اثر قطع آبیاری در مراحل زایشی و مصرف کودهای زیستی بر کمیت و کیفیت عملکرد و طول دورهٔ پرشدن دانهٔ آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)

رئوف سید شریفی[1*] و رضا سید شریفی[2]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۱۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱/۲۶)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر قطع آبیاری و مصرف کودهای زیستی بر طول دورهٔ پرشدن دانه و عملکرد کمی و کیفی آفتابگردان رقم یوروفلور، آزمایش فاکتوریلی در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۴ در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی شامل کاربرد کودهای زیستی در چهار سطح (مایکوریز، ازتوباکتر کروکوکوم استرین ۵، کاربرد توأم مایکوریز و ازتوباکتر، شاهد یا عدم استفاده از کودهای زیستی)، و سه سطح آبیاری (آبیاری کامل به‌عنوان شاهد، تنش شدید رطوبتی یا قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی و تنش ملایم رطوبتی یا قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه) بودند. نتایج نشان داد که تعداد دانه پر و پوک در طبق، سرعت پرشدن دانه، وزن هزار دانه، درصد روغن و شاخص کلروفیل، دورهٔ مؤثر پرشدن دانه و طول دوره پرشدن دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح آبیاری و کودهای زیستی قرار گرفتند. بیشترین سرعت پرشدن دانه (۱/۹۵ گرم در روز) طول دوره پرشدن دانه (۴۱/۱۸ روز) و دوره مؤثر پرشدن دانه (۳۵/۸۵ روز) در آبیاری کامل و کاربرد توأم میکوریزا و ازتوباکتر به‌دست آمد. قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی تعداد دانه پر در طبق، وزن هزار دانه، شاخص کلروفیل و محتوای روغن را به‌ترتیب ۲۶، ۵/۱۸، ۴۲/۴۸ و ۱۶/۸۸ درصد در مقایسه با آبیاری کامل کاهش داد. درحالی‌که کاربرد توأم مایکوریزا و ازتوباکتر موجب افزایش به‌ترتیب ۱۵/۲۴، ۳/۴۸ ، ۳۰/۱۶ و ۹/۲۵ درصدی تعداد دانه پر در طبق، وزن هزار دانه، شاخص کلروفیل و محتوای روغن در مقایسه با شاهد شد. در شرایط تنش شدید رطوبتی، کاربرد توأم مایکوریز و ازتوباکتر عملکرد دانه را ۱۳/۳ درصد در مقایسه با عدم کاربرد مایکوریز و ازتوباکتر افزایش داد. براساس نتایج به نظر می‌رسد که تلقیح توأم بذر با ازتوباکتر و مایکوریزا می‌تواند به‌عنوان یک ابزار مناسب برای افزایش عملکرد آفتابگردان در شرایط تنش رطوبتی باشد.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، ازتوباکتر، مایکوریز، محدودیت آبی

۱. استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی
۲. استادیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی
*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: raouf_ssharifi@yahoo.com

مقدمه

آفتابگردان یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی است که برخورداری از روغن بالای دانه و سازگاری به شرایط مختلف اقلیمی و خاکی، موجب شده است که در سطح وسیعی از مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور کشت آن گسترش یابد، ولی کمیت و کیفیت آن تا حدود زیادی تحت تأثیر حاصلخیزی خاک و تنش‌های محیطی موجود در طول دوره رشد قرار می‌گیرد (۳۴).

تنش رطوبتی یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده تولید گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است و می‌تواند موجب کاهش جمعیت میکروبی درخاک یک منطقه شود (۱۲)، ولی مصرف کودهای زیستی در شرایط تنش‌های محیطی نه تنها میکروارگانیسم‌های از بین رفته خاک را جبران می‌کند (۱۶) بلکه می‌تواند به افزایش مقاومت گیاهان به تنش رطوبتی (۲۲) و بهبود کارایی استفاده از مواد غذایی در مناطق کم حاصلخیز و خشک کمک نماید (۱۰). ریز موجودات باکتریایی و قارچی و مواد حاصل از فعالیت آنها در رابطه با تثبیت نیتروژن، فراهمی فسفر و سایر عناصر غذایی از جمله مهم‌ترین کودهای زیستی محسوب می‌شوند (۳۳). افزایش سطح فعال سامانه ریشه‌ای گیاه برای جذب بهتر مواد غذایی از خاک، بهبود فتوسنتز، افزایش مقاومت به تنش‌های خشکی، شوری و بهبود ساختمان خاک نمونه‌هایی از نقش مایکوریز در بوم نظام‌های زراعی می‌باشد (۱۲).

این باکتری‌ها به‌طور طبیعی گرچه در محیط خاکی وجود دارند ولی تعداد و تراکم آنها در خاک پایین است، بنابراین تلقیح بذر گیاهان با باکتری‌ها می‌تواند جمعیت آنها را به حد مطلوب رسانده و در نتیجه منجر به بروز اثرات مفید آنها در خاک شوند (۸). شوکت و همکاران (۳۶) در تلقیح بذر آفتابگردان با باکتری‌های محرک رشد به این نتیجه رسیدند که درصد روغن در بیشتر سویه‌های باکتری به‌کار برده شده افزایش یافت و بیشترین درصد روغن (۳۰/۳۵ درصد) را به تلقیح بذر با ازتوباکتر نسبت دادند. شهاتا و ال خواز (۳۷) در بررسی تأثیر کود زیستی بر پارامترهای رشدی و عملکرد آفتابگردان گزارش کردند که کاربرد باکتری‌های افزاینده رشد در مقایسه با تیمار شاهد به افزایش عملکرد دانه، میزان روغن و پروتئین دانه منجر شد. میرزاخانی و همکاران (۲۳) اظهار داشتند که تلقیح بذر گلرنگ با ازتوباکتر و مایکوریزا علاوه بر افزایش عملکرد دانه و روغن، موجب افزایش مقاومت گیاهان در برابر عوامل نامساعد محیطی و بهبود کیفیت محصول شد. پانوار (۱۵) گزارش کرد که در بذور تلقیح شده با باکتری *Azospirillum* و قارچ *Glomus fasciculatum*، به‌دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های نیترات ردوکتاز و گلوتامین سنتتاز، میزان فتوسنتز و عملکرد دانه افزایش یافت. هوج (۱۷) گزارش کرد که کاربرد توأم مایکوریز و باکتری‌های موجود در خاک با ترشح اسیدهای‌آمینه، ویتامین‌ها و برخی هورمون‌ها موجب تشدید رشد و تکثیر آنها می‌شود.

سرعت و طول دوره پرشدن دانه به‌عنوان دو صفت مهم فیزیولوژیک، نقش به‌سزایی در تعیین عملکرد دارند (۲۴). دیویدسون و بریج (۱۱) اظهار داشتند که تنش رطوبتی در طی پرشدن دانه به‌دلیل کاهش مواد موجود در شیره پرورده برای رشد دانه‌ها، موجب کاهش‌وزن دانه‌ها می‌شود. تسونو و همکاران (۳۹) اظهار داشتند که افزایش میزان کلروفیل و تأخیر در پیری برگ در طول دوره رشد به‌ویژه دوره پرشدن دانه، موجب افزایش سرعت پرشدن دانه شد. انگادی و انتز (۲) گزارش کردند که تنش رطوبتی به‌دلیل تأثیر منفی آن بر فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی از بوته به دانه موجب کاهش وزن دانه‌ها می‌شود. ردی و همکاران (۱۶) مهم‌ترین آثار خشکی در گیاهان را به کاهش میزان فتوسنتز، کمبود مواد فتوسنتزی لازم برای پرکردن دانه و کاهش طول دوره پرشدن دانه‌ها نسبت دادند. رازی و اسد (۲۷) گزارش کردند که در شرایط بدون تنش، زمان بیشتری برای پرشدن دانه وجود دارد در نتیجه درصد روغن نیز بیشتر است و اظهار داشتند که در ابتدا کربوهیدرات‌ها تجمع می‌یابند و سپس این ماده به روغن، پروتئین و یا هر ماده دیگر تبدیل می‌شود، از این‌رو هر قدر

طول دوره پرشدن دانه بیشتر باشد درصد روغن نیز بالاتر خواهد بود.

محتوای کلروفیل برگ‌ها یکی از عوامل کلیدی مؤثر در فتوسنتز و تولید ماده خشک بوده و به شدت تحت تأثیر تنش رطوبتی قرار می‌گیرد، زیرا در این شرایط، گیاه با بسته نگاه داشتن روزنه‌ها سعی در حفظ محتوی آب نسبی دارد، در چنین وضعیتی انتقال الکترون در فتوسیستمII مختل شده و الکترون اضافی ناشی از فتولیزآب، موجب تولید اکسیژن فعال و خسارت به غشاء سلولی از طریق پراکسید شدن چربی‌ها، پروتئین‌ها و کاهش محتوی کلروفیل گیاه می‌شود (۱۴). لوسی و همکاران (۲۱) افزایش محتوای کلروفیل برگ را از مزایای تلقیح گیاه با باکتری‌های افزاینده رشد گزارش کردند.

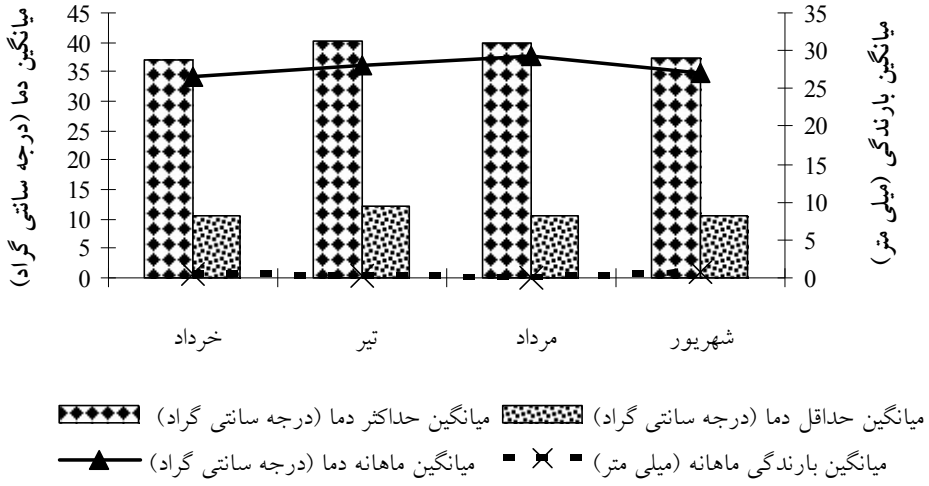
آفتابگردان به‌دلیل سازگاری با شرایط مختلف اقلیمی‌کشور سالانه در سطح بیش از ۸۲۴۶ هکتار در کشور (۵۵۹۳ هکتار آبی و ۲۶۵۳ هکتار به‌صورت دیم) کشت می‌شود. میانگین عملکرد کشت دیم و آبی این گیاه به‌ترتیب ۱۳۹۳و ۳۷۰۸ کیلوگرم در هکتار است (۳)، ولی در بیشتر مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور بخشی از دوران حساس رشدی گیاه نظیر دوره گل‌دهی و پرشدن دانه با تنش رطوبتی مواجه می‌شود، از این‌رو به‌دلیل کمی بررسی‌های انجام شده در خصوص برهمکنش توأم کودهای زیستی در شرایط تنش رطوبتی بر عملکرد کمی و کیفی، موجب شد تا تأثیر این عوامل بر عملکرد و مؤلفه‌های پرشدن دانه مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در بهار سال زراعی ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی با مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و۳۰ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی با ارتفاع ۱۳۵۰ متر به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل کاربرد کودهای زیستی در چهار سطح (مایکوریز از نوع *Glomus mosseae*، ازتوباکتر کروکوکوم استرین ۵، کاربرد توأم مایکوریز و ازتوباکتر، شاهد یا عدم استفاده از کودهای زیستی)، و سه سطح آبیاری (آبیاری کامل به‌عنوان شاهد، قطع آبیاری در مراحل گل‌دهی (معادل کد ۶۵ تقسیم‌بندی BBCH) و پرشدن دانه (معادل کد ۷۳–۷۵ تقسیم بندی BBCH) به‌ترتیب به‌عنوان تنش شدید و ملایم رطوبتی) بودند. اقلیم محل اجرای آزمایش از نوع نیمه‌خشک سرد می‌باشد. متوسط دما و میزان بارندگی منطقه در طول فصل رشد برگرفته از سایت هواشناسی اردبیل در شکل ۱ ارائه شده است.

هر واحد آزمایشی شامل ۵ ردیف کاشت ۴ متری با فاصله بین ردیفی ۵۰ سانتی‌متر بود. بین هر واحد آزمایشی حداقل دو ردیف نکاشت به‌منظور جلوگیری از اثر آبیاری به کرت‌های مجاور قرار داده شد. رقم مورد استفاده رقم یوروفلور بود. کاشت در بهار به محض مساعد شدن شرایط اقلیمی (در چهارم اردیبهشت ماه) با دست در عمق ۴ تا ۵ سانتی‌متری و به‌صورت هیرم‌کاری انجام شد. نتایج تجزیه خاک نشان داد که pH خاک ۸/۲، هدایت الکتریکی خاک در حدود ۳/۶۱ دسی‌زیمنس بر متر، خاک از نوع سیلتی لومی و درصد سیلت، رس و شن آن به‌ترتیب ۷۱، ۵ و ۲۴ درصد بود. لازم به ذکر است که حد آستانه هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک برای آفتابگردان ۴/۸ دسی‌زیمنس بر متر است که نشان می‌دهد، در این بررسی هدایت الکتریکی خاک کمتر از حد آستانه تحمل این گیاه بوده و شوری خاک تأثیر چندانی بر رشد این گیاه نداشت (۳۴). دیگر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

به‌منظور افزایش همزیستی مایکوریزیایی از بذر ضدعفونی نشده استفاده شد. قارچ مایکوریز از نوع *Glomus mosseae* از شرکت زیست‌فناوران توران تهیه شد که مخلوطی از اسپور، هیف و قطعات جداشده ریشه‌های آلوده بود. تعداد تقریبی اسپور زنده در هر گرم خاک حدود ۱۰۰ اسپور بود. مقدار قارچ مورد استفاده ۲۰ گرم در هر مترمربع خاک بود. تلقیح با قارچ مایکوریز به روش استاندارد و توصیه شده جیانینازی و



شکل ۱. میانگین حداقل و حداکثر دما و میزان بارندگی ماهانه منطقه مورد آزمایش طی فصل رشد

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

صفت	عصاره اشباع	آهک	بافت	کربن آلی	نیتروژن کل	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب
	درصد			درصد		میلی‌گرم در کیلوگرم	
مقدار	۴۷	۱۸/۰۶	سیلتی لومی	۰/۱۶	۰/۱۱	۲۰	۴۶۲

همکاران (۱۵) انجام شد. در این راستا قارچ مورد نظر با بخش سطحی خاک قبل از کاشت مخلوط شد. در مرحله ۴ تا ۵ برگی گیاهچه‌ها براساس تراکم مطلوب و توصیه شده (حدود ۵ بوته در مترمربع) تنک شدند. برای تلقیح بذر با ازتوباکتر، میزان هفت گرم مایه تلقیح که هرگرم آن دارای 10^7 عدد باکتری زنده و فعال بود، استفاده شد. همچنین از محلول صمغ عربی به نسبت ۱۵ درصد وزنی – حجمی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذرها استفاده گردید. تمامی بذرها به‌مدت دو ساعت به‌منظور تماس بهتر بذر با باکتری در مایه تلقیح در شرایط تاریکی نگه داشته شدند. آبیاری در طول دوره رشد براساس نیاز گیاه زراعی، شرایط محیطی و اعمال قطع آبیاری در تیمارهای مختلف آبیاری (قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی و قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه) اعمال گردید. علف‌های هرز نیز در مراحل اولیه دوره رشدی گیاه به روش دستی کنترل شدند. به‌منظور تعیین سرعت پرشدن دانه تقریباً پس از پایان دوره گل‌دهی و شروع دوره پرشدن دانه (معادل کد ۶۹-۷۵ تقسیم‌بندی BBCH) در فواصل زمانی هر پنج روز یک بار، دو بوته مشابه و به ظاهر یکنواخت به‌طور تصادفی از بین بوته‌های رقابت کننده در هر مرحله از نمونه‌برداری انتخاب و پس از انتقال به آزمایشگاه، ابتدا دانه‌ها جدا شده، سپس وزن خشک تک بذر از محاسبه وزن خشک کل به تعداد بذر برآورد شد (۳۰). به‌منظور برآورد، تجزیه و تحلیل و تفسیر پارامترهای مربوط به پرشدن دانه از یک مدل رگرسیون خطی دو تکه‌ای براساس رویه DUD و دستورالعمل Proc Nlin نرم‌افزار SAS

به‌صورت زیر استفاده شد.

(۱)

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

در این رابطه GW وزن دانه، t زمان، b سرعت پرشدن دانه، t_0 پایان دوره پرشدن 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 پرشدن دانه است، وزن دانه تا رسیدن به حداکثر مقادیر خود در زمان t_0 که در حقیقت زمان رسیدگی وزنی است، به‌صورت خطی افزایش پیدا می‌کند. شیب خط رگرسیون در این مرحله ($t < t_0$) سرعت پرشدن دانه را نشان می‌دهد. با برازش این مدل بر کلیه داده‌ها ابتدا دو پارامتر مهم پرشدن دانه یعنی سرعت پرشدن دانه (b) و زمان رسیدگی وزنی (t_0) به‌دست آمده و سپس مقدار عددی t_0 در قسمت دوم رابطه یک قرار داده شد و GW که وزن دانه است محاسبه شد. برای تعیین دوره مؤثر پرشدن دانه از رابطه ۲ و به‌صورت زیر استفاده شد (۱۳):

$$EFP=MGW/GFR \qquad (۲)$$

در این رابطه EFP دوره مؤثر پرشدن دانه (روز)، MGW حداکثر وزن دانه (گرم) و GFR سرعت پرشدن دانه (گرم در روز) است. اندازه‌گیری روغن با روش سوکسله و با کمک حلال آلی متانول-کلروفرم انجام شد (۱۸). شاخص سبزینگی یا میزان سبزینگی برگ بر روی جوان‌ترین و کامل‌ترین برگ در هرکرت بعد از اعمال تنش با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD-502، مینولتای ژاپن) اندازه‌گیری و میانگین داده‌های حاصل به‌عنوان ارزش آن صفت در تجزیه داده‌ها به‌کار گرفته شد.

عملکرد دانه با برداشت از سطحی معادل نیم مترمربع از خطوط اصلی هر کرت بعد از حذف اثر حاشیه‌ای برآورد شد. برای برآورد برخی دیگر از صفات از جمله تعداد دانه پر و پوک در طبق، از خطوط اصلی هر کرت با رعایت اثر حاشیه ۸ بوته به‌طور تصادفی و از بین بوته‌های رقابت کننده برداشت و میانگین داده‌های حاصل به‌عنوان ارزش آن صفت در تجزیه واریانس مورد استفاده قرار گرفت. برای تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای SAS و Excel و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس صفات نشان داد که اثر سطوح آبیاری بر تعداد دانه پوک در طبق در سطح احتمال پنج درصد، بر تعداد دانه پر در طبق، وزن هزار دانه، درصد روغن و محتوای کلروفیل در سطح احتمال یک درصد و اثر کودهای زیستی بر تعداد دانه پوک در طبق، درصد روغن و محتوای کلروفیل در سطح احتمل یک درصد معنی‌دار شد. اثر ترکیب تیماری کودهای زیستی و سطوح آبیاری بر دوره مؤثر پرشدن دانه و طول دوره پرشدن دانه در سطح احتمال پنج درصد و بر سرعت پرشدن دانه و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲).

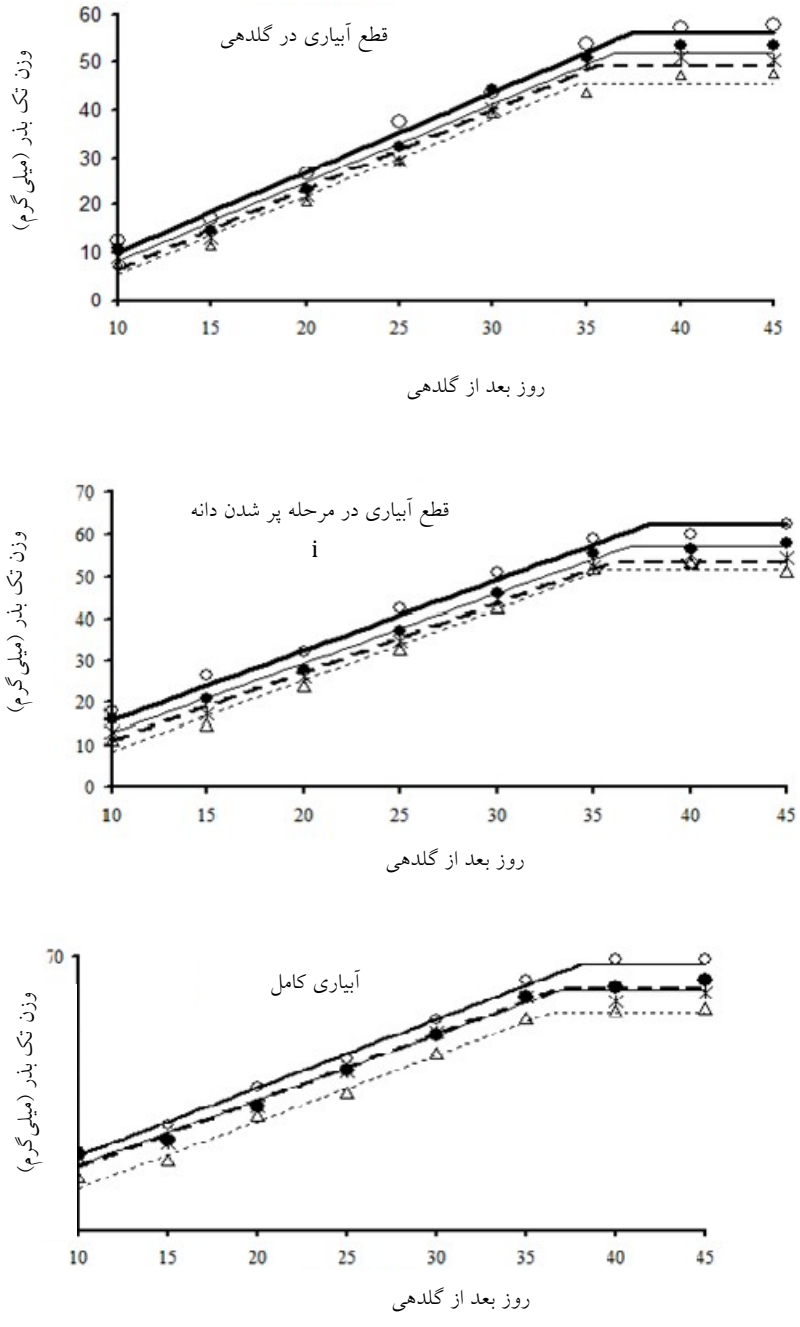
اثر فاکتورهای آزمایشی بر مؤلفه‌های پرشدن دانه نشان داد که در ابتدای مراحل پرشدن دانه، روند پرشدن دانه در تیمارهای مورد مطالعه از الگوی تقریباً مشابهی برخوردار بود. بدین‌ترتیب که ابتدا وزن دانه در تیمارهای مختلف با گذشت زمان از آغاز پرشدن دانه به‌صورت خطی افزایش یافت و به میزان حداکثر خود رسید (رسیدگی وزنی). پس از این مرحله وزن دانه از تغییرات چندانی برخوردار نبود و به‌صورت یک خط افقی در آمد (شکل ۲).

معادلات رگرسیونی برازش شده نشان داد که بین سطوح مختلف آبیاری، کودهای زیستی از نظر سرعت و طول دوره پرشدن دانه تفاوت‌هایی وجود دارد (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین سرعت پرشدن دانه (۱/۹۵ گرم در روز) در ترکیب تیماری آبیاری کامل، کاربرد توأم مایکوریز با ازتوباکتر و کمترین این صفت (۱/۶۲گرم در روز) در قطع آبیاری در زمان گل‌دهی، عدم کاربرد کودهای زیستی

جدول ۲. تأثیر کودهای زیستی بر مؤلفه‌های پر شدن دانه، تعداد دانه پر و پوک در طبق، عملکرد دانه و درصد روغن در سطوح مختلف آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		دوره مؤثر پر شدن دانه	سرعت پر شدن دانه	طول دوره پر شدن دانه	تعداد دانه پر در طبق	تعداد دانه پوک در طبق	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	درصد روغن	محتوای کلروفیل
تکرار	۲	۵۱۷/۸۱۶**	۱/۶۷**	۳۰۸/۶۵**	۱۷۴۲۲/۱۴	۲۰/۶	۱۱۲/۶۱^{ns}	۲۴۷۶۹۶/۹۳**	۴/۷۲	۱۸۲۰/۹۹**
سطوح آبیاری	۲	۴۷/۳۲**	۰/۰۶۹**	۱۵/۷۸**	۱۰۸۷۷۸/۴۱**	۲۱۲۸/۶۷*	**۱۴۲/۲۴	۲۲۳۱۹۲۲/۷۸**	۸۴/۰۱**	۶۵۰/۴۷**
کودهای زیستی	۳	۱۹**	۰/۰۲۶۳**	۱۱/۳۶**	۲۳۶۷۹/۹۸^{ns}	۶۲۰۰**	۳۱/۲۲^{ns}	۴۱۸۷۵۸/۸۲**	۱۹/۲۹**	۲۲۳/ ۴۴**
کودهای زیستی در سطوح آبیاری	۶	۰/۶۴*	۰/۰۱۵۲**	۰/۱۲۸*	۲۶۶۱/۹۴^{ns}	۲۸۹/۷۴^{ns}	۱۴/۲۳^{ns}	۴۶۸۰۰**	۱/۳۴^{ns}	۱۰/۹^{ns}
اشتباه آزمایشی	۲۲	۰/۲۱	۰/۰۰۲۹	۰/۰۳۴۸	۱۰۷۵۱/۴۲	۶۵۱/۸۴	۵۲/۳۹	۱۲۲۵۲/۹	۴/۳۳	۵/۲۹
ضریب تغییرات	-	۵/۴	۳/۷۲	۴/۸	۱۲/۵۷	۱۷/۲۸	۱۶/۷۷	۹/۳۵	۵/۱۳	۵/۴۷

ns * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد



شکل ۲. تأثیر کودهای زیستی بر روند پر شدن دانه آفتابگردان در سطوح مختلف آبیاری

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری کودهای زیستی در سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد و مؤلفه‌های پر شدن دانه

ترکیب تیماری		دوره مؤثر پر شدن دانه (روز)	سرعت پر شدن دانه (گرم در روز)	طول دوره پر شدن دانه (روز)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	معادله برازش شده
قطع آبیاری در گل‌دهی	بدون تلقیح	۲۸/۸^{g}	۱/۶۲^{c}	۳۶/۴۷^{h}	۱۶۹۶/۵^{f}	y = -۱۰/۷۰۴+۱/۶۲۴x
	تلقیح با ازتوباکتر	۲۹/۶^{f}	۱/۶۴۸^{c}	۳۷^{g}	۲۱۹۸/۱^{cde}	y = -۱۰/۱۹۵+۱/۶۶۸x
	مایکوریز	۳۰/۷۹^{e}	۱/۶۴۲^{c}	۳۷/۳۳^{f}	۱۹۴۷/۱^{def}	y = -۸/۱۵+۱/۶۴۳x
	مایکوریز + ازتوباکتر	۳۲/۷۸^{c}	۱/۶۶۵^{c}	۳۷/۶۷^{de}	۱۹۲۲/۲^{ef}	y = -۶/۵۲۶+۱/۶۶۹۵x
قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه	بدون تلقیح	۳۱/۵۸^{d}	۱/۶۵^{c}	۳۷/۰۵^{g}	۱۸۵۸/۷^{ef}	y = -۸ /۳۴۸+۱/۶۸۷x
	تلقیح با ازتوباکتر	۳۲/۲۸^{cd}	۱/۶۳^{c}	۳۷/۸^{f}	۲۴۹۷^{bc}	y = -۵/۳۳۴+۱/۶۲۹x
	مایکوریز	۳۳/۶۷^{b}	۱/۶۴۵^{c}	۳۸/۶۹^{d}	۲۱۹۶/۹^{cde}	y = -۳/۴۷۳۵+۱/۶۴۶x
	مایکوریز + ازتوباکتر	۳۴/۰۷^{b}	۱/۶۷^{c}	۳۹/۷۲^{c}	۲۲۹۶^{cd}	y = -۰/۹۶۸+۱/۶۷۲۷x
آبیاری کامل	بدون تلقیح	۳۲/۴۴^{c}	۱/۶۶۸^{c}	۳۸/۳۶^{e}	۲۵۵۳/۱^{bc}	y = -۶/۱۵۴۴+۱/۶۹۶۳ x
	تلقیح با ازتوباکتر	۳۳/۹۷^{b}	۱/۶۷۸^{c}	۳۸/۹۸^{d}	۲۹۹۳/۸^{a}	y = -۰/۹۱۱۹+۱/۶۹۶۳x
	مایکوریز	۳۴/۴۶^{a}	۱/۸۱۲^{b}	۴۰/۳۴^{b}	۲۸۵۲/۳^{ab}	y = -۰/۱۷۸۳+۱/۶۵۵x
	مایکوریز + ازتوباکتر	۳۵/۸۵^{a}	۱/۹۵^{a}	۴۱/۱۸^{a}	۲۷۴۳/۵^{ab}	y = -۱/۶۴۴۸+۱/۷۴۱۳x
	LSD 5%	۰/۷۷۷	۰/۰۹۱۵	۰/۳۱۶	۳۶۶/۳۲	-

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند.

به‌دست آمد (جدول۳). بویر و همکاران (۶) در ارزیابی مؤلفه‌های موثر بر وزن دانه بیان داشتند که سرعت انباشت مواد در دانه نسبت به طول دوره پرشدن دانه و دوره مؤثر پرشدن دانه اثر بیشتری در عملکرد دارد. کاتو (۱۹) اظهار داشت که دانه‌های با وزن بالاتر، از سرعت پرشدن بالاتری نسبت به دانه‌های با وزن کمتر برخوردار می‌باشند. به‌نظر می‌رسد باکتری‌های محرک رشد و قارچ مایکوریز و اثرات هم‌افزایی که بین این کودهای زیستی وجود دارد با تولید هورمون‌های رشد و تأمین عناصر غذایی، ضمن افزایش سرعت پرشدن دانه، امکان تداوم بیشتر دوره پرشدن دانه را نیز فراهم ساخته‌اند (۶).

به‌نظر می‌رسد افزایش ۳۰/۱۶ درصدی محتوای کلروفیل در کاربرد توأم مایکوریز با ازتوباکتر در مقایسه با شاهد می‌تواند دلیلی برای افزایش سرعت و طول دوره پرشدن دانه در چنین وضعیتی باشد (جدول ۴). طوری‌که تسونو و همکاران (۳۹) افزایش محتوای کلروفیل را توجیه کننده بخشی از افزایش سرعت و طول دوره پرشدن دانه عنوان کردند. چو و همکاران (۹) اظهار داشتند که بالا نگه داشتن میزان کلروفیل برگ‌ها و تأخیر در پیری برگ موجب افزایش میزان اسیمیلاسیون، بالا رفتن نقل و انتقال مواد به دانه شده (۲۵) و در نهایت می‌تواند وزن تک بذر، سرعت و دوره مؤثر پرشدن دانه را افزایش دهد و به‌نظر می‌رسد بالا بودن سرعت پرشدن دانه در شرایط آبیاری کامل، کاربرد توأم مایکوریز و ازتوباکتر می‌تواند توجیه کننده بخشی از افزایش وزن دانه و به‌تبع از آن عملکرد دانه باشد. بیشترین طول دوره پرشدن دانه (۴۱/۱۸ روز) و دوره مؤثر پرشدن دانه (۳۵/۸۵ روز) در ترکیب تیماری حاصل از آبیاری کامل، کاربرد توأم مایکوریز با ازتوباکتر و کمترین طول دوره (۳۶/۴۷ روز) و دوره مؤثر پرشدن دانه (۲۸/۸روز) در ترکیب تیماری آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله گل‌دهی و عدم کاربرد کودهای زیستی به‌دست آمد (جدول ۳). رایت و همکاران (۴۰) اظهار داشتند که کربن اضافی تثبیت شده توسط گیاهان مایکوریزایی شده به قارچ‌های مایکوریزا تخصیص می‌یابد و این قارچ‌ها با ایفای نقش مخزن اضافی برای مواد پرورده، موجب تحریک فتوسنتز گیاه میزبان شده و از این طریق به بهبود مؤلفه‌های پرشدن دانه و عملکرد آن کمک می‌کنند.

تعداد دانه پوک و پر در طبق

سطوح مختلف آبیاری و کاربرد کودهای زیستی اثر معنی‌داری بر تعداد دانه پر و پوک در هر طبق نشان دادند (جدول ۲). بیشترین تعداد دانه پر و کمترین تعداد دانه پوک در هر طبق به‌ترتیب به تعداد ۸۷۲/۰۸ و ۶۲/۱۳ در کاربرد توأم کودهای زیستی (ازتوباکتر و مایکوریز) و کمترین تعداد دانه پر (۷۵۶/۷۴) و بیشترین تعداد دانه پوک (۱۲۷/۰۲) در حالت عدم استفاده از کودهای زیستی مشاهده شد (جدول ۴). کاربرد توأم کودهای زیستی نسبت به تیمار شاهد موجب افزایش ۱۵/۲۴ درصدی تعداد دانه پر در هر طبق و کاهش ۱۰۴ درصدی تعداد دانه پوک در هر طبق شد. سلیمان‌زاده و همکاران (۳۸) افزایش هفت درصدی تعداد دانه در طبق را در اثر تلقیح بذر با ازتوباکتر گزارش نمودند. به‌نظر می‌رسد رشد بهتر گیاه و افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی توسط کودهای زیستی با تحریک مواد تنظیم کننده رشد، افزایش فتوسنتز و تنظیم فشار اسمزی، افزایش جذب عناصر کم‌تحرک مانند فسفر، روی، مس و همچنین بهبود روابط آبی گیاه می‌تواند موجب جذب بهتر آب و مواد غذایی در محدوده وسیعی از سطح ریشه شود (۳۵).

وزن هزار دانه

همان‌طورکه جدول ۲ نشان می‌دهد اثر سطوح آبیاری بر وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که وزن هزار دانه با افزایش تنش رطوبتی روند کاهشی نشان داد (جدول ۴). بالاترین وزن هزار دانه به‌میزان ۴۹/۰۹ گرم در شرایط آبیاری کامل و پایین‌ترین آن (۴۶/۶۷ گرم) در بوته‌هایی مشاهده شد که تا مرحله گل‌دهی آبیاری شده بودند. البته اختلاف آماری معنی‌داری در وزن هزار دانه در بین آبیاری تا مرحله پرشدن دانه با آبیاری تا مرحله

جدول ۴. مقایسه میانگین تأثیر کودهای زیستی و سطوح مختلف آبیاری بر تعداد دانه پر و پوک در طبق، وزن هزار دانه محتوای کلروفیل و درصد روغن

تیمارها	تعداد دانه پوک در طبق	تعداد دانه پر در طبق	وزن هزار دانه (گرم)	شاخص کلروفیل	درصد روغن
سطوح آبیاری					
قطع آبیاری در گل‌دهی	۱۰۷/۹۹^{a}	۷۳۱/۲۳^{c}	۴۶/۶۷^{b}	۳۴/۶۷^{c}	۳۷/۰۷^{c}
قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه	۹۱/۰۱^{ab}	۸۲۱/۲۳^{b}	۴۳/۷۱^{ab}	۴۲/۰۳^{b}	۴۰/۲۳^{b}
ابیاری کامل	۸۱/۷۳^{b}	۹۲۱/۵۵^{a}	۴۹/۰۹^{a}	۴۹/۴^{a}	۴۳/۳۳^{a}
LSD 5%	۲۱/۶۱	۸۷/۷۸	۶/۴۱	۱/۹۴	۱/۷۶
سطوح کودهای زیستی					
بدون تلقیح	۱۲۷/۰۲^{a}	۷۵۶/۷۴^{b}	۴۳/۹۳^{a}	۳۶/۷۳^{d}	۳۸/۷^{b}
تلقیح با ازتوباکتر	۹۷/۶۳^{b}	۸۱۴/۶۶^{ab}	۴۷/۶۷^{a}	۳۹/۲۶^{c}	۴۰/۶۶^{ab}
مایکوریز	۸۵/۵۲^{bc}	۸۵۵/۱۸^{ab}	۴۳/۵۷^{a}	۴۴/۳۳^{b}	۴۰/۵۴^{ab}
مایکوریز + ازتوباکتر	۶۲/۱۳^{c}	۸۷۲/۰۸^{a}	۴۵/۴۶^{a}	۴۷/۸۱^{a}	۴۲/۲۸^{a}
LSD 5%	۲۴/۹۶	۱۰۱/۳۷	۷/۴	۲/۲۵	۲/۰۳

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون برای هر عامل آزمایشی اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند.

گل‌دهی وجود نداشت (جدول ۳). هر چند آبیاری تا مرحله پرشدن دانه موجب افزایش ۵/۱۸ درصدی وزن هزار دانه در مقایسه با آبیاری تا مرحله گل‌دهی شد (جدول ۳). کاهش وزن هزار دانه در گیاهانی که تا مرحله گل‌دهی آبیاری شده بودند می‌تواند ناشی از تخصیص مواد فتوسنتزی کمتر برای دانه‌های تولید شده و در نتیجه کوچک‌تر شدن اندازه دانه‌ها در این شرایط باشد. بخشی از روند کاهشی در وزن هزار دانه را می‌توان به مؤلفه‌های پرشدن دانه نسبت داد. طوری‌که حتی در سطح ثابتی از کاربرد کودهای زیستی، طول دوره و دوره مؤثر پرشدن دانه در آبیاری کامل در مقایسه با آبیاری در مرحله گل‌دهی و آبیاری تا مرحله پرشدن دانه کمتر بود (جدول ۳).

شاخص کلروفیل (سبزینگی)

بررسی شاخص کلروفیل در جدول ۴ نشان می‌دهد که با افزایش تنش رطوبتی میزان سبزینگی برگ‌ها کاهش یافت. نتایج همچنین نشان داد که در اثر کاربرد مایکوریز و ازتوباکتر، شاخص کلروفیل بالاتر بود. طوری‌که حداکثر شاخص سبزینگی (۴۷/۸۱) در تلقیح توأم بذر با ازتوباکتر و مایکوریز و حداقل آن (۳۶/۷۳) در حالت عدم کاربرد کودهای زیستی به‌دست آمد (جدول ۴). روند مشابهی نیز در شرایط آبیاری کامل در مقایسه با محدودیت آبی در مرحله گل‌دهی و پرشدن دانه به‌دست آمد. طوری‌که بیشترین شاخص سبزینگی (۴۹/۴) در شرایط آبیاری کامل و کمترین آن (۳۴/۶۷) در شرایط آبیاری تا مرحله گل‌دهی به‌دست آمد (جدول ۴). اسکوتز و فنجمیر(۳۲) کاهش محتوای کلروفیل در اثر تنش خشکی را به افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول نسبت دادند که این رادیکال‌ها موجب پراکسیداسیون و تجزیه این رنگدانه‌ها می‌شوند، ولی اثرات مفید تلقیح بذر با باکتری در افزایش محتوای کلروفیل را می‌توان به در دسترس بودن بالاتر نیتروژن به‌واسطه تثبیت نیتروژن توسط کودهای زیستی نسبت داد. سید شریفی و نامور (۳۳) عنوان

نمودند که افزایش سطوح اتیلن توسط تنش شوری و خشکی می‌تواند منجر به پیری برگ شود، ولی در حضور کودهای زیستی حاوی ACC دی آمیناز، ساخت اتیلن به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد، بنابراین به‌دلیل کاهش تجزیه کلروفیل، محتوای آن افزایش می‌یابد.

سانازارو و همکاران (۳۱) گزارش‌کردند که گیاهان تلقیح شده با قارچ مایکوریزگونه *G. intraradices* میزان کلروفیل بالاتری نسبت به گیاهان بدون تلقیح داشتند. بریودان و اگلی(۷) در مورد علت کاهش سنتز کلروفیل در شرایط تنش آبی و افزایش تخریب ساختمانی آن اظهار داشتند که در تنش کم‌آبی گیاه در طی روز با بسته نگاه داشتن روزنه‌ها، سعی در حفظ محتوی آب نسبی خود دارد، در این زمان انتقال الکترون در فتوسیستم II مختل شده و در این وضعیت، الکترون اضافی ناشی از فتولیز آب، موجب تولید اکسیژن فعال و خسارت به غشاء سلولی از طریق پراکسید شدن چربی‌ها، پروتئین‌ها و کاهش محتوی کلروفیل گیاه می‌شود. بیتز و همکاران (۴) کاهش غلظت کلروفیل را در شرایط تنش به افزایش فعالیت کلروفیلاز، پراکسیداز و ترکیبات فنلی نسبت دادند.

عملکرد دانه

با توجه به جدول تجزیه واریانس عملکرد دانه تحت تأثیر سطوح آبیاری، باکتری‌های محرک رشد و اثر ترکیب تیماری این دو عامل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری کاربرد کودهای زیستی و سطوح مختلف آبیاری حاکی از آن است که بیشترین عملکرد دانه (۲۹۹۳/۸ کیلوگرم در هکتار) در تلقیح بذر با ازتوباکتر و در شرایط آبیاری کامل به‌دست آمد. البته بین این ترکیب تیماری با ترکیب‌های تیماری آبیاری کامل در شرایط کاربرد مایکوریز، و آبیاری کامل در شرایط کاربرد توأم مایکوریز و ازتوباکتر اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود نداشت (جدول ۳). کمترین عملکرد دانه (۱۶۹۶/۵ کیلوگرم در هکتار) در حالت عدم کاربرد کودهای زیستی و آبیاری تا مرحله گل‌دهی به‌دست آمد (جدول ۳). به بیانی دیگر در شرایط آبیاری کامل، کاربرد ازتوباکتر در مقایسه با عدم کاربرد آن در همین سطح از آبیاری منجر به افزایش ۱۷/۲۶ درصدی عملکرد دانه شد (جدول ۳). البته بین این ترکیب تیماری (آبیاری کامل و تلقیح بذر با ازتوباکتر با ترکیب تیماری آبیاری کامل در کاربرد مایکوریز، آبیاری کامل در کاربرد توأم مایکوریز و ازتوباکتر اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود نداشت (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد بخشی از این افزایش عملکرد، ناشی از افزایش جمعیت‌های میکروبی در خاک یا ریزوسفر است که به‌وسیله ایجاد چرخه مواد غذایی و قابل دسترس ساختن آن، افزایش حفظ سلامتی ریشه در طول دوره رشد در رقابت با پاتوژن‌های ریشه و افزایش جذب مواد غذایی موجب بهبود رشد گیاه و در نهایت افزایش عملکرد می‌شوند. روستی و همکاران (۲۹) علت افزایش عملکرد توسط باکتری‌های محرک رشد را به نقش مثبت باکتری در تنظیم و تولید هورمون‌های محرک رشد و توسعه بهتر ریشه گیاه نسبت دادندکه با افزایش امکان جذب بیشتر، به بهبود عملکرد کمک می‌نماید. در این بررسی عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل در حالت کاربرد توأم کودهای زیستی در مقایسه با شاهد در همین سطح از آبیاری ۷/۵ درصد افزایش داشت (جدول ۳). کلوپر و بیوچامپ (۲۰) گزارش کردند که عملکرد گندم بین ۳۰ تا ۴۰ درصد در تلقیح با باکتری‌های محرک رشد افزایش می‌یابد.

درصد روغن

افزایش روغن از اهداف اصلی تولید دانه‌های روغنی است. نتایج نشان داد که درصد روغن تحت تأثیر تنش رطوبتی و کاربرد کودهای زیستی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). محدودیت آبی موجب کاهش درصد روغن آفتابگردان شد. طوری‌که بیشترین درصد روغن (۴۳/۳۳ درصد) در شرایط آبیاری کامل و کمترین آن (۳۷/۰۷ درصد) در آبیاری تا مرحله گل‌دهی به‌دست آمد. به بیانی دیگر محدودیت شدید

آبی موجب کاهش ۱۶/۸ درصدی روغن شد. کاربرد توأم کودهای زیستی نیز به افزایش ۹/۲۷ درصدی روغن در مقایسه با عدم کاربرد کودهای زیستی منجر شد. شهاتا و ال خواز (۳۷) افزایش معنی‌دار درصد روغن آفتابگردان را با کاربرد باکتری‌های محرک رشد گزارش نمودند. شوکت و همکاران (۳۶) افزایش درصد روغن در اثر تلقیح سویه‌های مختلف باکتری نسبت به شاهد را بین ۰/۲۷ تا ۱۸ درصد گزارش کردند که به‌ترتیب به سویه‌هایی از باکتری سودوموناس و ازتوباکتر مربوط می‌شد. بررسی‌های سلیمان‌زاده و همکاران (۳۸) نشان داد که عملکرد روغن در اثر ازتوباکتر به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت. به‌طوری‌که بذور تلقیح شده با ازتوباکتر نسبت به بذور تلقیح نشده دارای ۷ درصد عملکرد روغن بیشتری بودند. به‌نظر می‌رسد بخشی از کاهش روغن در شرایط تنش رطوبتی را می‌توان به کاهش طول دوره و دوره پرشدن دانه نسبت داد. در این راستا رازی و اسد (۲۷) گزارش کردند که در شرایط بدون تنش، زمان بیشتری برای پرشدن دانه وجود دارد، در نتیجه درصد روغن نیز بیشتر است و اظهار داشتند که در ابتدا کربوهیدرات‌ها تجمع می‌یابند و سپس این ماده به روغن، پروتئین و یا هر ماده دیگر تبدیل می‌شود، از این‌رو هر قدر طول دوره پرشدن دانه بیشتر باشد درصد روغن نیز بالاتر خواهد بود.

نتیجه‌گیری

با افزایش تنش رطوبتی عملکرد، اجزای عملکرد، سرعت و طول دوره پرشدن دانه کاهش یافت. کاربرد کودهای زیستی در مقایسه با عدم کاربرد آنها منجر به افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه گردید. بیشترین عملکرد دانه در تلقیح بذر با ازتوباکتر و در شرایط آبیاری کامل به‌دست آمد. البته بین این ترکیب تیماری با ترکیب‌های تیماری آبیاری کامل در شرایط کاربرد مایکوریز و آبیاری کامل در شرایط کاربرد توأم مایکوریز و ازتوباکتر اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود نداشت. در شرایط تنش شدید رطوبتی، کاربرد توأم مایکوریز و ازتوباکتر عملکرد دانه را ۱۳/۳درصد در مقایسه با عدم کاربرد آنها افزایش داد. به‌نظر می‌رسد کاربرد کودهای زیستی با تعدیل اثرات تنش رطوبتی می‌تواند در بهبود عملکرد، سرعت و طول دوره پرشدن دانه حتی در شرایط تنش رطوبتی مؤثر واقع شود.

منابع مورد استفاده

1. Al-Karaki, G. N., B. McMichael and J. Zak. 2004. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. *Mycorrhiza* 14: 263-269.
2. Angadi, S. V. and M. H. Entz. 2002. Water relations of standard height and dwarf sunflower cultivars. *Crop Science* 42: 152-159.
3. Anonymous. 2015. Agriculture - Iran – Statistics. Jahad –e- Keshavarzi Press. Iran.
4. Bates, L. S., R. P. Waldern, and E. D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil* 39: 205-207.
5. Bauer, A. A., B. Frand and A. L. Black. 1985. Estimation of spring wheat grain dry matter assimilation on from air temperture. *Agronomy Journal* 77: 743-752.
6. Behl, R. K., H. Sharma, V. Kumar and N. Narula. 2003. Interaction between mycorrhiza, Azotobacter chroococcum and root characteristics of wheat varieties. *Journal of Agronomy and Crop Science* 89: 151-155.
7. Brocklehurst, P. A. 1977. Factors controlling grain weight in wheat. *Nature* 266: 348-349.
8. Cakmakci, R. I., M. F, Donmez and U. Erdogan. 2007. The effect of plant growth promoting rhizobacteria on barely seedling growth, nutrient uptake, some soil properties and bacterial counts. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 31: 189-199.
9. Cho, D. S., S. K.Jong., Y. K. Park and S. Son. 1987. Studies on the duration and rate of grain filling in rice (*Oryza sativa* L.). I. Varietal difference and effects of nitrogen. *Korean Crop Science* 32(1): 103-111.
10. Dang, T. H., G. S, Cai, M. D. Guo and L.K. Heng. 2006. Effects of nitrogen management on yield and water use efficiency of rain fed wheat and maize in Northwest China. *Pedosphere* 16(4): 495-504.

11. Davidson, J. L. and J. W. Birch. 1978. Response of a standard Australian and a Mexican wheat to temperature and water stress. *Australian Journal of Agricultural Research* 29. 1091-1106.
12. Elliott, L. F. and R. E. Wildung. 1992. What biotechnology means for soil and water conservation? *Journal of Soil Water Conservation* 47: 17-20.
13. Ellis, R. H. and C. Pieta-Filho. 1992. The development of seed quality in spring and winter cultivars of barley and wheat. *Seed Science Research* 2: 19-25.
14. Ghosh, P. K., K. K.Ajay, M. C. Bandyopadhyay, K. G.Manna, A. K. Mandal and K. M. Hati. 2004. Comprative effectivence of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping system in vertisols of semi-arid tropics. Π. Dry matter yield, nodulation, chlorophyll content and enzyme activity. *Bioresource Technology* 95: 85-93.
15. Gianinazzi, S., H. Schuepp, J. M. Barea and K. Haselwandter. 2001. Mycorrhizal Technology in Agriculture: From Genes to Bioproducts. Birkhauser, Basel. Switzerland.
16. Hassan Zadeh, E., D. Mazaheri, M. R. Chaichi and K. Kharazi. 2007. Efficiency of phosphorus solubilizing bacteria and phosphorus chemical fertilizer on yield and yield components of barley cultivar (Karoon Dar Kavir). *Pajouhesh & Sazandegi* 77: 111-118. (In Farsi).
17. Hodge, A. 2000. Microbial ecology of the arbuscular mycorrhiza. *FEMS Microbiology Ecology* 32: 91-96.
18. Joshi, N. L., P. C. Mali and A. Sexena. 1998. Effect of nitrogen and sulphur application on yield and fatty acid composition of mustard (*Brassica juncea* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science* 180: 59-63.
19. Kato, T. 1999. Genetic and environmental variations and associations of the characters related to the grain filling process in rice cultivars. *Plant Production Science* 2: 32-36.
20. Kloepper, J. and W. Beauchamp. 1992. A review of issues related to measuring of plant roots by bacteria. *Canadian Journal of Microbiology* 38: 1219-1232.
21. Lucy, M., E. Reed and B. R. Glick. 2004) Application of free living plant growth-promoting rhizobacteria. *Antony van Leeuwenhoek* 86: 1-25.
22. Mayaka, S., T. Tirosh and B. R. Glick. 2004. Plant growth-promoting bacteria that confer resistance to water stress in tomatoes and peppers. *Plant Science* 166: 525–530
23. Mirzakhani, M., M. R. Ardakani., A. Aeeneband., A.H. Shirani Rad., F. Rejali. 2009. Effects of dual inoculation of Azotobacter and mycorrhiza with nitrogen and phosphorus fertilizer rates on grain yield and some characteristics of spring safflower. *In:* Proceedings of the10th Iranian Congress of Crop Production and Plant Breeding, Seed and Plant Hmprovement Institute, Iran. (In Farsi).
24. Mojtabaei Zamani, M., M. Esfahani, R.Honarnejad and M. Allagholipor. 2006. Investigating the rate and filling period correlation with yield component and other physiological parameter in rice cultivars. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 10: 213-224.
25. Murchie, E. H., J. Yang, S. Hubbart, P. Horton and S. Peng. 2002. Are there associations between grain-filling rate and photosynthesis in the flag leaves of field-grown rice? *European Science* 53: 2217-2224.
26. Panwar, J. D. S. 1991. Effect of VAM and Azospirillum brasilenseon photosynthesis, nitrogen metabolism and grain yield in wheat. *Indian Journal of Plant Physiology* 34: 357-361.
27. Razi, H. and M. T. Assad. 1999. Comparison of selection criteria in normal and limited irrigation in sunflower. *Euphytica* 105: 83-90.
28. Reddy, A. R., K. V. Chaitanya and M. Vivekanandan. 2004. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of Plant Physiology* 161: 1189-1202.
29. Roesty, D., R. Gaur and B. N. Johri. 2006. Plant growth stage, fertilizer management and bio-inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the rhizobacterial community structure in rain-fed wheat fields. *Soil Biology and Biochemistry* 38: 1111-1120.
30. Ronanini, D., R. Savin and A. Hall. 2004. Dynamic of fruit growth and oil quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.) exposed to brif interval of high temperature during grain filling. *Field Crops Research* 83: 79-90.
31. Sannazzaro A. I., E. Alberto, O. A. Ruiz and B. Menendez. 2005. Influence of the arbuscular mycorrhizal fungus Glomus intraradices on the saline stress physiology of Lotus glaber. *Lotus Newsletter* 35: 29-30.
32. Schutz, H. and E. Fangmier. 2001. Growth and yield responses of spring wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Minaret) to elevated CO_2 and water limitation. *Environment Pollution* 114: 187-194.
33. Seyed Sharifi, R. and A. Namvar. 2015. Biofertilizers in Agronomy. University of Mohaghegh Ardabili Press. Iran. (In Farsi).
34. Seyed Sharifi, R. and S. Hokmalipour. 2016. Agronomy under Environmental Stresses. University of Mohaghegh Ardabili Press. Iran. (In Farsi).
35. Seyed Sharifi, R. 2015. Oil Seeds. Jahad Daneshgahi Ardabil Press. Iran. (In Farsi).

36. Shaukat, K., S. Afrasayad and S. Hasman. 2006. Growth responses of Helianthus annuus to Plant Growth Promoting Rhizobacteria used as a biofertilizer. *Journal of Agricultural Research* 1: 573-581.
37. Shehata, M. and S. A. EL-Khawas. 2003. Effect of two biofertilizers on growth parameters, yield characters, nitrogenous components, nucleic acids content, minerals, oil content, protein profiles and DNA banding pattern of sunflower yield. *Pakistan Journal of Biological Science* 6: 14. 1257-1268.
38. Soleimanzadeh, H., D. Habibi, M. R. Ardakani, F. Paknejad and F. Rejali. 2010. Response of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) to Inoculation with Azotobacter under different nitrogen levels. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Science* 7(3): 265-268.
39. Tsuno, Y., T. Yamaguchi and J. Nakano. 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. *Tottori University Bulletin of the Faculty of Agriculture* 47: 1-10.
40. Wright, D. P., J. D. Scholes and D. J. Read. 1998. Effects of VA mycorrhizal colonization on photosynthesis and biomass production of trifolium repense L. *Plant, Cell Environment* 21: 209-216
41. Wu, S. C., Z. H. Cao, Z. G. K. Li., C. Cheung and M. H. Wong. 2005. Effects of bio fertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma* 125: 155-166.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 7, No. 3, Fall 2017, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Effect of Irrigation Withholding in Reproductive Stages and Biofertilizers on Quantity and Quality of Yield and Grain Filling Duration of Sunflower (*Helianthus annus* L.)

R. Seyed Sharifi [1*] and R. Seyed Sharifi[2]

(Received: January 29-2017; Accepted: April 15-2017)

Abstract

In order to study the effect of irrigation withholding and biofertilizers application on quantitative and qualitative yield and grain filling duration of sunflower (*Helianthus annus* L.), a factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications in research field of Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Iran in 2015. Treatments were four biofertilizers levels [(no biofertilizer, seed inoculation by *Azotobacter chrocoocum strain* 5, application of mycorrhiza (*Glomus mosseae)*, *Azotobacter chrocoocum* + *Glomus mosseae*) and irrigation in three levels (full irrigation as control; moderate water stress or irrigation withholding at grain filling period; severe water stress or irrigation withholding at flowering stage]. Results showed that number of unfilled and filled grains per head, grain filling rate, 1000- grain weight, oil percentage and chlorophyll index, grain filling duration and effective grain filling duration were significantly affected by irrigation levels and biofertilizers. The highest grain filling rate (1.95 g per day), grain filling duration (21.18 days), and effective grain filling duration (35.85 days) were obtained in full irrigation and application of *Azotobacter* + mycorrhiza. Irrigation withholding at flowering stage led to 26, 5.18, 42.48 and 16.88% decreases in number of filled grains per head, 1000-grain weight and chlorophyll index and oil percentage, respectively, in comparison with full irrigation. Whereas, application of *Azotobacter* + mycorrhiza led to 15.24, 3.48, 30.16 and 9.25% increases in number of filled grains per head, 1000-grain weight, chlorophyll index and oil percentage, respectively, in comparison with control (no biofertilizers). Under severe water stress, application of biofertilizer (*Azotobacter* + *Glomus*) led to 13.3% increase in grain yield in comparison with lack of biofertilizers. Based on the results, it seems that application of biofertilizers is suitable for increasing sunflower yield under water stress condition.

Keywords: *Azotobacter,* Mycorrhiza, Sunflower, Water limitation

1. Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
*. Corresponding Author, Email: raouf_ssharifi@yahoo.com