

تاثیر آبیاری تکمیلی و کاربرد میکوریزا و ازتوباکتر بر اجزای پر شدن دانه‌ی جو دیم
(*Hordeum vulgare* L.)ندا عبادی^۱، رئوف سیدشریفی^{۱*}، حامد نریمانی^۱، راضیه خلیل زاده^۲^۱گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران^۲گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۰/۰۳ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۲/۳۰

چکیده

به منظور بررسی تاثیر آبیاری تکمیلی و کاربرد میکوریزا و ازتوباکتر بر مولفه‌های پر شدن دانه، محتوای کلروفیل و عملکرد دانه جو دیم رقم سهند، آزمایش فاکتوریلی در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۵ در روستای ویند کلخوران اردبیل انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل سطوح آبیاری (عدم آبیاری یا زراعت دیم، آبیاری تکمیلی در ۵۰ درصد مراحل آبستنی و سنبله‌دهی) و کاربرد کودهای زیستی (عدم کاربرد کودهای زیستی به عنوان شاهد، کاربرد قارچ میکوریزا، ازتوباکتر، کاربرد توام ازتوباکتر و قارچ میکوریزا) بودند. نتایج نشان داد که بیش‌ترین محتوای کلروفیل a، b، کارتنوئید، کلروفیل کل، فلورسانس حداکثر، فلورسانس متغیر و عملکرد کوانتومی، طول دوره پر شدن دانه و حداکثر وزن دانه در آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی با کاربرد توام قارچ میکوریزا و ازتوباکتر، و کم‌ترین مقادیر این صفات در شرایط دیم بدون کاربرد کودهای زیستی به دست آمد. بیش‌ترین سرعت پر شدن دانه در شرایط دیم بدون کاربرد کودهای زیستی و کم‌ترین آن در شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی با کاربرد قارچ میکوریزا به دست آمد. آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی با کاربرد توام میکوریزا و ازتوباکتر عملکرد دانه را ۲۹/۸۷ درصد در مقایسه با عدم کاربرد کودهای زیستی تحت شرایط دیم افزایش داد. بر اساس نتایج، به نظر می‌رسد کاربرد کودهای زیستی و آبیاری تکمیلی می‌تواند به واسطه بهبود کلروفیل و مولفه‌های پر شدن دانه، عملکرد جو دیم را افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: فلورسانس کلروفیل، رنگدانه‌های فتوسنتزی، سرعت پر شدن دانه، کودهای زیستی

مقدمه

فلورسانس کلروفیل نیز یکی از معیارهای مناسب برای ارزیابی اثر تنش‌های محیطی مختلف بر روی گیاهان زراعی است. وقتی مولکول‌های کینون یا اولین گیرنده الکترون فتوسیستم دو در وضعیت کاملاً اکسید شده هستند، سیستم دارای کم‌ترین فلورسانس (F₀) می‌باشد که به تدریج با افزایش احیای این مولکول‌ها، فلورسانس افزایش می‌یابد. این روند تا احیای کامل مولکول‌های آن ادامه پیدا می‌کند. در چنین حالتی مرکز فتوسیستم، در حالت احیای کامل بوده و دارای بیشینه فلورسانس (F_m) است. در واقع تنش‌های محیطی با

محدودیت آبی مهم‌ترین عامل کاهش تولید در مناطق خشک و نیمه‌خشک به حساب می‌آید که موجب تسریع رشد و کوتاه شدن دوره رشدی گیاه از جمله دوره‌ی پر شدن دانه می‌شود (Debaeke and Abdellah, 2004). Yasseen و Al-omary (۱۹۹۴) اعلام کردند که خشکی در مرحله پر شدن دانه، موجب تسریع پیری برگ‌ها، کاهش طول دوره‌ی پر شدن دانه، و کاهش اندازه و وزن دانه‌ها می‌شود.

*نویسنده مسئول: raouf_ssharifi@yahoo.com

میکروارگانیزم‌های از دست رفته در اثر تنش‌های محیطی است (Seyed Sharifi and Namvar, 2015). مصرف این کودها قادرند ضمن افزایش تحمل گیاه به محدودیت آبی (Cooper and Tinker, 2003) از طریق افزایش جذب عناصر غذایی، به بهبود رشد گیاه و افزایش عملکرد کمک می‌کنند (Farsari and Moghaddam, 2019). در این راستا میکوریزا در شرایط محدودیت آبی با افزایش پتانسیل آب برگ (Ladjal et al., 2005)، سرعت مصرف دی اکسید کربن (Amerian et al., 2001) و نیز افزایش میزان جذب آب در واحد زمان و در واحد طول ریشه‌ی گیاه میزبان به کمک شبکه گسترده هیفی، جذب و انتقال آب و عناصر معدنی را از مناطقی که برای سیستم ریشه‌ای غیر قابل دسترس می‌باشد به گیاه افزایش داده و این همزیستی به گیاهان کمک می‌کند تا قادر به رشد در شرایط دشوار باشند (Alizadeh et al., 2010). در تحقیقی مشخص شد که کلونیزاسیون شدید ریشه‌های جو با میکوریزا، رشد گیاه و تولید ماده خشک را افزایش داد (Chaurasia and Khare, 2005). Kheirizadeh Arogh و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که کاربرد همزمان میکوریزا با باکتری‌های محرک رشد می‌تواند در بهبود عملکرد، محتوای کلروفیل و عملکرد کوانتومی برگ پرچم تریتیکاله در شرایط محدودیت آبی موثر واقع شود. Khalilzadeh و همکاران (۲۰۱۶) افزایش محتوای کلروفیل و کاروتنوئیدها در گندم را به‌واسطه کاربرد کودهای زیستی تحت شرایط محدودیت آبی گزارش کرده‌اند. افزایش محتوای کلروفیل در طول دوره رشد به خصوص دوره پر شدن دانه موجب افزایش سرعت و طول دوره پر شدن دانه می‌شود (Tsun et al., 1994). زیرا وزن نهایی دانه به عنوان یکی از اجزاء تعیین کننده عملکرد دانه، به‌وسیله سرعت و دوره پر شدن دانه مشخص می‌شود. طولانی بودن این دوره

اثر سویی که بر فوتوسنتز می‌گذارند موجب می‌شوند ظرفیت پذیرش و انتقال الکترون را کاهش داده و در نتیجه سیستم به سرعت به F_m می‌رسد و نتیجه‌ی آن کاهش فلورسانس قابل دسترس یا فلورسانس متغیر (F_v) خواهد بود. از آنجایی که کارایی فتوشیمیایی فوتوسنتز دو به صورت نسبت F_v/F_m بیان می‌شود از این رو تنش‌های محیطی مانند شوری و محدودیت آبی موجب کاهش نسبت F_v/F_m می‌شوند (Habibpour, Bhardway and Singhal, 1981). Kashafi و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند تنش خشکی موجب افزایش فلورسانس حداقل (F_0) و کاهش فلورسانس حداکثر (F_m)، فلورسانس کلروفیل (F_v/F_m) و شاخص کلروفیل لویا شد. یکی از راه کارهای مناسب برای بهبود عملکرد غلات در مناطق تحت زراعت دیم، اجرای آبیاری تکمیلی است تا آب کافی برای تداوم رشد بوته‌ها و افزایش عملکرد دانه تامین شود (Oweis and Hamzei and Seyedi, 2009). Hachum (۱۳۹۰) گزارش کردند که انجام آبیاری تکمیلی در مراحل گل‌دهی و پر شدن دانه‌ی جو، عملکرد دانه را به ترتیب ۴۵ و ۹۰ درصد نسبت به شرایط دیم افزایش داد. Savin و همکاران (۱۹۹۶) گزارش کردند که فراهمی آب در زمان سنبله‌دهی اعم از بارندگی یا آبیاری از بروز تنش خشکی و کاهش دوره رشد زایشی گیاه در اثر تنش، جلوگیری کرده و به تبع از آن عملکرد دانه افزایش می‌یابد. نتایج یک بررسی نشان داد که آبیاری تکمیلی در مقایسه با شرایط دیم به‌طور معنی‌داری تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت جو را افزایش داد (Hamzei and Seyedi, 2014). کاربرد کودهای زیستی (قارچ میکوریزا و باکتری‌های محرک رشد) یکی از شیوه‌های مناسب کشاورزی برای بهبود حاصلخیزی خاک و جبران

طول شرقی و ۳۸° و ۱۵' عرض شمالی در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ اجرا شد.

تیمارهای آزمایشی: آبیاری در سه سطح (عدم آبیاری یا کشت دیم، آبیاری تکمیلی در ۵۰ درصد مرحله آبستنی، آبیاری تکمیلی در ۵۰ درصد مرحله سنبله دهی) و کودهای زیستی در چهار سطح (عدم کاربرد به‌عنوان شاهد، کاربرد میکوریزا، ازتوباکتر، کاربرد توام ازتوباکتر و میکوریزا) بودند. قارچ میکوریزا مورد استفاده از نوع *G. moseae* بود که از شرکت زیست فناوران توران تهیه شد. ازتوباکتر از سویه خالص 5 *Azotobacter chroococum strain* بود و از موسسه خاک و آب تهیه شد.

شرایط اقلیمی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه آزمایشی: مشخصات هواشناسی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در جدول ۱ و ۲ آورده شده است.

امکان انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر از مبداء به مقصد و در نتیجه افزایش عملکرد دانه را فراهم می‌سازد. نظر بر این است که تعداد و وزن دانه در طول گرده‌افشانی یا مدت کوتاهی بعد از این مرحله تنظیم می‌شوند و تغییر در توانایی جذب آب در این دوره رشدی، می‌تواند تأثیر عمده در عملکرد گندم داشته باشد (Khalilzadeh et al., 2017). از این رو به دلیل اهمیت آبیاری تکمیلی و کودهای زیستی در بهبود عملکرد جو دیم و بررسی‌های محدود انجام شده در این زمینه موجب شد تا تأثیر توام این دو عامل بر عملکرد، محتوای کلروفیل و مولفه‌های پرشدن دانه جو مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در روستای ویند کلخوران اردبیل با مختصات جغرافیایی ۴۸° و ۲۰'

جدول ۱: اطلاعات هواشناسی در طول دوره رشد (۱۳۹۵-۹۶)

پارامتر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر
میانگین حداقل دما (°C)	۲/۷	-۵/۱	-۳/۹	-۸/۶	-۰/۸	۲/۸	۸	۱۱/۴	۱۴/۵
میانگین حداکثر دما (°C)	۱۲/۱	۴	۵/۸	۰/۵	۹	۱۲/۸	۲۰/۱	۲۵/۵	۲۶/۴
میانگین دمای روزانه (°C)	۷/۴	-۰/۶	۰/۹	-۴	۴/۱	۷/۸	۱۴	۱۸/۵	۲۰/۴
بارندگی (mm)	۷۴/۸	۱۰۴/۷	۵/۷	۸۲/۶	۱۷	۵۲/۱	۲۶/۷	۱۰/۹	۹/۷
مجموع ساعات آفتابی (hr)	۵/۱	۵/۶	۷/۲	۴/۶	۷/۳	۶/۵	۷/۸	۱۰/۹	۱۰/۳
میانگین دمای خاک در عمق ۵ سانتی‌متر (°C)	۷/۵	۰/۶	-۰/۵	-۰/۹	۲/۹	۹	۱۶	۲۲/۹	۲۵/۲
میانگین حداقل دمای سطح (°C)	۰/۹	-۷/۵	-۶/۸	-۱۲/۶	-۵/۳	-۰/۳	۴/۹	۹/۲	۱۲/۳

ماخذ: اداره کل هواشناسی استان اردبیل

جدول ۲: خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

مشخصه	آهک	رس	سیلت	شن	کربن آلی	نیترژن کل	هدایت الکتریکی	pH	فسفر	پتاسیم	درصد اشباع	بافت
									mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	(درصد)	
میزان	۱۵	۲۳	۴۲	۳۵	۰/۶۲	۰/۰۶۲	۰/۵	۷/۸	۱۹/۸	۲۱۲	۴۷	سیلتی-لوم

برنامه Proc NLIN نرم افزار SAS بر اساس رابطه ۱ استفاده شد.

$$GW = \begin{cases} a + bt_0 & t < T_0 \\ a + bt & t > T_0 \end{cases} \quad \text{رابطه ۱}$$

که در آن GW وزن دانه، t زمان و b سرعت پر شدن دانه، t_0 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 t_0 که در حقیقت زمان رسیدگی وزنی است، به صورت خطی افزایش پیدا می‌کند. شیب خط رگرسیون در این مرحله ($t < t_0$) سرعت پر شدن دانه را نشان می‌دهد (Ellis and Pieta-Filho, 1992). با برازش این مدل بر کلیه داده ها ابتدا دو پارامتر مهم پر شدن دانه یعنی سرعت پر شدن دانه (b) و زمان رسیدگی وزنی (t_0) به دست آمده و سپس مقدار عددی t_0 در قسمت دوم رابطه فوق قرار داده شد و GW که وزن دانه است محاسبه شد. برای تعیین دوره موثر پر شدن دانه از رابطه $EFP = MGW/GFR$ استفاده شد (Ellis and Pieta-Filho, 1992). در این رابطه EFP دوره موثر پر شدن دانه، MGW حداکثر وزن دانه و GFR سرعت پر شدن دانه است.

ارزیابی محتوای کلروفیل و کارایی همزیستی:
محتوای کلروفیل a، b و کلروفیل کل برگ با استفاده از روش Arnon (۱۹۶۷) اندازه‌گیری شد. کارایی همزیستی از رابطه پیشنهادی Bech و همکاران (۱۹۹۳) محاسبه شد. بر اساس این رابطه چنان‌که عدد کارایی همزیستی کوچکتر یا مساوی ۵۰ درصد باشد غیر موثر، بین ۵۰-۷۵ درصد باشد نسبتاً موثر، بین ۷۵-۱۰۰ درصد باشد موثر و بزرگتر از ۱۰۰ درصد باشد کارایی خیلی موثر است.

نحوه کشت و اعمال تیمارهای آزمایشی: مزرعه آزمایشی در سال قبل آیش بود. جو رقم سه‌سند در ۱۰ آبان ۱۳۹۵ با تراکم ۴۰۰ بذر در متر مربع کشت شد. هر واحد آزمایشی شامل پنج خط کشت به طول دو متر و فاصله بین ردیفی ۲۰ سانتی‌متر بود. به منظور اطمینان از عدم تداخل آب آبیاری به کرت‌های مجاور، فاصله‌ی بین کرت‌ها ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. برای تلقیح بذر با باکتری‌مورد نظر، از مایه تلقیحی استفاده شد که هر گرم آن دارای 10^7 عدد باکتری زنده و فعال بود. همچنین از محلول صمغ عربی به نسبت ده درصد وزنی-حجمی 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 میکوریزا به روش استاندارد و توصیه شده Gianinazzi و همکاران (۲۰۰۱) و به مقدار ۲۰ گرم قارچ در هر متر مربع خاک (۲۰۰ کیلوگرم در هر هکتار) به استناد توصیه شرکت زیست فناوران توران استفاده شد. در طول اجرای آزمایش از کود خاصی استفاده نشد.

ارزیابی مولفه‌های پر شدن دانه: برای تعیین مولفه‌های پر شدن دانه، قبل از نمونه‌برداری ۵۰ بوته یکسان از نظر مرحله رشد در خطوط اصلی هر کرت و از بین بوته‌های رقابت‌کننده انتخاب شدند. نمونه برداری از حدود ۸ روز بعد از سنبله‌دهی در فواصل زمانی هر چهار روز یک بار انجام شد. هر بار سه خوشه از هر واحد آزمایشی 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 گرفت. 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

ارزیابی پارامترهای فلورسانس کلروفیل: پارامترهای فلورسانس کلروفیل برگ پرچم ۱۶ روز پس از خوشه‌دهی، توسط دستگاه فلورسانس کلروفیل (OS-30p) از هر تیمار به طور تصادفی ۶ برگ پرچم توسعه یافته (در فاصله زمانی ساعت ۸-۱۰ صبح) انتخاب و بعد از ۱۵ دقیقه تاریکی توسط کلیپس‌های مخصوص، اندازه‌گیری شدند (Kheirizadeh Arough et al., 2016). این اندازه‌گیری‌ها شامل F_m (حداکثر فلورسانس در برگ سازگار شده با تاریکی)، F_v (فلورسانس متغیر از برگ سازگار شده با تاریکی)، F_v/F_m (حداکثر عملکرد کوآنتومی فتوسیستم دو در شرایط سازگار شده با تاریکی) بود.

ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد: در زمان رسیدگی به منظور تعیین اجزای عملکرد، ۱۰ بوته از ردیف‌های اصلی هر واحد آزمایشی و از بین بوته‌های رقابت‌کننده انتخاب و میانگین داده‌های حاصل به عنوان ارزش آن صفت در جدول تجزیه واریانس منظور شد. عملکرد دانه از سطحی معادل نیم‌متر 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 در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج

محتوای کلروفیل: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که آبیاری تکمیلی، کودهای زیستی و ترکیب تیماری این دو عامل بر محتوای کلروفیل a، b،

کارتنوئید و کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین محتوای کلروفیل a، b، کارتنوئید و کلروفیل کل (به ترتیب ۱/۷۶، ۰/۸۸، ۰/۸۳ و ۲/۶۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) در آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی با کاربرد توام قارچ میکوریزا آربوسکولار و ازتوباکتر و کم‌ترین مقادیر این صفات تحت شرایط دیم و عدم کاربرد کودهای زیستی به دست آمد (جدول ۴).

تعداد دانه در سنبله: مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله (۲۷/۱۲) در آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی با کاربرد توام میکوریزا و ازتوباکتر و کم‌ترین مقادیر این صفات تحت شرایط دیم و عدم کاربرد کودهای زیستی به دست آمد (جدول ۴). به بیانی دیگر انجام آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی با کاربرد ازتوباکتر و قارچ میکوریزا توانست تعداد دانه در سنبله را ۴۵/۹۶ درصد نسبت به زراعت دیم و عدم کاربرد کودهای زیستی افزایش دهد. محاسبه کارایی همزیستی نشان داد که کاربرد تک تک کودهای زیستی اعم از میکوریزا، ازتوباکتر و کاربرد توام میکوریزا با ازتوباکتر در تمامی سطوح آبیاری (اعم از زراعت دیم یا کاربرد آبیاری تکمیلی در ۵۰ درصد مراحل آبستنی و سنبله‌دهی) در مقایسه با عدم استفاده از این کودهای زیستی، از همزیستی موثری برخوردار بودند ولی بیشترین عدد این همزیستی (۱۰۶/۷۲)، در استفاده توام میکوریزا با ازتوباکتر و در آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی به دست آمد (شکل ۱).

جدول ۳- تجزیه واریانس محتوای کلروفیل، مولفه‌های پر شدن دانه و عملکرد جو متأثر از کاربرد کودهای زیستی در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم

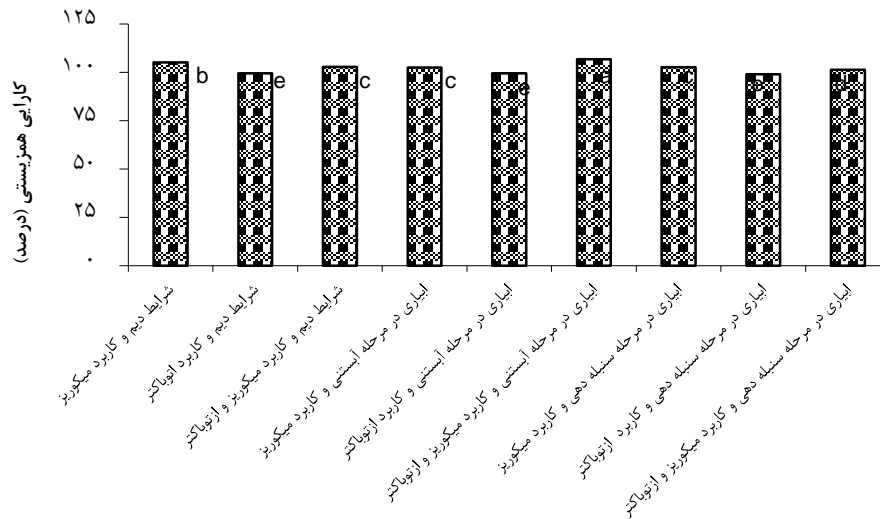
منابع تغییر	دفعه آزادی	میلوگ	آبیاری تکمیلی (a)	کودهای زیستی (b)
کلروفیل a (میلی گرم بر گرم وزن تر)	۲	۰/۰۰۰۰۸ ^{ns}	۰/۰۰۰۳۵ ^{ns}	۰/۰۰۰۵۹ ^{ns}
کلروفیل b (میلی گرم بر گرم وزن تر)	۲	۰/۰۰۰۰۱۳ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۱۳ ^{ns}
کاروتنوئید (میلی گرم بر گرم وزن تر)	۲	۰/۰۰۰۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۱۸ ^{ns}
کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم وزن تر)	۲	۰/۰۰۰۰۱۲ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۸۴ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۱۱ ^{ns}
تعداد دانه در سنبله	۲	۷۷/۱۸ ^{ns}	۹۱/۹ ^{ns}	۱۰۸/۳ ^{ns}
وزن هزار دانه (گرم)	۲	۸/۵ ^{ns}	۱۹/۳ ^{ns}	۲۵/۹ ^{ns}
طول دوره پر شدن دانه (روز)	۲	۸۴۹/۹۵ ^{ns}	۶۷/۳۳ ^{ns}	۰/۷۲ ^{ns}
سرعت پر شدن دانه (گرم در روز)	۲	۰/۰۰۰۰۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۳ ^{ns}
دوره مؤثر پر شدن دانه (روز)	۲	۱۲۲۹/۱۴ ^{ns}	۱۴۱/۰۶ ^{ns}	۱۳/۱۱ ^{ns}
حداکثر وزن دانه (گرم)	۲	۰/۰۰۰۰۰۱۵ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۲۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۲۳ ^{ns}
عملکرد دانه (گرم در متر مربع)	۲	۶۶/۳۷/۱ ^{ns}	۱۷۳/۰۰۳ ^{ns}	۳۲۹/۰۱ ^{ns}
فلورسانس حداکثر	۲	۸۲۳۶۸/۸ ^{ns}	۳۱۵۳۶/۰۱ ^{ns}	۳۸۵۶۷ ^{ns}
فلورسانس متغیر	۲	۶۸۳۸۰/۵ ^{ns}	۶۱۵۸۸/۴ ^{ns}	۵۶۶۵۶/۵ ^{ns}
عملکرد کوانتومی	۲	۰/۰۰۰۰۰۵ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۵ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۵ ^{ns}

ns و s به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

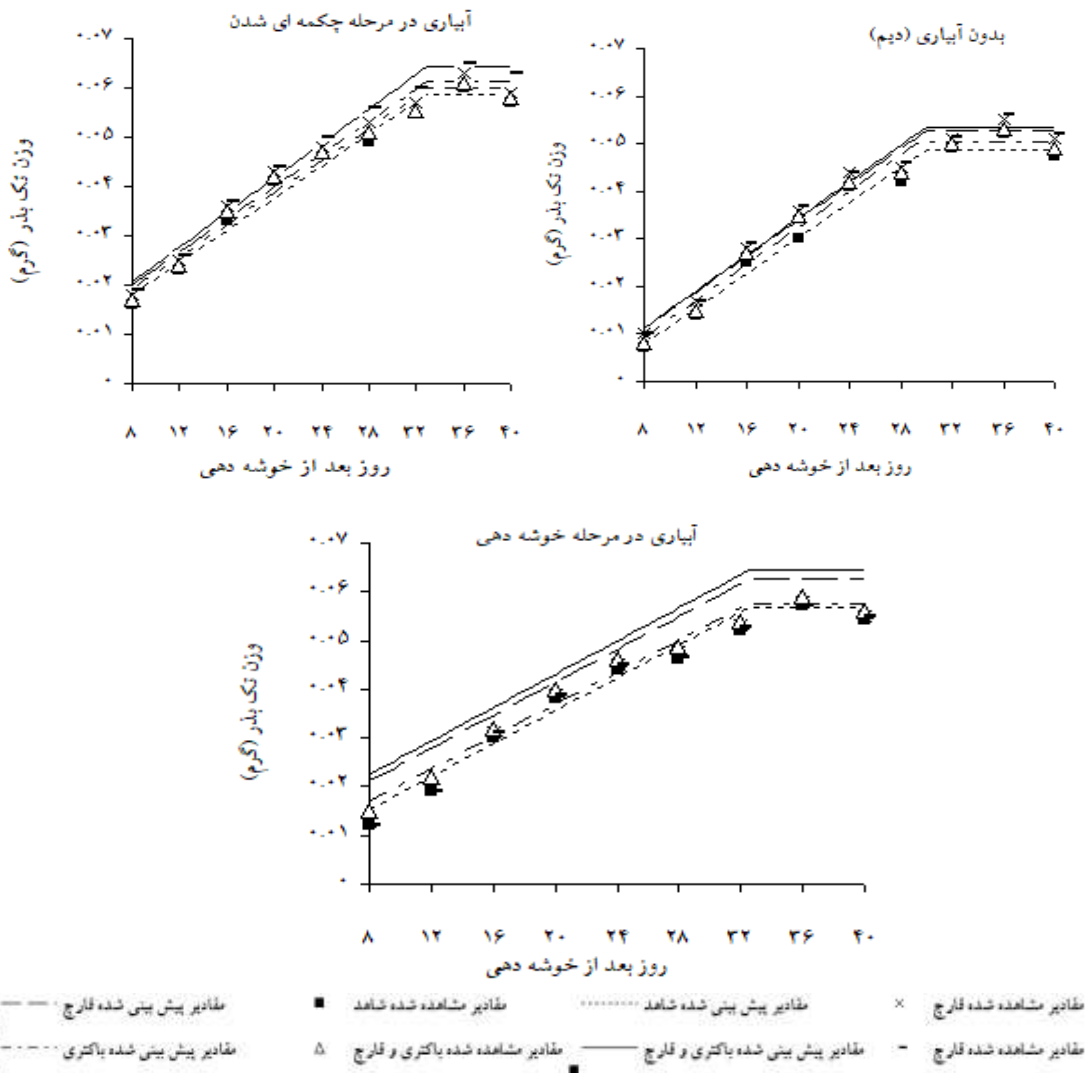
جدول ۴: مقایسه میانگین اثر کودهای زیستی و آبیاری تکمیلی بر برخی صفات جو

صفت	کودکود	فلورسانس	فلورسانس	مشتبر	فلورسانس	صنکود دانه	حداکثر وزن (گرم در متر مربع)	حداکثر وزن (گرم)	سرعت بر (روز)	شدن دانه (گرم)	شدن دانه (روز)	طول دوره (روز)	طول دانه (گرم)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه سنبله	کل کلوپیل	کاروتنوئید	میلی گرم بر گرم وزن تر برگ		ترکیب تیماری
																		کاروفیل a	کاروفیل b	
۰/۷۴۲/۰	۶۰۷/۷ ^{ab}	۹۳۷/۲ ^f	۲۰۶/۵ ^b	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۲۰۶/۵ ^b	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۱/۹ ^{ab}	۲۶/۹ ^c	۲۶/۹ ^c	۲۶/۹ ^c	۴۷/۳۵ ^h	۱۸/۵۸ ^h	۲/۳۴ ^f	۰/۷۸ ^g	۰/۵۴ ^a	۰/۷۸ ^g	۱/۵۵ ^f	I ₁ B ₁
۰/۷۸۴/۰	۶۵۷/۳ ^{ab}	۹۵۲/۳ ^{ef}	۲۱۷/۲ ^{ab}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۲۱۷/۲ ^{ab}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۱/۸۴ ^{bc}	۲۷/۳۷ ^d	۲۷/۳۷ ^d	۲۷/۳۷ ^d	۲۷/۳۷ ^d	۴۸/۵۶ ^h	۱۹/۶۲ ^{gh}	۲/۳۹ ^{gh}	۰/۷۹ ^g	۰/۶۴ ^g	۰/۷۹ ^g	۱/۶ ^{gh}	I ₁ B ₂
۰/۷۸۷/۰	۶۴۳/۰۹ ^{ab}	۹۴۹/۳ ^{ef}	۲۱۶/۱ ^{ab}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۲۱۶/۱ ^{ab}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۱/۷۶ ^b	۲۷/۱۲ ^{de}	۲۷/۱۲ ^{de}	۲۷/۱۲ ^{de}	۴۸/۳۶ ^h	۱۹ ^b	۲/۳۸ ^h	۲/۳۸ ^h	۰/۷۸ ^g	۰/۶۱ ^h	۰/۷۸ ^g	۱/۵۹ ^h	I ₁ B ₃
۰/۸۱۷/۰	۶۹۸/۷ ^{ab}	۹۷۵/۵ ^{ef}	۲۲۲/۳ ^{ef}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۲۲۲/۳ ^{ef}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۱/۸۳ ^{bc}	۲۷/۳۸ ^d	۲۷/۳۸ ^d	۲۷/۳۸ ^d	۵۰/۰۷ ^{gh}	۲۰/۶۶ ^f	۲/۴ ^{gh}	۲/۴ ^{gh}	۰/۷۹ ^g	۰/۶۵ ^g	۰/۷۹ ^g	۱/۶۱ ^{gh}	I ₁ B ₄
۰/۷۷۸/۰	۸۸۱/۵ ^{cd}	۱۱۳/۹ ^{cd}	۲۴۶/۵ ^b	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۲۴۶/۵ ^b	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۱/۶۷ ^b	۳۱/۷ ^{ef}	۳۱/۷ ^{ef}	۳۱/۷ ^{ef}	۵۴/۶ ^{cd}	۲۲/۶۲ ^f	۲/۵ ^{bc}	۲/۵ ^{bc}	۰/۸۳ ^c	۰/۷۳ ^c	۰/۸۳ ^c	۱/۶۷ ^h	I ₂ B ₁
۰/۷۷۷/۰	۱۱۰۰/۲/۹ ^b	۱۳۲/۵ ^{cd}	۲۵۲/۶ ^b	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۲۵۲/۶ ^b	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۱/۷۴ ^{bc}	۳۱/۹ ^{de}	۳۱/۹ ^{de}	۳۱/۹ ^{de}	۵۵/۹ ^{cd}	۲۴/۸۷ ^h	۲/۲۵ ^b	۲/۲۵ ^b	۰/۸ ^b	۰/۷ ^b	۰/۸ ^b	۱/۶۸ ^b	I ₂ B ₂
۰/۸۵۷/۰	۹۴۳/۳ ^c	۱۱۷/۶ ^{cd}	۲۵۱/۵ ^b	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۲۵۱/۵ ^b	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۱/۷۵ ^b	۳۱/۵ ^{de}	۳۱/۵ ^{de}	۳۱/۵ ^{de}	۵۵/۴ ^{cd}	۲۴/۳۷ ^c	۲/۵ ^{bc}	۲/۵ ^{bc}	۰/۸ ^b	۰/۷ ^b	۰/۸ ^b	۱/۶۷ ^h	I ₂ B ₃
۰/۸۳۷/۰	۱۲۸۱/۳ ^{cd}	۱۴۳۳/۱ ^d	۲۶۸/۲ ^b	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۲۶۸/۲ ^b	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۱/۷۳ ^b	۳۲/۰ ^{ef}	۳۲/۰ ^{ef}	۳۲/۰ ^{ef}	۶۰/۷ ^{cd}	۲۷/۱۲ ^g	۲/۶۴ ^d	۲/۶۴ ^d	۰/۸ ^b	۰/۸ ^b	۰/۸ ^b	۱/۷۳ ^h	I ₂ B ₄
۰/۷۷۸/۰	۷۱۲/۳ ^{cd}	۹۳۷/۳ ^{ef}	۲۲۲/۵ ^b	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۲۲۲/۵ ^b	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۱/۸۳ ^{bc}	۲۸/۷ ^{ef}	۲۸/۷ ^{ef}	۲۸/۷ ^{ef}	۵۰/۸۹ ^{cd}	۲۱/۱۲ ^f	۲/۴ ^{gh}	۲/۴ ^{gh}	۰/۸ ^b	۰/۷ ^b	۰/۸ ^b	۱/۶۲ ^{gh}	I ₃ B ₁
۰/۸۴۲/۰	۷۵۱/۵ ^c	۱۰۰۰/۶ ^{cd}	۲۳۰/۵ ^b	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۲۳۰/۵ ^b	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۱/۷۴ ^{bc}	۲۹/۶ ^b	۲۹/۶ ^b	۲۹/۶ ^b	۵۲/۲ ^{cd}	۲۲/۱۶ ^e	۲/۴ ^{gh}	۲/۴ ^{gh}	۰/۸۱ ^{cd}	۰/۷ ^b	۰/۸۱ ^{cd}	۱/۶۴ ^{gh}	I ₃ B ₂
۰/۸۳۳/۰	۷۳۷/۵ ^c	۹۹۹/۳ ^{ef}	۲۲۸/۰۰ ^{cd}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۲۲۸/۰۰ ^{cd}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۱/۷۱ ^c	۲۹/۰ ^{cd}	۲۹/۰ ^{cd}	۲۹/۰ ^{cd}	۵۱/۷ ^{cd}	۲۱/۷ ^{ef}	۲/۴ ^{gh}	۲/۴ ^{gh}	۰/۸ ^b	۰/۷ ^b	۰/۸ ^b	۱/۶۲ ^{gh}	I ₃ B ₃
۰/۸۶۷/۰	۸۲۸/۷ ^d	۱۰۷۴/۲ ^d	۳۰۲/۱ ^c	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۳۰۲/۱ ^c	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۱/۷۱ ^c	۲۹/۹ ^{cd}	۲۹/۹ ^{cd}	۲۹/۹ ^{cd}	۵۳/۸ ^d	۲۳/۵ ^d	۲/۴ ^{gh}	۲/۴ ^{gh}	۰/۷ ^b	۰/۷ ^b	۰/۷ ^b	۱/۶۶ ^{gh}	I ₃ B ₄
۰/۰۱۱۲	۷۳/۳	۶۵۹/۳۴	۶/۲۵	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۶/۲۵	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	LSD

د. را و ۱ به ترتیب عدم آبیاری (دیم) و آبیاری در مراحل آبستنی و سنبله‌دهی.
 B₁, B₂ و B₃ به ترتیب عدم مصرف کودهای زیستی، کاربرد میکوریزا، ازتوآکتور و کاربرد تمام میکوریزا و ازتوآکتور.
 میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری بر اساس آزمون LSD هم ندارند.



شکل ۱: مقایسه میانگین همزیستی موثر تحت تاثیر سطوح آبیاری و کاربرد کودهای زیستی



شکل ۲: تاثیر کودهای زیستی و آبیاری تکمیلی بر روند پر شدن دانه جو.

از این رو به استناد مقیاس‌های تعریف شده توسط Bech و همکاران (۱۹۹۳) معلوم می‌شود که این نوع کارایی خیلی موثرتر از دیگر ترکیب‌های تیماری است و شاید به دلیل موثرتر بودن این نوع همزیستی است که موجب شده است در این نوع ترکیب تیماری بیشترین تعداد دانه در سنبله بدست آید.

وزن هزار دانه: مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه (۶۰/۷۲ گرم) در آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی با کاربرد توام قارچ میکوریزا و ازتوباکتر به دست آمد (جدول ۴) که از افزایش ۲۸/۲۳ درصدی نسبت به زراعت دیم و عدم کاربرد کودهای زیستی برخوردار بود.

مولفه‌های پر شدن دانه: اثر فاکتورهای آزمایشی بر مولفه‌های پر شدن دانه نشان داد که الگوی نمو بذر در تلقیح بذر با کودهای زیستی مشابه است (شکل ۲). بدین ترتیب که ابتدا وزن دانه به صورت خطی افزایش یافته و به حداکثر خود رسید (رسیدگی وزنی). پس از این مرحله وزن دانه از تغییرات چندانی برخوردار نبوده و به صورت یک خط افقی درآمد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که آبیاری تکمیلی، کودهای زیستی و ترکیب تیماری این دو عامل بر طول دوره پر شدن و سرعت پر شدن در سطح احتمال یک درصد، و بر حداکثر وزن دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد ولی دوره موثر پر شدن دانه تحت تاثیر اثر اصلی هر یک از فاکتورهای مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار نشد.

(جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین طول دوره پر شدن دانه و حداکثر وزن دانه (به ترتیب ۳۲/۰۶ روز و ۰/۰۵۸۳ گرم) در شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی و کاربرد توام قارچ میکوریزا و ازتوباکتر و کم‌ترین آن‌ها تحت شرایط دیم و بدون کاربرد کودهای زیستی به دست آمد (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین سرعت پر شدن دانه (۱/۹ میلی‌گرم در روز) در شرایط دیم و بدون کاربرد کودهای زیستی و کم‌ترین این صفت (۱/۶۸ میلی‌گرم در روز) در شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی و بدون کاربرد کود زیستی به دست آمد (جدول ۴). افزایش سرعت پر شدن دانه در شرایط دیم به نظر می‌رسد با فرار از خشکی گیاهان در تکمیل سیکل زندگی و پر کردن دانه‌ها مرتبط باشد. طوری که نتایج حاصل از طول دوره پر شدن دانه نیز حاکی از کاهش ۱۹/۱ درصدی طول این دوره در شرایط دیم در مقایسه با آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی و کاربرد کودهای زیستی است. مقایسه میانگین اثر کودهای زیستی بر دوره موثر پر شدن دانه نشان داد که حداکثر این دوره (۲۹/۷۱ روز) در حالت کاربرد توام میکوریزا و ازتوباکتر و حداقل آن (۲۷/۰۵ روز) در حالت عدم کاربرد کودهای زیستی به دست آمد (جدول ۵). بیش‌ترین دوره موثر پر شدن دانه (۳۱/۶۴ روز) در شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی و حداقل آن (۲۴/۷۹ روز) تحت شرایط دیم به دست آمد (جدول ۵).

جدول ۵: مقایسه میانگین اثر اصلی کودهای زیستی و آبیاری تکمیلی بر دوره موثر پر شدن دانه

کودهای زیستی	طول دوره موثر پر شدن دانه (روز)	آبیاری تکمیلی	طول دوره موثر پر شدن دانه (روز)
B ₁	۲۷/۰۵ ^c	I ₁	۲۴/۷۹ ^c
B ₂	۲۸/۴ ^b	I ₂	۳۱/۶۴ ^a
B ₃	۲۷/۳۳ ^c	I ₃	۲۷/۹۴ ^b
B ₄	۲۹/۷۱ ^a		
LSD	۰/۷۸۴۸	LSD	۰/۶۷۹۷

I₁, I₂ و I₃ به ترتیب عدم آبیاری (دیم) و آبیاری در مراحل آبستنی و سنبله‌دهی.

B₁, B₂, B₃ و B₄ به ترتیب عدم مصرف کودهای زیستی، کاربرد میکوریزا، ازتوباکتر و کاربرد توام میکوریزا و ازتوباکتر.

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD هم ندارند.

فلورسانس کلروفیل: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که آبیاری تکمیلی، کودهای زیستی و ترکیب تیماری این دو عامل بر فلورسانس کلروفیل حداکثر، فلورسانس متغیر و عملکرد کوانتومی در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین فلورسانس کلروفیل حداکثر، فلورسانس متغیر و عملکرد کوانتومی (به‌ترتیب ۱۴۳۳/۲، ۱۲۸۱/۳ و ۰/۸۴۷) در آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی با کاربرد توام میکوریزا با ازتوباکتر و کم‌ترین مقادیر این صفات (به‌ترتیب ۹۳۷/۲، ۶۰۷/۷ و ۰/۶۴۲) تحت شرایط دیم و عدم کاربرد کودهای زیستی به‌دست آمد (جدول ۵).

عملکرد دانه: مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه (۲۶۸/۲ گرم در متر مربع) در آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی با کاربرد توام میکوریزا و ازتوباکتر و کم‌ترین مقادیر این صفات تحت شرایط دیم و عدم کاربرد کودهای زیستی به دست آمد (جدول ۴). به بیانی دیگر انجام آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی با کاربرد ازتوباکتر و میکوریزا توانست عملکرد دانه را ۲۹/۸ درصد نسبت به زراعت دیم و عدم کاربرد کودهای زیستی افزایش دهد. بخشی از بهبود در عملکرد دانه را می‌توان به بالاتر بودن محتوای کلروفیل و طول دوره پر شدن دانه در شرایط آبیاری تکمیلی و کاربرد ازتوباکتر و میکوریزا نسبت داد (جدول ۳).

بحث

نتایج این تحقیق نشان داد که انجام آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی با کاربرد ازتوباکتر و میکوریزا توانست کلروفیل a، b، کاروتنوئید و کلروفیل کل را به‌ترتیب ۱۳/۵، ۱۲/۸، ۵۳/۷ و ۱۲/۸ درصد نسبت به زراعت دیم و عدم کاربرد کودهای زیستی افزایش دهد. طی تنش، کلروفیل‌ها در کلروپلاست تجزیه و

ساختارهای تیلاکوئید ناپدید و موجب تولید اکسیژن فعال همراه با کاهش و تجزیه‌ی کلروفیل می‌شود (Sairam et al., 2002). Cornic و Lawlor (۲۰۰۲) اظهار داشتند که در اثر تنش گلوتامات که پیش‌ماده کلروفیل و پرولین است به پرولین تبدیل شده و در نتیجه از محتوای کلروفیل کاسته می‌شود. بررسی‌های Efeoglu و همکاران (۲۰۰۹) در ذرت نشان داد در شرایط محدودیت آبی، محتوای کلروفیل a، b و کلروفیل کل گیاه کاهش پیدا می‌کند. Moghaddam و Farsari and (۲۰۱۹) گزارش کردند که کاربرد میکوریزا موجب افزایش محتوای کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید شد. Kheirizadeh Arough و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که کاربرد میکوریزا و باکتری، محتوای کلروفیل تریپتیکاله را افزایش داد. عده‌ای نیز افزایش محتوای کلروفیل را در گیاهان برخوردار از قارچ میکوریزا در مقایسه با عدم کاربرد آن را، به بهبود جذب فسفر نسبت داده‌اند (Demir, 2004). Chandrasekhar و همکاران (۲۰۰۵) اثر مفید تلقیح بذر با باکتری بر افزایش محتوای کلروفیل را به در دسترس بودن بالاتر نیتروژن به‌واسطه تثبیت نیتروژن نسبت دادند. Hewedy (۱۹۹۹) اظهار داشت افزایش سطوح اتیلن توسط تنش شوری و محدودیت آبی می‌تواند منجر به پیری برگ شود، ولی در حضور باکتری‌های حاوی ACC د آمیناز، ساخت اتیلن به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد بنابراین تجزیه کلروفیل کاهش می‌یابد. در بررسی دیگری تلقیح سورگوم با قارچ میکوریزا موجب افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی شد (Abdel and Mohamedin, 2000). Oncel و همکاران (۲۰۰۰) بیان کردند که مقدار زیادی از کلروفیل b موجود در کلروپلاست در کمپلکس‌های برداشت‌کننده نور در فتوسیستم II قرار دارد که در شرایط تنش، کمپلکس‌های برداشت‌کننده نور بیشتر آسیب می‌بیند که موجب کاهش شدید کلروفیل b در

حالت میزان F_v کاهش می‌یابد (Paknejad et al., 2007). در این بررسی به نظر می‌رسد در تیمارهایی که F_v/F_m کمتر است، دستگاه فتوسنتزی در آن‌ها به خشکی حساس‌تر است و تنش کم‌آبی با اختلال در انتقال الکترون در واکنش مربوط به تجزیه آب فتوسیستم دو (واکنش هیل) به بروز این پدیده کمک کرده و کارایی کوانتومی فتوستتر خالص کاهش یافته است.

بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله در آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی با کاربرد توام میکوریزا و ازتوباکتر و کم‌ترین مقادیر این صفات تحت شرایط دیم و عدم کاربرد کودهای زیستی به دست آمد. در این راستا Farmahini و همکاران (۲۰۱۴) اظهار داشتند که در شرایط محدودیت آبی، میزان رشد رویشی و مواد فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد. این شرایط موجب کاهش گرده‌افشانی گل‌ها و کاهش تبدیل گل به دانه می‌شود. به بیانی دیگر تحت شرایط محدودیت آبی برخی از گل‌های تلقیح شده موفق به دریافت کربوهیدرات کافی برای پرشدن دانه نشده و در نتیجه تعداد دانه‌ها کم می‌شود. برخی افزایش تعداد دانه در سنبله در تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد را، به گسترش وزن و حجم ریشه و همچنین تثبیت بیولوژیکی نیتروژن نسبت داده‌اند (Dommelen et al., 2009).

بیش‌ترین وزن هزار دانه و مولفه‌های پر شدن دانه نیز در آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی با کاربرد توام میکوریزا و ازتوباکتر و کم‌ترین مقادیر این صفات تحت شرایط دیم و عدم کاربرد کودهای زیستی به دست آمد. افزایش وزن دانه از طریق طول دوره پر شدن دانه و سرعت پر شدن دانه (Hammer et al., 2009) میسر است. بخشی از بهبود وزن هر دانه و به تبع آن افزایش وزن هزار دانه را می‌توان به بهبود مولفه‌های پر شدن دانه نظیر طول دوره پر شدن دانه

کلروپلاست و افزایش نسبت کلروفیل a به b تحت تنش خواهد بود. Narimani (۲۰۱۸) اظهار داشت که آبیاری تکمیلی در شرایط دیم به‌ویژه در مرحله آبستنی با بهبود محتوای کلروفیل برگ گندم موجب افزایش فلورسانس حداکثر، فلورسانس متغیر و عملکرد کوانتومی شد. Bahari Saravi و همکاران (۲۰۱۸) در ریحان گزارش کردند که کاربرد باکتری‌های محرک رشد به دلیل بهبود محتوای کلروفیل موجب افزایش فلورسانس حداکثر، فلورسانس متغیر و عملکرد کوانتومی در شرایط تنش شد. بررسی‌های مختلفی نشان داده‌اند که قارچ میکوریزا به دلیل کاهش آثار زیان‌بار تنش، عملکرد کوانتومی را افزایش می‌دهد (Oyetunji et al., 2007) و علت این امر به بهبود روابط آبی و وضعیت تغذیه-ای گیاهان میکوریزی نسبت داده شده است (Osonubi et al., 1992). Yaghini (۲۰۱۸) اظهار داشت که کاربرد میکوریزا و باکتری‌های محرک رشد در شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی ضمن بهبود محتوای کلروفیل و وضعیت آبی گیاه، موجب افزایش فلورسانس حداکثر، فلورسانس متغیر و عملکرد کوانتومی گندم شد. Araus و همکاران (۱۹۹۸) اظهار داشتند خسارت محدودیت آبی با خسارت به مرکز واکنش فتوسیستم دو موجب افزایش F_0 می‌گردد. نتایج مشابهی نیز توسط دیگر محققان مبنی بر تاثیر تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد (Khalilzadeh et al., 2017) و انجام آبیاری تکمیلی (Narimani et al., 2018) بر افزایش محتوای کلروفیل و کاهش فلورسانس حداقل (F_0) گندم گزارش شده است. اصولاً مقدار فلورسانس کلروفیل در زمانی که پذیرنده الکترون (کوینون) در حالت احیا باشد زیاد است و به این علت مقدار F_v نیز در این حالت زیاد می‌شود، ولی زمانی که کوینون در حالت اکسیداسیون است مقدار فلورسانس کلروفیل a کم می‌شود، در این

دوره و دوره موثر پر شدن دانه را به افزایش محتوای کلروفیل در طول دوره رشد به ویژه دوره‌ی پر شدن دانه، نسبت دادند. در این بررسی نیز بخشی از افزایش مولفه‌های پر شدن دانه در کاربرد کودهای زیستی و آبیاری تکمیلی به خصوص در دوره آبستنی را می‌توان به بالا بودن محتوای کلروفیلی در این ترکیب های تیماری نسبت داد (جدول ۴). Zahir و همکاران (۲۰۰۷) اظهار داشتند گیاهانی که با باکتری‌های محرک رشد حاوی ACC-د آمیناز تلقیح می‌شوند به طور چشمگیری متحمل به اثرات اتیلن تنشی هستند که در نتیجه‌ی شرایط محدودیت آبی ساخته می‌شوند. از این رو تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد می‌تواند ساخت اتیلن داخلی را کاهش داده و تحمل گیاه به تنش را افزایش داده و منجر به بهبود عملکرد دانه می‌شود. Yao و همکاران (۲۰۱۰) اظهار داشتند گیاهان جدای از سیستم حفاظت طبیعی، قادرند با هم‌زیستی تعدادی از ریز موجودات خاکی نظیر استفاده از باکتری‌های محرک رشد گیاه، علائم تنش را کاهش دهند. از طرفی ارزیابی کارایی هم‌زیستی نیز نشان داد که در بیشتر ترکیبات تیماری عدد کارایی بالاتر از ۷۵ و حتی بالاتر از عدد صد است (شکل ۱). از آنجایی که عدد کارایی هم‌زیستی اگر بین ۷۵-۱۰۰ درصد باشد موثر و بزرگتر از ۱۰۰ درصد باشد کارایی خیلی موثر است (Bech et al, 1993). از این رو بخشی از افزایش وزن هزاردانه، مولفه‌های پر شدن دانه و عملکرد دانه را می‌توان به هم‌زیستی موثر بین کودهای زیستی با گیاه نسبت داد. Cassan و همکاران (۲۰۰۹) نیز بهبود عملکرد دانه‌ی ذرت و سویا در شرایط کاربرد کودهای زیستی را، به توانایی تولید هورمون‌های اکسین و جیبرلین توسط این باکتری‌ها نسبت دادند.

نتیجه‌گیری نهایی

نسبت داد. طوری که نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد کاربرد کودهای زیستی و آبیاری تکمیلی به خصوص در دوره آبستنی، موجب افزایش طول دوره پر شدن دانه شد که با نتایج پژوهش‌های Khan و همکاران (۲۰۰۷) مبنی بر اینکه انجام آبیاری موجب افزایش طول دوره پر شدن دانه گندم شد مطابقت دارد. Ahmadi and Baker (۲۰۰۱) کاهش دوره پر شدن دانه تحت شرایط محدودیت آبی را به توقف عرضه مواد فتوسنتزی، کاهش محتوای آب دانه، و توقف فعالیت متابولیکی مخزن نسبت دادند. از طرفی به‌نظر می‌رسد کودهای زیستی با تولید هورمون‌های رشد و تأمین عناصر غذایی امکان تداوم بیشتر دوره پر شدن دانه (Togay et al., 2008) و به تبع از آن افزایش وزن دانه را نیز فراهم ساخته‌اند. Yang and Zhang (۲۰۰۶) اظهار داشتند وزن نهایی دانه یکی از اجزای اصلی تعیین کننده عملکرد است که به‌وسیله دو فاکتور سرعت و طول دوره پر شدن دانه تعیین می‌شود. این دو جزء تحت تاثیر عوامل محیطی و ژنتیکی قرار می‌گیرند و از نظر فیزیولوژیکی کاملاً مستقل از یکدیگر هستند. همچنین وزن دانه به مقدار زیادی وابسته به دوره پر شدن دانه است، بنابراین تنش‌های محیطی که موجب کوتاه شدن طول دوره پر شدن دانه شوند به‌طور معنی‌داری وزن دانه را کاهش می‌دهند (Mashi et al., 2008). Ouk و همکاران (۲۰۰۳) اظهار داشتند تنش خشکی موجب کاهش طول دوره-ی پر شدن دانه‌ی برنج شد و با تأمین آب کافی طول دوره‌ی پر شدن دانه بیشتر شد. Yang و همکاران (۲۰۰۱) نیز در گندم گزارش کردند که تنش در مرحله پر شدن دانه از طریق کاهش وزن دانه به شدت عملکرد دانه را کاهش می‌دهد. نتایج برخی بررسی‌ها نشان داد که تلقیح بذر با ازتوباکتر موجب افزایش وزن هزار دانه گندم شد (Idris, 2003). Tsuno و همکاران (۱۹۹۴) یکی از دلایل اصلی افزایش طول

در شرایط دیم در مقایسه با عدم استفاده از این کودها تحت این شرایط، حدود ۷/۷ درصد برآورد گردید. از این رو حتی در مناطقی که امکان انجام آبیاری تکمیلی وجود ندارد کاربرد کودهای زیستی تحت شرایط دیم نیز می تواند در بهبود عملکرد موثرتر باشد. بر اساس نتایج این بررسی، به نظر می رسد کاربرد کودهای زیستی و انجام آبیاری تکمیلی در مناطق خشک و نیمه خشک می تواند به عنوان یک روش مناسب برای افزایش عملکرد و کاهش اثرات ناشی از محدودیت آبی مورد استفاده قرار گیرد.

نتایج نشان داد که کاربرد کودهای زیستی نسبت به عدم کاربرد آنها، اثر مثبت و معنی داری بر مولفه های پر شدن دانه، محتوای کلروفیل، فلورسانس کلروفیل (فلورسانس حداکثر، فلورسانس متغیر و عملکرد کوانتومی)، عملکرد و اجزای عملکرد جو تحت شرایط دیم داشت. طوری که استفاده از کودهای زیستی به همراه آبیاری تکمیلی تا حد زیادی به دلیل تعدیل اثرات ناشی از محدودیت آبی تحت شرایط دیم، از افت بیشتر عملکرد جو جلوگیری نمود. افزایش عملکرد ناشی از استفاده توأم کودهای زیستی

References

- Abdel, F.G. and Mohamedin, A.H. (2000).** Interaction between vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus and streptomyces and their effects on sorghum plants. *Biology Fertility of Soils*. 32(5): 401-409.
- Ahmadi, A. and Baker, D.A. (2001).** The effect of water stress on grain filling processes in wheat. *Journal of Agricultural Science*. 136: 257-269.
- Alizadeh, O., Alizadeh, A. and Aryana, L. (2010).** Optimizing of nitrogen and phosphorus consumption in sustainable agriculture of corn using mycorrhizal and vermicompost. *Science-Research Quarterly Journal New Finding in Agriculture*. 3(3): 303-316.
- Amerian, M.R., Stewart, W.S. and Griffiths, H. (2001).** Effect of two species of arbuscular mycorrhizal fungi on growth, assimilation and leaf water relations in maize (*Zea mays* L.). *Aspects Applied Biology*. 63: 71-76.
- Araus, J.L., Amaro, T., Voltas, J., Nakkoul, H. and Nachit, M.M. (1998).** Chlorophyll fluorescence as a selection criterion for grain yield in durum wheat under Mediterranean condition. *Field Crop Research*. 55: 209-223.
- Arnon, A.N. (1967).** Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*. 23: 112-121.
- Bahari Saravi, S.H., Pirdashti, H. and Yaghobian, Y. (2018).** Response of chlorophyll fluorescence and physiological parameters of basil (*Ocimum basilicum* L.) to plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) under salinity stress. *Journal of Plant Process and Function*. 6(19): 89-104.
- Bech, D.P., Materon, L.A. and Afandi, F. (1993).** Practical rhizobium legume technology manual, Technical Manual No:19. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria, pp. 1-54.
- Bhardway, R. and Singhal, G. (1981).** Effect of water stress on photochemical activity of chloroplasts during greening etiolated barley seedlings. *Plant Cell Physiology*, 22(2): 155-162.
- Cassan, F., Perrig, D., Sgroy, V., Masciarelli, O., Penna, C. and Luna, V. (2009).** Azospirillum brasilense Az39 and Bradyrhizobium japonicum E109, inoculated singly or in combination, promote seed germination and early seedling growth in corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.). *European Journal of Soil Biology*. 45: 28- 35.
- Chandrasekhar, B.R., Ambrose, G. and Jayabalan, N. (2005).** Influence of biofertilizer and nitrogen source level on the growth and yield of *Echinochloa frumentacea* (Roxb.) Link. *Journal of Agricultural and Technology*. 1(2): 223 - 234.
- 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.
- Cooper, K.M. and Tinker, P.B. (2003).** Translocation and transfer of nutrients in vesicular-arbuscular mycorrhizal. Uptake and translocation of phosphorus, zinc and sulphur. *New Phytologist*. 81: 43-52.
- Debaeke, P. and Abdellah, A. (2004).** Adaptation of crop management to waterlimited environments. *European Journal Agronomy*. 21: 433-446.
- Demir, S. (2004).** Influence of arbuscular mycorrhizal on some physiological, growth parameters of pepper. *Turkish Journal Biology*. 28: 85-90.
- Dommelen, A.V., Croonenborghs, A. and Spaepen Sand Vanderleyden, A. (2009).** Wheat growth promotion through inoculation with an ammonium-excreting mutant of *Azospirillum brasilense*. *Biology and Fertility of Soils*. 45(5): 549-553.
- Efeoglu, B., Ekmekci, Y. and Cicek, N. (2009).** Physiological responses of three maize cultivars to drought stress and recovery. *South African Journal of Botany*. 75: 34-42.
- Ellis, R.H. and Pieta-Filho, C. (1992).** The development of seed quality spring and winter cultivars of barley and wheat. *Seed Science Research*. 2: 19-25.
- Farmahini, M., Mirzakhani, M. and Sajedi, N. (2014).** Effect of water stress and absorbent materials application on yield and components yield of fall wheat. *Science-Research Quarterly Journal New Finding in Agriculture*. 7(2): 263-274.
- Farsari, S. and Moghaddam, M. (2019).** Effect of mycorrhizal fungi and foliar application of putrescine on some biochemical characteristics and biomass of basil (*Ocimum ciliatum* L.) in two different harvesting times. *Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research*. 14(53): 47-58.
- 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: *Mycorrhizal*. 13: 53-54. Lovato, P. Book review.
- Habibpour-Kashafi, E., Gharineh, M. H., Shafeinia, A. and Rozrokh, M. (2015).** Effect zeolite levels on chlorophyll fluorescence red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under drought stress. *Crop Physiology Journal*, 7(28): 19-32.
- Hammer, G., Dong, Z., McLean, G., Doherty, A., Messina, C., Schussler, J., Zinselmeier, C., Pszkiewicz, S. and Cooper, M. (2009).** Can changes in canopy and/or root system architecture explain historical maize yield trends in U. S. Corn Belt? *Crop Science*. 49: 299-312.
- Hamzei, J. and Seyedi, M. (2014).** Response of Yield and Yield Components of Barley Cultivars to Supplementary Irrigation under Rainfed Condition. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*. 23(4): 159-168.
- Hewedy, A.M. (1999).** Influence of single and multi-bacterial fertilizer on the growth and fruit yield of tomato. *Egypt Journal of Applied Science*. 14: 508-523.
- Idris, M. (2003).** Effect of integrated use of mineral and organic N and Azotobacter on the yield, yield components and N-nutrition on wheat. *Pakistan Journal of Biological Science*. 6: 6.539-543.
- Khalilzadeh, R., Seyed Sharifi, R. and Jalilian, J. (2016).** Antioxidant status and physiological responses of wheat (*Triticum aestivum* L.) to cycocel application and bio fertilizers under water limitation condition. *International Journal of Plant Science*. 11: 1.130-137.
- Khalilzadeh, R., Seyed Sharifi, R. and Jalilian, J. (2017).** Effects of cycocel and seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria on yield, chlorophyll fluorescence parameters and some physiological properties of wheat under water limitation condition. *Journal of Plant Process and Function*. 6 (21): 247-266.
- Khalilzadeh, R., Seyed Sharifi, R. and Jalilian, J. (2017).** Growth, physiological status and yield of salt-stressed wheat (*Triticum aestivum* L.) plants affected by bio fertilizer and cycocel applications.

- Arid Land Research and Management. 1-20.
- Khan, I., Hussain Khalil, I. and Din, N. (2007).** Genetic parameters for yield traits in wheat under irrigated and rainfed environments. *Sarhad Journal of Agriculture*. 23: 973-979.
- Kheirizadeh arough, Y., Seyed Sharifi, R., Sedghi, M. and Barmaki, M. (2016).** Effect of zinc and bio Fertilizers on antioxidant enzymes Activity, chlorophyll content, soluble sugars and proline in triticale under salinity condition. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 44(1): 116-124.
- Ladjal, M., Huc, R. and Ducrey, M. (2005).** Drought effects on hydraulic conductivity and xylem vulnerability to embolism in diverse species and provenances of Mediterranean cedars. *Tree Physiology*. 25: 1109-1117.
- Lawlor, D.W. and Cornic, G. (2002).** Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant, Cell and Environment*. 25: 275-294.
- Mashi, A., Galeshi, S., Zeinali, E. and Noorinia, A. (2008).** Salinity effect on seed yield and yield components in four Hull-less barley. *Journal Agricultural Science and Technology*. 14: 1-10.
- Narimani, H. (2018).** Effects of nano iron oxide and supplementary irrigation on yield and some agro-physiological traits of rainfed wheat (*Triticum aestivum* L.). MSC thesis. University of Mohaghegh Ardabili. Ardabil Iran.
- Narimani, H., Seyed Sharifi, R., Khalilzadeh, R. and Aminzadeh, Gh.R. (2018).** Effects of nano iron oxide on yield, chlorophyll fluorescence indices and some physiological traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) under rain fed and supplementary irrigation conditions. *Iranian Journal of Plant Biology*. 10(37): 21-40.
- Oncel, I., Keles, Y. and Ustun, A.S. (2000).** Interactive of temperature and heavy metal stress on the growth and some biological compounds in wheat seedling. *Environmental Pollution*. 107: 315-320.
- Osonubi, O., Bakare, N. and Mulongoy, K. (1992).** Interactions between drought stress and vesiculararbuscular mycorrhiza on the growth of *Faidherbia albida* (syn. *Acacia albida*) and *Acacia nilotica* in sterile and non-sterile soils. *Biology and Fertility of Soils*. 14: 159-165.
- Ouk, M., Shu, F., Ken, B., 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.
- Oweis, T. and Hachum, A. (2009).** Optimizing supplemental irrigation: Tradeoffs between profitability and sustainability. *Agricultural Water Management*. 96: 511-516.
- Oyetunji, O., Ekanayake, I. and Osonubi, O. (2007).** Chlorophyll fluorescence analysis for assessing water deficit and arbuscular mycorrhizal fungi inoculation in cassava. *Biological Research*. 1: 108-117.
- Paknejad, F., Majidi Heravan, E., Noor Mohammadi, Q., Siyadat, A. and Vazan, S. (2007).** Effects of drought stress on chlorophyll fluorescence parameters, chlorophyll content and grain yield of wheat cultivars. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*. 5(4): 162-169.
- Ronanini, D., Savin, R. and Hal, 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 Crop Research*. 83: 79-90.
- Sairam, R.K., Rao, K.V. and Saivastava, G.C. (2002).** Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress; antioxidant activity and osmolyte concentration. *Plant Science*. 163: 1037-1046.
- Savin, R., Stone, P.J. and Nicholas, M.E. (1996).** Response of grain growth of wheat to short period of high temperature in field studies. *Australian Journal of Agricultural Research*. 47: 456-477.

- Seyed Sharifi, R. and Namvar, A. (2015).** Bio fertilizers in Agronomy. University of Mohaghegh Ardabili press. 280 pp.
- Togay, N., Togay, Y., Cimrin, K.M. and Turan, M. (2008).** Effect of rhizobium inoculation, sulfur and phosphorus application on yield, yield components and nutrient uptake in chick pea (*Cicer arietinum* L.). African Journal Biotechnology. 7: 776-782.
- 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.
- Yaghini, F. (2018).** Effects of supplementary irrigation and bio fertilizers on growth and yield of wheat under rainfed condition. MSC thesis. University of Mohaghegh Ardabili. Ardabil Iran.
- Yang, J. and Zhang, J. (2006).** Grain filling of cereals under soil drying. New Phytologist. 169: 2: 223-236.
- Yang, J., Zhang, J., Wang, Z., Zhu, Q. and Liu, L. (2001).** Water deficit-induced senescence and its relationship to the remobilization of pre-stored carbon in wheat during grain filling. Agronomy Journal. 93: 196-206.
- Yao, L., Zhan sheng, W. and Zheng, Y. (2010).** Growth promotion and protection against salt stress by *Pseudomonas putida* Rs- 198 on cotton. European Journal of Soil Biology. 46: 49-54.
- Yasseen, B.T. and Al-omary, S.S. (1994).** An analysis of the effects of water stress on leaf growth and yield of three barley cultivars. Irrigation Science. 14: 3.157-162.
- Zahir, Z.A., Munir, A., Asghar, H.N., Shaharoon, B. and Arshad, M. (2007).** Effectiveness of rhizobacteria containing ACC-deaminase for growth promotion of pea (*Pisum sativum*) under drought conditions. Journal Microbiology Biotechnology. 18: 958-963

Effects of supplementary irrigation and application of mycorrhiza and azetobacter on grain filling components of rain fed barley (*Hordeum vulgare* L.)

Ebadi, N.¹, Seyed Sharifi, R.^{1*}, Narimani, H.¹, Khalilzadeh, R.²

¹ Department of Agronomy, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohagheh Ardabili, Ardabil, Iran

² Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran

Received date: 2019/12/24 Accepted date: 2020/05/19

Abstract

In order to study the effects of supplementary irrigation and application of *mycorrhiza* and *azetobacter* on grain filling components, chlorophyll content, and grain yield of rain fed barley (Var. Sahand), a factorial experiment was conducted based on a randomized complete block design with three replications in the village of Khalkhoran Viand, Ardabil province during 2017. Factors of the experiment included irrigation levels (no irrigation as rain fed, supplementary irrigation at 50% heading, and booting stages) and biofertilizers application at four levels (without biofertilizers as control, application of *mycorrhizal* fungi, application of *azetobacter*, and combined application of *mycorrhiza* and *azetobacter*). Results showed that the highest chlorophyll a (1.76 mg/g FW), chlorophyll b (0.88 mg/g FW), carotenoid (0.83 mg/g FW), chlorophyll total contents (2.64 mg/g FW), maximum fluorescence (1433.2), variable fluorescence (1281.3), quantum yield (0.847), grain filling period (32.06 days), and maximum grain weight (58.3 mg) were obtained under supplementary irrigation treatment at boot stage with both application of *mycorrhiza* and *azetobacter* while the minimum levels of these traits were obtained under rain fed condition without application of biofertilizers. Moreover, the highest grain filling rate (1.9 mg/day) was obtained under rain fed condition and no application of biofertilizers while the lowest rate was obtained under supplementary irrigation at boot stage with application of *mycorrhiza*. Supplementary irrigation at boot stage and combined application of *mycorrhiza* and *azetobacter* increased grain yield by 29.87% in comparison with no application of biofertilizers under rain fed condition. Based on the results, it seems that application of biofertilizers and supplementary irrigation can increase grain yield of rain fed barley through improving chlorophyll content and grain filling components.

Keywords: Biofertilizers, Chlorophyll fluorescence, Grain filling rate, Photosynthetic pigments.

*Corresponding author; raouf_ssharifi@yahoo.com