش عملکرد را توصیف نماید. تنش ناشی از محدودیت آبی، به‌خصوص در مرحله زایشی، منجر به کاهش ظرفیت مخزن در گیاه شده و در نتیجه موجب افت شدید عملکرد دانه می‌شود (اردکانی و همکاران، ۱۳۸۰). Schussler و Westgate (۱۹۹۱) گزارش کردند که تنش خشکی از طریق کاهش سطح برگ‌ها و اختلال در روند جذب و انتقال عناصر غذایی، عرضه مواد پرورده را کاهش داده و موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود. آزوسپریلیوم از مهم‌ترین باکتری‌های محرک رشد گیاه می‌باشد که علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن و محلول کردن فسفر خاک، با تولید مقادیر قابل توجه از هورمون‌های تحریک کننده رشد به ویژه انواع اکسین، جیبرلین و سیتوکنین، رشد و نمو و عملکرد گیاهان را تحت اثر قرار می‌دهد (Zahir et al., 2004). Manskem و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که کاربرد هم‌زمان قارچ میکوریز و ازتوباکتر موجب افزایش عملکرد گندم شد. Vessey (۲۰۰۳) افزایش عملکرد دانه در کاربرد میکوریز و باکتری‌های محرک رشد را به افزایش جذب عناصری مانند آهن و فسفر نسبت دادند.

جدول ۷: اثر محلول پاشی نانواکسید آهن و محدودیت آبی بر میزان کلروفیل b، کلروفیل کل و وزن هزار دانه جو

وزن هزار دانه (گرم)	کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم وزن تر)	کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم وزن تر)	ترکیب تیماری
۵۰/۲۷±۱/۲۱	۲/۰±۸۳/۱۶	۰±۱/۰۵	F ₀
۵۱/۲۷±۱/۲۹	۲/۰±۹۹/۲۱	۱/۰±۰۳/۰۸	F ₁
۵۱/۸۷±۱/۳۸	۳/۰±۰۳/۲۱	۱/۰±۰۵/۰۸	F ₂
۵۳±۱/۸۸	۳/۰±۴۶/۲۴	۱/۰±۱۲/۰۹	F ₃
۴۶/۵±۱/۷۵	۲/۰±۲۶/۱	۰/۰±۷۹/۰۳	F ₀
۴۷/۴±۱/۱۹	۲/۰±۴۳/۱۶	۰/۰±۸۲/۰۴	F ₁
۴۷/۴۵±۰/۹۱	۲/۰±۵۵/۱۶	۰/۰±۸۴/۰۳	F ₂
۴۷/۸±۱/۲۱	۲/۰±۶۹/۱۳	۰/۰±۸۶/۰۴	F ₃
۴۱/۹۵±۲/۰۳	۱/۰±۸۸/۰۹	۰/۰±۶۴/۰۱	F ₀
۴۲/۸±۱/۳۳	۲/۰±۰۱/۱۱	۰/۰±۶۷/۰۲	F ₁
۴۲/۶۷±۱/۷۶	۲/۰±۱۳/۲	۰/۰±۶۷/۰۲	F ₂
۴۳/۱۷±۱/۹۵	۲/۰±۲۷/۱۴	۰/۰±۶۹/۰۲	F ₃
۱/۲	۰/۱۳	۰/۰۴	LSD _{0.05}

جدول ۸: مقایسه میانگین اثر محلول پاشی نانو اکسید آهن، کودهای زیستی و محدودیت آبی بر میزان کلروفیل a و کاروتنوئید جو

آبیاری	کود زیستی	کلروفیل a (میلی گرم در گرم وزن تر)				کاروتنوئید (میلی گرم در گرم وزن تر)			
		F ₀	F ₁	F ₂	F ₃	F ₀	F ₁	F ₂	F ₃
	B ₀	۱/۶۹±۰/۰۱	۱/۷۴±۰/۰۲	۱/۸۲±۰/۰۲	۲/۱۴±۰/۱۳	۰/۷۵±۰/۰۱	۰/۷۸±۰/۰۱	۰/۷۷±۰/۰۳	۰/۸۷±۰/۰۱
I ₁	B ₁	۱/۸۴±۰/۰۲	۱/۹۷±۰/۰۸	۱/۹۸±۰/۰۷	۲/۳۲±۰/۱۵	۰/۷۸±۰/۰۱	۰/۸۱±۰/۰۲	۰/۸۸±۰/۰۱	۰/۹۱±۰/۰۱
	B ₂	۱/۷۸±۰/۰۱	۲/۰۳±۰/۰۴	۲/۰۱±۰/۱۹	۲/۴±۰/۰۶	۰/۷۶±۰/۰۱	۰/۷۹±۰/۰۰۵	۰/۸۲±۰/۰۱	۰/۹۱±۰/۰۰۵
	B ₃	۱/۹۹±۰/۰۲	۲/۰۹±۰/۰۶	۲/۱±۰/۰۳	۲/۵۲±۰/۰۲	۰/۸۸±۰/۰۳	۰/۹۳±۰/۰۱	۰/۹۳±۰/۰۰۵	۰/۹۶±۰/۰۰۵
	B ₀	۱/۳۸±۰/۰۲	۱/۴۸±۰/۰۲	۱/۵۳±۰/۱۳	۱/۶۸±۰/۰۳	۰/۵۸±۰/۰۱	۰/۶۲±۰/۰۳	۰/۶۳±۰/۰۲	۰/۶۸±۰/۰۳
I ₂	B ₁	۱/۵۱±۰/۰۲	۱/۵۸±۰/۰۰	۱/۷۱±۰/۰۳	۱/۸۲±۰/۰۲	۰/۶۰±۰/۰۰۵	۰/۶۴±۰/۰۱	۰/۶۹±۰/۰۲	۰/۶۶±۰/۰۲
	B ₂	۱/۴۵±۰/۰۲	۱/۶±۰/۰۰۵	۱/۷۸±۰/۰۶	۱/۸۸±۰/۰۲	۰/۶۱±۰/۰۱	۰/۷±۰/۰۰۲	۰/۶۷±۰/۰۰۴	۰/۷۵±۰/۰۰۵
	B ₃	۱/۵۶±۰/۰۱	۱/۷۸±۰/۰۶	۱/۸۲±۰/۰۷	۱/۹۱±۰/۰۲	۰/۶۶±۰/۰۴	۰/۷۱±۰/۰۰۵	۰/۷±۰/۰۰۱	۰/۷۶±۰/۰۰۵
	B ₀	۱/۱۵±۰/۰۴	۱/۲۲±۰/۰۴	۱/۲۱±۰/۰۲	۱/۴۱±۰/۰۶	۰/۴۷±۰/۰۱	۰/۴۹±۰/۰۰۵	۰/۵۱±۰/۰۲	۰/۵۵±۰/۰۰۵
I ₃	B ₁	۱/۲۳±۰/۰۳	۱/۳۵±۰/۰۶	۱/۵۴±۰/۰۲	۱/۵۸±۰/۰۱	۰/۵۱±۰/۰۰	۰/۵۲±۰/۰۰	۰/۵۷±۰/۰۰۵	۰/۶۱±۰/۰۳
	B ₂	۱/۲۲±۰/۰۳	۱/۴۱±۰/۱۳	۱/۴۵±۰/۱	۱/۶۱±۰/۰۵	۰/۵۳±۰/۰۰۵	۰/۵۴±۰/۰۰۲	۰/۶۲±۰/۰۰۵	۰/۶۲±۰/۰۰۵
	B ₃	۱/۳۵±۰/۰۰۵	۱/۳۷±۰/۰۰۵	۱/۶۵±۰/۰۰۶	۱/۷۱±۰/۰۰۲	۰/۵۵±۰/۰۱	۰/۵۹±۰/۰۱	۰/۶۵±۰/۰۰۴	۰/۶۶±۰/۰۰۴
		LSD _{0.05}				۰/۰۳			

I₁, I₂ و I₃ به ترتیب آبیاری کامل، قطع آبیاری در ۵۰ درصد مرحله سنبله دهی و قطع آبیاری در ۵۰ درصد مرحله آبستنی. B₀, B₁, B₂ و B₃ به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد میکوریز، کاربرد آزوسپریلیوم، کاربرد هم‌زمان آزوسپریلیوم و میکوریز. F₀, F₁, F₂ و F₃ به ترتیب عدم محلول پاشی، محلول پاشی ۰/۳، ۰/۶، ۰/۹ گرم در لیتر نانو اکسید آهن.

جدول ۹: اثر محدودیت آبی و کودهای زیستی بر میزان کلروفیل b، کلروفیل کل، وزن هزار دانه و عملکرد جو

ترکیب تیماری	کلروفیل b (میلی گرم در گرم وزن تر)	کلروفیل کل (میلی گرم در گرم وزن تر)	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد (گرم در مترمربع)	
B ₀	۰/۰±۹۶/۰۳	۲/۰±۸۱/۲	۵۰/۲۵±۱/۲۱	۲۴۲/۰۵±۵/۲۳	
I ₁	B ₁	۱/۰±۰۳/۰۴	۳/۰±۰۶/۲۳	۵۲/۴±۱/۸۴	۲۵۲/۰۴±۷/۱۷
	B ₂	۱/۰±۰۶/۰۸	۳/۰±۱۲/۳۲	۵۱/۰۲±۱/۱۱	۲۴۷/۷۷±۶/۱۲
	B ₃	۱/۰±۱۵/۰۶	۳/۰±۳۳/۲۶	۵۲/۷۵±۱/۴۹	۲۶۰/۹۸±۴/۸۹
	B ₀	۰/۰±۷۸/۰۲	۲/۰±۳/۱۴	۴۵/۹۵±۱/۴۸	۱۸۶/۳۳±۳/۵۲
I ₂	B ₁	۰/۰±۸۳/۰۳	۲/۰±۴۸/۱۵	۴۷/۴±۰/۸۴	۱۹۵/۹۵±۵/۷۵
	B ₂	۰/۰±۸۳/۰۳	۲/۰±۵۱/۲	۴۷/۵±۰/۹۶	۱۹۵/۸±۳/۹۹
	B ₃	۰/۰±۸۸/۰۳	۲/۰±۶۵/۱۶	۴۸/۳±۰/۹۲	۲۰۳/۴۹±۴/۱۹
	B ₀	۰/۰±۶۴/۰۱	۱/۰±۸۹/۱۲	۴۰/۵۷±۱/۲۳	۱۶۷/۶۴±۴/۹۷
I ₃	B ₁	۰/۰±۶۶/۰۲	۲/۰±۰۹/۱۶	۴۳/۶۷±۰/۸۵	۱۷۳/۸۲±۵/۹۴
	B ₂	۰/۰±۶۷/۰۲	۲/۰±۰۹/۱۸	۴۲±۱/۰۲	۱۷۴/۳۹±۲/۷۶
	B ₃	۰/۰±۷/۰۲	۲/۰±۲۲/۱۹	۴۴/۳۵±۰/۹۴	۱۸۵±۳/۶۶
		LSD _{0.05}		۳/۸۴	

I₁, I₂ و I₃ به ترتیب آبیاری کامل، قطع آبیاری در ۵۰ درصد مرحله سنبله دهی و قطع آبیاری در ۵۰ درصد مرحله آبستنی. B₀, B₁, B₂ و B₃ به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد میکوریز، کاربرد آزوسپریلیوم، کاربرد هم‌زمان آزوسپریلیوم و میکوریز. F₀, F₁, F₂ و F₃ به ترتیب عدم محلول پاشی، محلول پاشی ۰/۳، ۰/۶، ۰/۹ گرم در لیتر نانو اکسید آهن.

جدول ۱۰: اثر محلول پاشی نانواکسید آهن و کودهای زیستی بر میزان کلروفیل کل و وزن هزار دانه جو

وزن هزار دانه (گرم)	کلروفیل کل (میلی گرم در گرم وزن تر)	ترکیب تیماری
۴۴±۴/۳۹	۲/۰±۱۷/۳۷	F ₀
۴۵/۸۳±۳/۷۶	۲/۰±۲۷/۳۶	F ₁
۴۶/۵±۴/۳	۲/۰±۳۲/۴۱	F ₂
۴۶/۰۳±۴/۶۳	۲/۰±۵۷/۴۶	F ₃
۴۷±۳/۵۵	۲/۰±۳۳/۴۱	F ₀
۴۷/۶±۳/۵۱	۲/۰±۴۷/۴۳	F ₁
۴۷/۸۳±۳/۵۷	۲/۰±۵۹/۳۵	F ₂
۴۸/۸۶±۴/۹۳	۲/۰±۷۸/۵	F ₃
۴۶/۳۶±۳/۶۲	۲/۰±۲۹/۴	F ₀
۴۷±۴/۰۵	۲/۰±۵۲/۴۳	F ₁
۴۶/۳۳±۴/۴۳	۲/۰±۶/۴۲	F ₂
۴۷/۶۶±۳/۹۹	۲/۰±۸۷/۵۶	F ₃
۴۷/۶±۳/۲۳	۲/۰±۵/۴۶	F ₀
۴۸/۲±۳/۷۷	۲/۰±۶۵/۵	F ₁
۴۸/۶۶±۴/۰۵	۲/۰±۷۷/۵	F ₂
۴۹/۴±۳/۹۱	۰±۳/۵۸	F ₃
۳/۷۵	۰/۴۲	LSD _{0.05}

B₀, B₁, B₂ و B₃ به ترتیب عدم کاربرد کودهای زیستی، کاربرد میکوریز، کاربرد آزوسپریلیوم، کاربرد همزمان آزوسپریلیوم و میکوریز، F₀, F₁, F₂ و F₃ به ترتیب عدم محلول پاشی، محلول پاشی ۰/۳، ۰/۶، ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسید آهن.

نتیجه گیری

با افزایش محدودیت آبی، عملکرد، اجزای عملکرد، سرعت و طول دوره پر شدن دانه کاهش یافت. کاربرد کودهای زیستی و محلول پاشی با نانواکسید آهن در مقایسه با عدم کاربرد و عدم محلول پاشی منجر به افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه شد. نتایج نشان داد قطع آبیاری در مراحل سنبله دهی و آبستنی نسبت به آبیاری کامل، عملکرد دانه را به ترتیب به مقدار ۲۲/۰۶ و ۳۰/۱۱ درصد کاهش داد و استفاده همزمان میکوریز و آزوسپریلیوم در مقایسه با عدم کاربرد آنها، به مقدار ۸/۹۶ درصد و محلول پاشی با ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسید آهن در مقایسه با عدم محلول پاشی، به مقدار ۴/۶۳ درصد باعث افزایش عملکرد شدند.

منابع

- احمدی، ع.، حسین پور، ط.، محمدی، ف.، پورقاسمی، ر. ۱۳۹۶. بررسی روند رشد دانه برخی ارقام گندم دیم. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی جلد ۹ شماره ۲۸، ص ۱۰-۲۰.
- اردکانی، م. ر.، مجد، ف.، مظاهری، د.، نور محمدی، ق. ۱۳۸۰. بررسی کارایی آزوسپریلیوم، میکوریزا و استرپتومایسس به همراه مصرف کود دامی در گندم با استفاده از فسفر ۳۲. مجله علوم زراعی ایران جلد ۳ شماره ۱، ص ۵۶-۶۹.

اعتمادی، ف. مداح حسینی، ش. دشتی، ح. و اخگر، ع. ۱۳۹۳. بررسی تأثیر باکتریهای محرک رشد بر برخی شاخصهای رشدی و عملکرد گلرنگ در سطوح مختلف شوری. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی جلد ۴ شماره ۱۱ ص ۷۷-۸۶.

امام، ی.، نیک‌نژاد، م. ۱۳۹۰. مقدمه‌ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی. چاپ سوم. انتشارات دانشگاه شیراز. ۵۷۱ ص.

داوودی فرد، م.، حبیبی، د.، داوودی فرد، ف. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر باکتری‌های محرک رشد و محلول پاشی اسیدهای آمینه و سیلیسیک اسید بر برخی صفات فیزیولوژیک گیاه گندم (*Triticum aestivum* L.) تحت شرایط تنش خشکی. مجله زراعت و اصلاح نباتات جلد ۸ شماره ۱ ص ۱۰۱-۱۱۴.

راعی، ی.، صدقی، م. و سید شریفی، ر. ۱۳۸۷. آثار تلقیح برادی ریزوبیوم، کاربرد اوره و وجین علف هرز بر روند رشد و سرعت پر شدن دانه در سویا. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی سال ۱۲ شماره ۴۳، ص ۸۱-۹۱.

سید شریفی و نامور، ع. ۱۳۹۴. کودهای زیستی در زراعت. انتشارات دانشگاه محقق اردبیلی ۲۸۲ ص.

علیزاده، ا.، مجیدی، ا.، نورمحمدی، ق. و عامریان، م. ۱۳۸۶. بررسی اثرات تلقیح میکوریزا در سطوح مختلف آبیاری و نیتروژن بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ذرت. فصلنامه یافته‌های نوین کشاورزی سال اول شماره ۴، ص ۳۰۹-۳۱۶.

هادی، ه.، سیدشریفی، ر. و نامور، ع. ۱۳۹۵. محافظ‌های گیاهی و تنش‌های غیر زیستی. انتشارات دانشگاه اومیه ۳۴۱ ص.

Alvaro, F., Isidro, J., Villegas, D., Corcia del mora, L. F. and Royo, C. 2008. Breeding effects on grain filling, biomass partitioning, and remobilization in mediterranean durum wheat. *Agronomy Journal*, 100: 361-370.

Anjum, F., Yaseen, M., Rasool, E., Wahid, A. and Anjum, S. 2003. Water stress in barley (*Hordeum vulgare* L.) II. Effect on chemical composition and chlorophyll contents. *Pakistan Journal of Agriculture of Science*, 40(1-2): 41-49.

Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplast polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24(1): 1-15.

Arshad, M., Shaharoon, B. and Mahmood, T. 2008. Inoculation with *Pseudomonas* spp. containing ACC-Deaminase partially eliminates the effects of drought stress on growth, yield, and

ripening of pea (*Pisum sativum* L.). *Pedosphere*, 18: 611-620.

Ashraf, M. Y., Azmi, A. R., Khan, A. H. and Ala, S. A. 1994. Effect of water stress on total phenols, peroxidase activity and chlorophyll content in wheat. *Acta Physiology Plant*, 16(3): 185-191.

Babaei, K., Seyed Sharifi, R., Pirzad, A. and Khalilzadeh, R. 2017. Effects of bio fertilizer and nano Zn- Fe oxide on physiological traits, antioxidant enzymes activity and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity stress. *Journal of Plant Interactions*. 12 (1): 381-389.

Brdar, M. D., Kraljevic-Balalic Marija, M. and Borislav, D. 2008. The arameters of grain filling and yield components in common wheat (*Triticum aestivum* L.) and durum wheat (*Triticum turgidum* L. Var. Durum). *Central European Jourual of Biology*, 3(1): 75-82.

Burd, G. I., Dixon, D. G. and Glick, B. R. 2000. Plant Growth Promoting Rhizobacteria that decrease heavy metal toxicity in plants. *Canadian Journal of Microbiology*, 33: 237-245.

Cakmakci, R. I., Donmez, M. F. and Erdogan, U. 2007. The effect of plant growth promoting rhizobacteria on barely seedling growth, nutrient uptake, some soil properties, and bacterial counts. *Turkish Journal of Agriculture*, 31: 189-199.

Caliskan, S., Ozkaya, I., Caliskan, M. E. and Arslan, A. 2008. The effects of nitrogen and iron fertilization on growth, yield and fertilizer use efficiency of soybean in a Mediterranean type soil, *Field Crops Research*, 108(2): 126-132.

Chaurasia, B. and Khare, P. K. 2005. *Hordeum vulgare*: A suitable substrate for mass production of arbuscular mycorrhizal fungi from natural soil. *Applied Ecology and Environmental Research*, 4: 45-53.

Desuloux, D., Huynh, T. T. and Roumet, P. 2000. Identification of soybean plant characteristics that indicate the timing of drought stress. *Crop Science*. 40: 716-722.

Dommelen, A. V., Croonenborghs, A. and Vanderleyden, J. 2009. Wheat growth promotion through inoculation with an ammonium-excreting mutant of *Azospirillum brasilense*. *Biology and Fertility of Soils*, 45(5): 549-553.

Ellis, H. R. and Pieta-Filho, C. 1992. The development of seed quality in spring and winter cultivars of barely and wheat. *Seed Science Research*, 2: 19-25.

El-Magid, A. A., Knany, R. E. and El-Fotoh, H. G. A. 2000. Effect of foliar application of some micronutrients on wheat yield and quality. *Annals of Agricultural Science Cairo*, 1: 301-313.

Ghafari, H. and Razmjoo, J. 2013. Effect of foliar application of nano-iron oxidase, iron chelate and iron sulphate rates on yield and quality of wheat. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4(11): 2997-3003.

Gianinazzi, S., Schuepp, H., Barea, J. M. and Haselwandter, K. 2001. Mycorrhizal technology in agriculture: from genes to bioproducts. Birkhauser, Basel. ISBN: 376436858. Also in: *Mycorrhiza*, 13: 53-54. Lovato, P. Book review.

Grattan, S. R. and Grieve, C. M. 1999. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Journal of Horticultural Science*, 78: 127-157.

Guttieri, M. J., Stark, J. C., Brien, K. O. and Souza, E. 2001. Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. *Crop Science*, 41: 327- 335.

Hemantaranjan, A. and Gray, O. K. 1988. Iron and zinc fertilization with reference to the grain quality *Triticum aestivum*. L. *Journal of Plant Nutrition*, 11: 1439-1452.

Khalilzadeh, R., Seyed Sharifi, R. and Jalilian, J. 2017. Growth, physiological status and yield of salt-stressed wheat (*Triticum aestivum* L.) plants as affected by application of bio fertilizer and cycocel. *Arid Land Research and Management*. 1: 1-25.

Kheirizadeh Arough, Y. and Seyed Sharifi, R. 2017. Physiological Responses of *Triticale* to Zinc Application and Bio Fertilizers Under Water Limitation Condition. *The Philippine Agricultural Scientist* 100 (2): 178-189.

Kumari, S. L. and Valarmathi, G. 1998. Relationship between grain yield grain filling rate and duration of grain filling in rice. *Madras Agricultural Journal*, 85: 210-211.

Lemon, J. 2007. Nitrogen management for wheat protein and yield in the sperance port zone. Department of Agriculture and Food Publisher, P. 25.

Lucy, M., Reed, E. and Glick, B. R. 2004. Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. *Antony Van Leeuwenhoek* 86: 1-25.

Manskem, G. B., Luttger, A., Behl, R. K., Vlekand, P. G. and Cimmit, M. 2000. Enhancement of mycorrhiza (VAM) infection, nutrient efficiency and plant growth by *Azotobacter chroococcum* in wheat. *Journal of Plant Breeding*, 13: 78-83.

Ouk, M., Shu, F., Ken, F., Jaya, B., Mark, C. and Harry, N. 2003. Routine selection for drought resistance in rain fed lowland rice (*Oryza sativa* L.) in Cambodia. In: *Proceedings of the International Conference on Research on Water in Agriculture, CARDI, Cambodia*. 25-29.

Pagter, M., Bragato, C. and Brix, H. 2005. Tolerance and physiological responses of phragmites australis to water deficit. *Aquat Botany*, 81: 285-299.

Panwar, J. D.S. 1991. Effect of VAM and Azospirillum brasilense on photosynthesis, nitrogen metabolism and grain yield in wheat. *Indian J. Plant Physiol*, 34: 357-361.

Reddy, A. R., Chaitanya, K. V. and Vivekanandan, M. 2004. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of Plant Physiology*, 161: 1189-1202.

Rejeb, I., Pastor, V. and Mauch-Mani, B. 2014. Plant Responses to Simultaneous Biotic and Abiotic Stress: Molecular Mechanisms. *Plants*, 3(4): 458-475.

Ronanini, D. R., Savin, R. and Hall, A. J. 2004. Dynamic of fruit growth and oil quality of sunflower (*Helianthus annuus L.*) exposed to brief interval of high temperature during grain filling. *Field Crops Research*, 83: 79-90.

Sannazzaro, A. I., Alberto, E., Ruiz, O. A. and Menendez, B. 2005. Influence of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* on the saline stress physiology of *Lotus glaber*. *Lotus Newsletter*, 35: 29-30.

Schussler, J. R. and Westgate, M. E. 1991. Maize kernel set. *Crop Science*, 31: 1189-1195.

Shamsi, K., Petrosyan, M., Noor-mohammadi, G. and Haghparast, R. 2010. Evaluation of grain yield and its components in three bread wheat cultivars under drought stress. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 9(1): 1117- 1121.

Syverud, T. D., Walsh, L.M., Oplinger, E. S. and Kelling, K. A. 1980. Foliar fertilization of soybean (*Glycine max L.*). *Communication Soil Science and Plant Nutrition*, 11: 637-651.

Tsuno, Y., Yamaguchi, T. and Nakano, J. 1994. Potential dry matter production and grain filling process of rice plant from the viewpoint of source-sink relationships and the role of root respiration in its relationship. *Bull. Faculty of Agricultural. Tottori University*, 47: 1-10.

Vessey, J. K. 2003. Plant growth-promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*, 255: 571-586.

Yeritsyan, N. and Economakis, C. 2002. Effect of nutrient solution's iron concentration on growth and essential oil content of oregano plants growth in solution culture. *Acta Horticulture*, 576: 277-283.

Zahir, A. Z., Arshad, M. and Frankenberger, W. F. 2004. Plant growth promoting

rhizobacteria. Application and perspectives in agriculture. *Advances in Agronomy*, 81: 97-168.