دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال یازدهم، شماره سی و ششم، ۱۳۹۸

تاثیر قطع آبیاری و کاربرد میکوریزا و نانواکسید آهن و روی بر عملکرد، سرعت و طول دوره پر شدن دانه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)

رئوف سید شریفی[۱]، رضا سید شریفی[۲]

تاریخ دریافت: ۹۵/۸/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۲/۲

چکیده

به منظور بررسی تأثیر قطع آبیاری و کاربرد میکوریزا و محلول‌پاشی با نانواکسید آهن و روی بر عملکرد، سرعت و طول دوره ی پر شدن دانه ی گلرنگ، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹٤ به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل کاربرد میکوریزا در دو سطح (مصرف و عدم مصرف میکوریزا)، محلول پاشی نانواکسید در چهار سطح (عدم استفاده از نانواکسید، کاربرد نانواکسید آهن، نانواکسید روی و کاربرد توام نانواکسید آهن و روی) و سه سطح آبیاری (آبیاری کامل به عنوان شاهد، محدودیت شدید آبی یا قطع آبیاری در ۵۰ درصد مرحله تکمه دهی، محدودیت ملایم آبی یا قطع آبیاری در ۵۰ درصد مرحله گلدهی) بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که حداکثر عملکرد دانه، سرعت، طول دوره و دوره ی موثر پر شدن دانه (به ترتیب ۲۲۷۸/۵۲ کیلوگرم در هکتار، ۰/۰۰۲۷ گرم در روز، ٤۰ و ۳۵ روز) در برهمکنش حاصل از آبیاری کامل، کاربرد میکوریزا و محلول‌پاشی توأم نانواکسید آهن و روی و کمترین مقادیر این صفات (به ترتیب ۸۳٤/۲۵ کیلوگرم در هکتار، ۰/۰۰۱۸۹ گرم در روز، ۳۰/۹۱ روز و ۲٦/۷۹ روز) در آبیاری تا مرحله تکمه دهی، عدم کاربرد میکوریزا و عدم محلول‌پاشی به دست آمد. کاربرد میکوریزا و نانواکسید آهن و روی عملکرد دانه را ۳۵/۱۹ درصد در مقایسه با عدم کاربرد میکوریزا و نانواکسید آهن و روی تحت شرایط محدودیت شدید آبی افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: محدودیت آبی، ریز مغذی، کودهای زیستی، گلرنگ

سید شریفی، ر و ر. سید شریفی. ۱۳۹۸. تاثیر قطع آبیاری و کاربرد میکوریزا و نانواکسید آهن و روی بر عملکرد، سرعت و طول دوره پر شدن دانه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.). مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳٦: ۱٦٤-۱۵۲.

۱- استاد دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران- مسئول مکاتبات. پست الکترونیک: raouf_ssharifi@yahoo.com

۲- استادیار دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

مقدمه

گلرنگ یکی از مهمترین دانه‌های روغنی است که سالانه در سطح وسیعی از مناطق خشک و نیمه خشک کشور کشت می‌شود و همین امر موجب می‌گردد در چنین مناطقی بخشی از دوران رشدی آن با محدودیت آبی مواجه گردد (سید شریفی، ۱۳۹٤).

امروزه روش‌های مختلفی برای تعدیل اثرات ناشی از تنش در نظر گرفته شده است. در این راستا وو و همکاران (۲۰۰۵) اظهار داشتند که کاربرد کودهای زیستی نه تنها مقاومت گیاه را در برابر تنش‌های مختلف محیطی مانند کمبود آب و عناصر غذایی افزایش می‌دهند، بلکه میکروارگانیسم‌های از بین رفته خاک را نیز جبران می‌کنند (گیلیک و همکاران، ۲۰۰۱). ال کاراکی و همکاران (۲۰۰٤) عنوان کردند میکوریزها با افزایش مقاومت به تنش‌های خشکی و شوری، اثر مثبتی بر بهبود ساختمان خاک و خصوصیات کمی و کیفی گیاهان همزیست دارد.

یکی دیگر از اثرات ناشی از محدودیت آبی بر هم زدن تعادل تغذیه‌ای گیاه به خصوص در مورد عناصر ریز مغذی است. با تکمیل مصرف عناصر غذایی کم مصرف از طریق محلول‌پاشی، می‌توان وضعیت رشد گیاه را در شرایط تنش بهبود بخشید (پایگزار و همکاران، ۱۳۸۸). از ویژگی های این روش می‌توان به بر طرف کردن سریع کمبود، جلوگیری از تثبیت عنصر در خاک و کاهش سمیت ناشی از تجمع این عناصر در خاک اشاره کرد (خوشگفتار منش، ۱۳۸٦). در این راستا به دلیل بالا بودن کارایی جذب و سطح مخصوص نانو ذرات در مقایسه با ذرات معمول انتظار می‌رود سرعت جذب، انتقال وتجمع نانو ذرات بسیار بیشتر از ذرات معمول باشد (مونیکا و کریمونی، ۲۰۰۹). بررسی ها نشان داده است که نانواکسید آهن در مقایسه با آهن معمولی، از تاثیر معنی‌داری در افرایش آهن گیاه برخوردار بود (مظاهری نیا و همکاران ۲۰۱۱) و یا محلول پاشی نانو اکسید روی به مقدار دو گرم در ۱۵ لیتر آب موجب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد بادام زمینی در مقایسه با محلول پاشی این کود به فرم معمول و با غلظت ۳۰ گرم در ۱۵ لیتر شد (پراساد و همکاران ۲۰۱۲).

کمبود روی و آهن در مناطق خشک و نیمه خشک، خاک‌های آهکی، شنی و فرسایش یافته شیوع بیشتری دارد. کشت مداوم و عدم مصرف کودهای حاوی عناصر ریز مغذی و کودهای آلی موجب کاهش ذخیره این عناصر در خاک و در نتیجه کاهش عملکرد شده است (ولچ و همکاران، ۱۹۹۹). اگرچه نیاز گیاهان به این عناصر کم است، ولی اگر مقدار کافی از آنها در دسترس نباشد، گیاهان از تنش‌های فیزیولوژیکی حاصل از ناکارایی سیستم های متعدد آنزیمی و دیگر اعمال متابولیکی مرتبط با عناصر ریز مغذی در امان نخواهند بود (بایبوردی، ۱۳۸۵).

وزن نهایی دانه از دو عامل سرعت و طول دوره پر شدن دانه از مواد پرورده که نتیجه‌ی آن افزایش وزن خشک دانه است پیروی می‌کند (بردار و همکاران، ۲۰۰۸). دوره پر شدن دانه مرحله اصلی تشکیل عملکرد دانه است و طولانی‌تر بودن این دوره امکان انتقال مواد فتوسنتزی بیش‌تر از مبدأ به مقصد و در نتیجه افزایش عملکرد دانه را فراهم می‌سازد (کاتو، ۱۹۹۹) و کاهش دوره پر شدن دانه می‌تواند ناشی از توقف عرضه مواد فتوسنتزی، کاهش محتوی آب دانه و یا توقف فعالیت متابولیکی مخزن باشد. کاربرد کودهای زیستی با افزایش میزان آسیمیلاسیون، موجب بالا رفتن نقل و انتقال مواد به دانه شده و سرعت پر شدن دانه را افزایش می‌دهند (عباس پور، ۱۳۹۱). دولین و ویتان (۱۹۸۳) اظهار داشتند که به دلیل نقش ریز مغذی روی که به طور مستقیم در بیوسنتز مواد رشدی مانند اکسین دخالت دارد انتظار می‌رود که با تولید مواد فتواسیمیلاتی بیشتر و ذخیره سازی آن در دانه‌ها به عنوان مخزن ذخیره‌ای، منجر به افزایش طول دوره پر شدن و عملکرد دانه شود. با توجه به گستردگی مناطق خشک و نیمه خشک کشور و مواجه شدن بخشی از دوران رشدی با محدودیت آبی و از طرفی به دلیل کمبود عناصر ریز مغذی در بیشتر خاک‌ها و اهمیت محلول پاشی این عناصر با نانو ذرات در تعدیل بخشی از اثرات خشکی، موجب گردید تا تاثیر میکوریزا و محلول‌پاشی با نانواکسید آهن و روی بر روند پر شدن و عملکرد دانه گلرنگ در شرایط محدودیت آبی مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۱۳۹٤ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل با مختصات جغرافیایی ٤۸° و ′۳۰ دقیقه طول شرقی و ۳۸° درجه و ′۱۵عرض شمالی با ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل کاربرد میکوریزا در دو سطح (مصرف و عدم مصرف میکوریزا)، چهار سطح نانواکسید (عدم استفاده از نانواکسید، کاربرد نانواکسید آهن، کاربرد نانواکسید روی و کاربرد توام نانواکسید آهن و روی) به میزان یک گرم در لیتر بود که در کاربرد توام این دو از هر یک ۰/۵ گرم در لیتر استفاده شد] و سه سطح آبیاری (آبیاری کامل مطابق با عرف متداول کشاورزان

محلی به عنوان شاهد، آبیاری تا مرحله ۵۰ درصد مرحله تکمه دهی (غنچه دهی) به عنوان تنش شدید در محدودیت آبی، آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله گلدهی به عنوان تنش ملایم در محدودیت آبی) بود. عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک و تسطیح بود. در مرحله بعدی تهیه جوی پشته ها توسط فاروئر انجام شد. هر واحد آزمایشی شامل پنج ردیف پنج متری با فاصله بین ردیفی۵۰ سانتیمتر بود. بین هر واحد آزمایشی حداقل دو ردیف نکاشت به منظور جلوگیری از اثر محلول پاشی و نشت آبی به کرت های مجاور قرار داده شد. کاشت در بهار به محض مساعد شدن شرایط اقلیمی (در ۱۳ اردیبهشت ماه) با دست در عمق ۳ تا ٤ سانتیمتری و به صورت هیرم‌کاری انجام شد. بذر مورد استفاده رقم پدیده بود که از موسسه نهال و بذر کرج تهیه گردید. به منظور افزایش همزیستی میکوریزایی از بذور ضدعفونی نشده استفاده شد. از قارچ *Glomus mosseae* برای تلقیح استفاده شد که مخلوطی از اسپور، هیف و قطعات جداشده ریشه های آلوده بود. مقدار قارچ مورد استفاده ۲۰ گرم در هر متر مربع خاک بود که از شرکت زیست فناوران توران تهیه شد. نانو اکسید روی تولید کشور چین بود که از شرکت نوترینو تهیه شد. در مرحله ٤ تا ۵ برگی، گیاهچه‌ها بر اساس فاصله حدود ۵ سانتیمتر (تراکم حدود ٤۰ بوته در متر مربع) تنک شدند. در طول اجرای تیمارهای قطع آبیاری، بارندگی صورت نگرفت.

به منظور تعیین سرعت پر شدن دانه تقریباً پس از پایان دوره گلدهی و شروع دوره پر شدن دانه در فواصل زمانی هر چهار روز یک بار دو بوته مشابه و به ظاهر یکنواخت به طور تصادفی از بین بوته‌های رقابت کننده در هر مرحله از نمونه برداری 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 گردید (رونانینی و همکاران، ۲۰۰٤). به منظور برآورد، تجزیه و تحلیل و تفسیر پارامترهای مربوط به پر شدن دانه از یک مدل رگرسیون خطی (دو تکه‌ای) براساس رویه DUD و دستورالعمل Proc Nlin نرم افزار SAS به صورت زیر استفاده شد.

رابطه (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 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. با برازش این مدل بر کلیه داده‌ها 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 (۱) قرار داده شد و GW که وزن دانه است محاسبه شد. برای تعیین دوره موثر پر شدن دانه از رابطه دو و به صورت زیر استفاده شد (الیس و پاتیافیلهو ۱۹۹۲):

رابطه ۲ $$EFP=MGW/GFR$$

در این رابطه EFP دوره موثر پر شدن دانه، MGW حداکثر وزن دانه و GFR سرعت پر شدن دانه است

عملکرد دانه با برداشت از سطحی معادل نیم متر مربع از خطوط اصلی هر کرت بعد از حذف اثر حاشیه‌ای برآورد گردید. برای برآورد اجزای عملکرد و برخی دیگر از صفات از جمله تعداد شاخه جانبی، تعداد طبق در بوته و دانه در طبق از خطوط اصلی هر کرت با رعایت اثر حاشیه ۸ بوته به صورت تصادفی و از بین بوته‌های رقابت کننده برداشت و میانگین داده‌های حاصل به عنوان ارزش آن صفت در تجزیه واریانس مورد استفاده قرار گرفت. اندازه‌گیری روغن از روش سوکسله و با کمک حلال آلی متانول-کلروفرم انجام شد (جوشی و همکاران، ۱۹۹۸). برای تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها از نرم افزارهای SAS و Excel و برای مقایسه میانگینها از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

جدول ۱- تجزیه واریانس تاثیر میکوریز و نانواکسید آهن و روی بر مولفه های پر شدن دانه عملکرد دانه و برخی صفات مرتبط با عملکرد گلرنگ در سطح مختلف آبیاری

*** و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد**

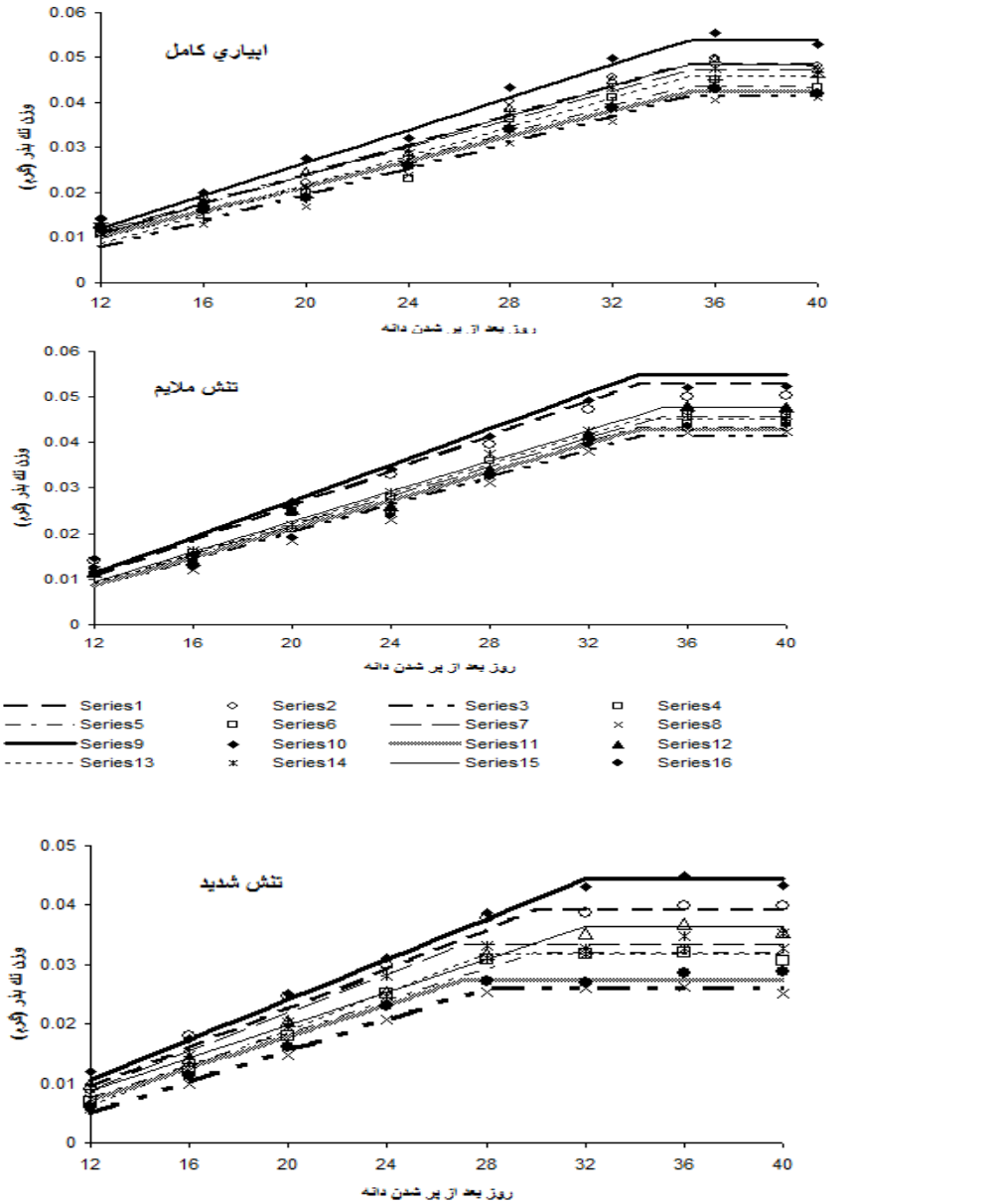
منابع تغییر	درجه ازادی	میانگین مربعات								
		طول دوره پر شدن دانه	سرعت پر شدن دانه	دوره موثر پر شدن دانه	درصد روغن	شاخه جانبی	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	عملکرد دانه	وزن هزار دانه
تکرار	۲	۱۲۳۵/٤٦ **	٤/ ۳٦ ×۱۰$^{-٦}$**	۹۲۷/۹۷**	۹۷/۲۳**	۲/۳۸ **	۵/۵ **	٤۲/۵۲ **	۱٦۳۰۵٦/٤ **	۸۸/۲٤ **
سطوح محدودیت آبی (I)	۲	۱۷۵/٦۳ **	۳/۵۹×۱۰$^{-٦}$**	۱۳۱/۸۹**	٦۱۷ /۳۱**	۵٦/۳۱ **	۱۵٦/۸**	۸۱۸/۹ **	۳۱۲٤۰۸۸/ ۸**	۱۹۱٤/٤**
نانواکسید آهن و روی(N)	۳	۳۱/ ٤٦ **	٦/۷×۱۰$^{-۷}$**	۲۳/٦۲**	۹۹/۳۹ **	۷/۰۹ **	۱۰/۱۷*	۱۳٤۲/۰۲ **	۸۹۹۸۵٦**	۲۸۲/۳۵**
سطوح میکوریز(M)	۱	۰/۳۳۷ ns	۱/۵×۱۰ $^{-۷}$*	۰/۲۵۳ns	۲۱/ ۰۱ **	۲/ ۷۸ **	۲/ ٦۲**	۲۳۸/۰٤ **	۱۹۸۲۳۲/۷**	۱٦۰/۲٤**
I× N	٦	۳/ ۷٤٤ **	۹/۷٦×۱۰ $^{-۸}$**	۲/۸۱۱**	۵٤/۵۲ **	۰/۲۵ *	۱/٤۸ **	۸/۱۰٤ **	۱۷۷۸۷/۹ **	۵/ ۲۷**
I× M	۲	۳/ ٦۸ **	۳/٤۷×۱۰ $^{-۸}$**	۲/۷٦**	۱۸/۸ *	۰/۲۸ ns	۱ /۰۷ *	۲٤/۲۷ **	۷۸٦۹/۷	۷/۲۳
N× M	۳	۰/ ٦۳۳ ns	۱/٤٤×۱۰ $^{-۸}$**	۰/٤۷۵ns	٤۰/۳۲ **	۰/٦۳ **	٦/۵۹ **	۳۱٤/۵۳ **	۲٤۲۸۹۱/٤**	۸٦/۹
I× N× M	٦	۰/۹٤٤ **	۳/۸×۱۰ $^{-۸}$**	۰/۷۰۹**	٦۰/ ٦٦ **	۰/ ٤۱ **	۱/۷۹**	۲٦/۵٤ **	۲۷۳۱٦/ ۹**	۷/۷۹**
خطای آزمایشی	٤٦	۰/ ۲۹٦	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۱	۰/۲۲۲	۲/ ۰۳	۰/۱۰۳	۰/ ۲۹	۲/ ۳۱	۲۹۸۳/ ۵	٤/۰۲
ضریب تغییرات (٪)	-	۷/۵٦	٦/۸	۳/۵٦	۷/۲۳	٦/٤	۸/ ٦٤	٦/ ۷۱	۱۳/۳۸	۹/۳

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس تاثیر میکوریزا و عناصر ریز مغذی آهن و روی بر عملکرد، اجزای عملکرد و مولفه‌های پر شدن دانه گلرنگ در سطوح مختلف آبیاری نشان داد که تمامی صفات مورد بررسی تحت تاثیر سطوح آبیاری، کاربرد نانواکسید آهن و روی، سطوح میکوریزا و اثر برهمکنش این سه عامل معنی دار گردید (جدول ۱).

بررسی اثر فاکتورهای مورد بررسی بر مولفه‌های پر شدن دانه نشان داد که الگوی نمو بذر در کاربرد میکوریزا و نانواکسید آهن و روی در تمامی سطوح آبیاری 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 در آمد. به عبارتی در ابتدای مراحل پر شدن دانه بین تیمارهای مختلف اختلاف چندانی از نظر وزن خشک دانه وجود نداشت ولی با گذشت زمان از آغاز پر شدن دانه، اختلاف در وزن خشک دانه بین تیمارها افزایش یافت (شکل ۲).

مقایسه میانگین اثر برهمکنش سطوح آبیاری، میکوریزا و کاربرد نانواکسید آهن و روی حاکی از آن است که حداکثر طول دوره، سرعت و دوره موثر پر شدن دانه (به ترتیب ٤٠ روز، ۰/۰۰۲۷۹ گرم در روز و ۳۵ روز) به برهمکنش کاربرد میکوریزا، محلول‌پاشی با نانواکسید آهن و روی در شرایط آبیاری کامل و حداقل این مقادیر (۳۰/۹۱ روز، ۰/۰۰۱۸۹ گرم در روز و ۲٦/۷۹ روز) به عدم کاربرد میکوریزا و عدم محلول‌پاشی با نانواکسید آهن و روی در شرایط قطع آبیاری در مرحله تکمه دهی تعلق داشت (جدول ۲). مورکوویک و همکاران (۱۹۹٦) اظهار داشتند که استفاده از کودهای زیستی در گیاه، از طریق تولید و ترشح برخی هورمون‌های گیاهی و نیز تغییر در نسبت آن‌ها در گیاه، بر انتقال و توزیع مجدد فرآورده‌های فتوسنتزی در داخل گیاه و سرعت پر شدن دانه‌ها موثرند. به نظر می‌رسد که بین ریز مغذی-های آهن و روی و قارچ میکوریزا اثرات هم‌افزایی وجود دارد که با تأمین عناصر غذایی بیشتر برای گیاه، ضمن افزایش سرعت پر شدن دانه، امکان تداوم بیشتر دوره پر شدن دانه را نیز فراهم ساخته‌اند (بل و همکاران، ۲۰۰۳). طاهری و همکاران (۱۳۸۹) اظهار داشتند که تعادل تغذیه‌ای گیاه بر اثر تنش خشکی بر هم می‌خورد ولی می‌توان با محلول پاشی عناصر ریز مغذی، این مواد را به سرعت در دسترس گیاه قرار داد و انجام فرآیند فتوسنتز و کارایی آن را افزایش و میزان انتقال مواد به سمت دانه‌ها را به واسطه ی افزایش طول دوره پر شدن دانه‌ها بهبود بخشید. محمد و همکاران (۱۹۹۰) گزارش کردند که کاربرد روی به طرق مختلف به خصوص به طریقه محلول پاشی، عملکرد را نسبت به شاهد به دلیل افزایش مقدار کل کربوهیدرات، نشاسته و پروتئین ساخته شده توسط گیاه افزایش می‌دهد. بررسی‌های ال کاراکی (۲۰۰۰) نشان داد که کاربرد میکوریزا، رشد گیاهان را در شرایط تنش به علت افزایش جذب عناصر کم تحرک مانند فسفر، روی، مس و همچنین بهبود روابط آبی گیاه افزایش می‌دهد. رایت و همکاران (۱۹۹۸) اظهار داشتند که کربن اضافی تثبیت شده توسط گیاهان میکوریزایی شده به قارچ‌های میکوریزا تخصیص می‌یابد و این قارچ‌ها با ایفای نقش مخزن اضافی برای آسیمیلات‌ها، موجب تحریک فتوسنتز گیاه میزبان شده و از این طریق به بهبود مولفه‌های پر شدن دانه و عملکرد آن کمک می‌کنند. در این آزمایش نیز بررسی مولفه‌های پر شدن دانه حاکی از آن است که در شرایط محلول پاشی، طول دوره و دوره موثر پر شدن دانه از مدت زمان طولانی تری نسبت به عدم محلول پاشی برخوردار بوده و موجب می‌شود که به دلیل بهبود فرآیند فتوسنتز و کارایی آن در انتقال مواد به سمت دانه‌ها، مواد به سهولت در دسترس گیاه قرار گرفته و وزن دانه نیز افزایش یابد. اوک و همکاران (۲۰۰۳) اظهار داشتند که حتی در شرایط تنش خشکی، تامین آب کافی منجر به افزایش طول دوره پر شدن دانه می شود. نتایج مشابهی نیز توسط لمون (۲۰۰۷) مبنی بر کاهش طول دوره پر شدن دانه با افزایش محدودیت آبی در گندم گزارش شده است. گیوتری و همکاران (۲۰۰۱) در ارزیابی تأثیر آبیاری محدود و شرایط دیم در گندم اظهار داشتند که تأثیرکمبود آب در مرحله بین پر شدن دانه و رسیدن بسیار زیاد بوده و موجب کاهش عملکرد دانه به واسطه کاهش طول دوره‌ی پر شدن دانه شد. در این بررسی نیز به نظر می‌رسد که محدودیت شدید آبی به دلیل کاهش طول دوره و دوره موثر پر شدن دانه در مقایسه با آبیاری کامل (جدول ۲) می‌تواند یکی از عوامل اصلی کاهش عملکرد به حساب آید.



شکل ۲- تاثیر میکوریزا و عناصر ریز مغذی اهن و روی بر پر شدن دانه گلرنگ در سطوح مختلف آبیاری.

Fe، Zn و m به ترتیب معرف مصرف آهن، روی و میکوریزا می باشد

شاخه جانبی: مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری این سه عامل نشان داد که بیشترین تعداد شاخه فرعی (۸/۲٦) در آبیاری کامل و کاربرد توام میکوریزا با نانواکسید آهن و روی و کمترین آن (٤/۲۲) در شرایط محدودیت آبی و عدم کاربرد میکوریزا و نانواکسید آهن بدست آمد (جدول ۲). البته کاربرد میکوریزا و نانواکسید آهن و روی در شرایط محدودیت شدید آبی در مقایسه با عدم کاربرد آنها در همین سطح از محدودیت آبی، موجب افزایش ۱۲/۵ درصدی تعداد شاخه جانبی گردید (جدول ۲).

به نظر می‌رسد بخشی از افزایش تعداد شاخه های جانبی به دلیل افزایش در جذب عناصر غذایی و آب ناشی از انتشار میسیلیوم قارچ‌های میکوریزی مرتبط با بافت‌های درونی ریشه باشد که موجب می‌شود با نفوذ در خاک اطراف ریشه و تشکیل یک سیستم جذب اضافی به صورت مکمل سیستم ریشه‌ای گیاه، بهره‌گیری از حجم بیشتری از خاک را که ریشه‌های تغذیه کننده به آن دسترسی ندارند ممکن سازد (سید شریفی و نامور، ۱۳۹٤). میزا خلیلی و همکاران (۲۰۰۹)؛ سلیمانی فرد و سیادت (۲۰۱۱) نیز اظهار داشتند که تعداد شاخه های جانبی گلرنگ بواسطه کاربرد کودهای زیستی افزایش می‌یابد. بررسی‌های تاندون (۱۹۹۵) نشان داد که اهمیت وجود روی در مناطق مریستمی، به علت کارایی آن در تولید هورمون اکسین، موجب افزایش شاخه بندی و عملکرد کمی و کیفی دانه می‌گردد.

تعداد طبق در بوته: مقایسه میانگین برهمکنش این سه عامل نشان داد که بیشترین تعداد طبق در بوته (۱٤/٦٥) در کاربرد توام میکوریزا با نانواکسید آهن و روی در شرایط آبیاری کامل و کمترین آن (٦/۹۸) در آبیاری تا مرحله تکمه دهی و عدم کاربرد میکوریزا و نانواکسید آهن و روی بدست آمد (جدول ۲). شهاتا و خواز (۲۰۰۳) در بررسی تأثیر کود زیستی بر پارامترهای رشد، عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان دریافتند که کاربرد باکتری‌های افزاینده رشد و عملکرد آفتابگردان را در مقایسه با عدم تلقیح بهبود بخشیدند. یاسری و پاتواردن (۲۰۰۷) اظهار داشتند که با کاربرد کودهای زیستی عملکرد دانه (۲۱/۲۷٪)، تعداد غلاف در بوته (۱٦/۰۵٪) و تعداد شاخه (۱۱/۸۷٪) افزایش می‌یابد. میزا خلیلی و همکاران (۲۰۰۹) اظهار داشتند که تعداد طبق در بوته گلرنگ بواسطه کاربرد کودهای زیستی افزایش یافت. یکی از دلایل کاهش تعداد طبق در بوته به‌واسطه محدودیت آبی می‌تواند ناشی از تاثیر این عامل بر تعداد شاخه جانبی باشد. طوری که شرایط محدودیت آبی تعداد شاخه جانبی ٦۹ درصد در مقایسه با آبیاری کامل کاهش یافت (جدول ۲). از آنجایی که طبق‌ها در بوته علاوه بر شاخه‌های اصلی بر روی شاخه یا ساقه‌های جانبی نیز قرار می‌گیرند. بدیهی است که با کاهش تعداد شاخه جانبی در هر بوته، به تبع از آن تعداد طبق در بوته نیز کاهش می‌یابد.

تعداد دانه در طبق و تعداد دانه در بوته: مقایسه میانگین اثر برهمکنش سه عامل نشان داد که بالاترین تعداد دانه در طبق (۳۵/۱۷) و دانه در بوته (۲۲۱/۱۸) به شرایط آبیاری کامل و کاربرد میکوریزا به همراه نانواکسید آهن و روی و کمترین این مقادیر نیز (به ترتیب ۱۰/۱۸ و ۱۱۱/۳۳) در شرایط آبیاری تا مرحله تکمه دهی و عدم کاربرد میکوریزا و نانوکسید روی تعلق داشت (جدول ۲). سلیمان‌زاده و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند تعداد دانه در طبق در کاربرد کودهای زیستی در آفتابگردان نسبت به شاهد از افزایش معنی‌داری برخوردار بود. نتایج مشابهی نیز توسط دی فریتاس و همکاران (۱۹۹۰) مبنی بر افزایش تعداد دانه در خوشه گندم بوسیله کودهای زیستی گزارش شده است. شارما و سانوال (۱۹۹۲) اظهار داشتند که تغذیه گیاه با روی به دلیل افزایش ذخیره هیدروکربن دانه گرده، موجب افزایش طول عمر و طول دوره گرده افشانی شده که در نهایت به افزایش تعداد دانه در بوته منجر می‌شود. آهن نیز یکی دیگر از عناصر ضروری برای رشد گیاهان است که منجر به افزایش محتوای کلروفیل برگ گشته و با تاثیر بر میزان فتوسنتز و تثبیت دی اکسید کربن و تولید نشاسته و قند و ذخیره سازی آن در دانه، موجب افزایش تعداد دانه در طبق، دانه در بوته و حتی وزن هزار دانه می شود (شارما و سانوال، ۱۹۹۲). راعی و همکاران (۱۳۹٤) اظهار داشتند که اعمال تنش خشکی پس از تشکیل طبق‌های اولیه موجب کاهش طبق‌ها در مراحل بعدی رشد می‌شود ولی کاربرد میکوریزا می‌تواند تعداد دانه در طبق را افزایش دهد.

جدول ۲- مقایسه میانگین تاثیر میکوریزا و عناصر ریز مغذی اهن و روی بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات گلرنگ در سطوح مختلف آبیاری

برهمکنش	طول دوره پر شدن دانه (روز)	سرعت پر شدن دانه (گرم در روز)	دوره موثر پر شدن دانه (روز)	محتوای روغن (درصد)	شاخه جانبی	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)
$I_0\times$ (Fe+Zn) $\times M_1$	٤٠ a	٠/٠٠٢٧٩ a	٣٥a	٣١/١٨a	٨/٢٦a	١٤/٦٥a	٣٥/١٧ab	٢٢٧٨/٥٢a	٤٩/٥٦ab
$I_0\times$ (Fe+Zn) $\times M_0$	٣٩/٩١a	٠/٠٠٢٤٩bc	٣٤/٦٦a	٣٠/٨٥ab	٨/٠١ab	١٢/٢٩bc	٣١/٩٧cd	٢٢٣٨/٥٤ab	٥٠/٩a
$I_0\times$ (Fe) $\times M_1$	٣٩/٣٩ ab	٠/٠٠٢٢٩de	٣٤/٥٩a	٣٠/٣٢abc	٧/٩٩ab	١١/٧٢cd	٣٧/٣a	٢٢٠٥/٢٣ab	٤٩/٠٣ab
$I_0\times$ (Fe) $\times M_0$	٣٨/٧٨ b	٠/٠٠١٩٩gh	٣٤/١٣ab	٣٠/٠٨abc	٧/٧٢bc	١٢/٩٣b	٣٤/١١bc	٢١٨٧/٩١b	٤٧/٣bc
$I_0\times$ (Zn) $\times M_1$	٣٧/٨c	٠/٠٠١٩٩gh	٣٣/٦١b	٢٩/٨٦abcd	٧/٤٦cd	١١/١٩de	٣١/٧١cd	١٨٤١/٤٧c	٤٧/٩٦abc
$I_0\times$ (Zn) $\times M_0$	٣٦/٠٣d	٠/٠٠١٧٩ji	٣٢/٧٥c	٢٩/٨٦abcd	٧/٠٨de	١١/٥٦cd	٢٩/٨٤de	١٨١٤/٨٢cd	٤٣/٩٧d
$I_0\times$ (without Fe+Zn) $\times M_1$	٣٥/٨٣d	٠/٠٠١٦٩jk	٣١/٣٢d	٢٩/٧abcd	٦/٩٢ef	١١/٩٩cd	٢٦/٦M	١٨٠٦/٨٢cd	٤٥/٣cd
$I_0\times$ (without Fe+Zn) $\times M_0$	٣٥/٦٥de	٠/٠٠١٥٩kl	٣١/٠٥d	٢٦/٦٤abcd	٦/٣٥fg	١١/٥٨cd	٢٥/٢٨gh	١٨٠١/٢cd	٣٧/٣٩fgh
$I_1\times$ (Fe+Zn) $\times M_1$	٣٥/٥١de	٠/٠٠٢٥٩b	٣٠/٨٩de	٢٩/٣٨abcd	٦/٣٩gh	١٠/٦٥ef	٢٥/٣١gh	١٧٧٢/١٨cd	٤٢/٦٣de
$I_1\times$ (Fe+Zn) $\times M_0$	٣٥/٥١de	٠/٠٠٢٢٩de	٣٠/٧٧de	٢٨/٨٢abcd	٦/٣٤gh	٩/٧٢gh	٢٨/٢٢ef	١٧٩٦/٦cd	٣٩/١٨f
$I_1\times$ (Fe) $\times M_1$	٣٤/٩٢ef	٠/٠٠٢٢٩de	٣٠/٧٧de	٢٨/٦١bcd	٦/٣٢gh	٩/٢٦hi	٢٩/٤٩de	١٧٤٣/٢٧d	٣٨/٧٦fg
$I_1\times$ (Fe) $\times M_0$	٣٤/٣٨Fg	٠/٠٠٢٠٩fg	٣٠/٢٦ef	٢٨/٤٤cde	٦/١ghi	١٠/٢٢fg	٢٦/٩٦fg	١٧٢٩/٥٧d	٤٠/٢٣ef
$I_1\times$ (Zn) $\times M_1$	٣٤gh	٠/٠٠٢٠٩fg	٢٩/٧٩fg	٢٨/٤٤cde	٥/٨٩hij	٨/٨٤hij	٢٥/٠٦gh	١٤٥٥/٧١e	٣٧/٩٢fgh
$I_1\times$ (Zn) $\times M_0$	٣٣/٩٨gh	٠/٠٠١٩٩gh	٢٩/٤٦gh	٢٨/٢٢cde	٥/٦Ijk	٩/١٤4hi	٢٣/٥٩hi	١٤٣٤/٦٤ef	٣٤/٧٦hij
$I_1\times$ (without Fe+Zn) $\times M_1$	٣٣/٦٧ghi	٠/٠٠١٤٩l	٢٩/٤٤gh	٢٧/٦٥de	٥/٤٧jJkl	٩/٤٨gh	٢١/٠٧m	١٤٢٨/٣٢ef	٣٥/٨١ghi
$I_1\times$ (without Fe+Zn) $\times M_0$	٣٢/٢k	٠/٠٠٠٩٩m	٢٩/١٧ghi	٢٦/٢٧ef	٥/١٤kml	٩/١٢hi	١٩/٩١Jk	١٤٢٢/٣٢ef	٢٩/٤٥mnl
$I_2\times$ (Fe+Zn) $\times M_1$	٣٣/٢١	٠/٠٠٢٣٩cd	٢٨/٧٨jhi	٢٥/٢٤f	٥/٠٥ml	٨/٤٢Ijk	٢٠/٠٣kj	١٤٠٠/٥٣ef	٣٣/٧Ijk
$I_2\times$ (Fe+Zn) $\times M_0$	٣٢/٩jki	٠/٠٠٢٣٩cd	٢٨/٥١Ijk	٢٤/٩Af	٥/٠٠vml	٧/٦vkml	٢٢//٩Ji	١٣٩٧/٣٧ef	٣٠/٩٤klm
$I_2\times$ (Fe) $\times M_1$	٣٢/٧٢jk	٠/٠٠٢٣٩cd	٢٨/٣٥jk	٢٤/٥٥f	٤/٩٩ml	٧/٣١ml	٢٣/٢٩hi	١٣٧٦/٥٨ef	٣٠/٦klmn
$I_2\times$ (Fe) $\times M_0$	٣٢/٦jk	٠/٠٠٢١٩ef	٢٨/٣Jk	٢٤/٣٥f	٤/٨٢mn	٨/٠vjkl	٢١/٢٩Ji	١٣٦٥/٧٦6f	٣١/٧٧Jkl
$I_2\times$ (Zn) $\times M_1$	٣٢/٥٤jk	٠/٠٠٢١٩ef	٢٨/٣Jk	٢٤/١Vf	٤/٦٥mn	٧/٤٨ml	١٩/٧٩kj	١١٤٦/٧٨8g	٢٩/٩٤lmn
$I_2\times$ (Zn) $\times M_0$	٣٢/٢٩jki	٠/٠٠٢٠٩fg	٢٧/٩٨k	٢٤/١Vf	٤/٤٢n	٧/٢١ml	١٨/٦٣k	١١٣٢/٨٧g	٢٧/٤٤n
$I_2\times$ (without Fe+Zn) $\times M_1$	٣٢/١٩k	٠/٠٠١٩٩gh	٢٧/٨٩k	٢٣/٩٩f	٤/٣٢n	vml	١١/٦٦m	١١٢٧/٨٨g	٢٨/٢٨mn
$I_2\times$ (without Fe+Zn) $\times M_0$	٣٠/٩١l	٠/٠٠١٨٩hi	/٧٩l	٢٢/٤٣f	٤/٢٢n	٦/٩٨m	١٠/١٨m	٨٣٤/٢٥h	٢٥/٨٤o
LSD 5%	٠/٨٩٤	٠/٠٠٢٧٩	٠/٧٧٥	٢/٣٤	٠/٥٢	٠/٨٩	٢/٥	٨٩/٧٧	٣/٣١

I_0 ، I_1، I_2 به ترتیب آبیاری کامل، آبیاری تا۵۰ درصدگلدهی به عنوان تنش ملایم در محدودیت ابی، آبیاری تا مرحله۵۰ درصد تکمه دهی به عنوان تنش شدید در محدودیت آبی)

Fe، Zn و Zn +Fe به ترتیب محلول پاشی با اهن ، روی، اهن + روی و عدم محلول پاشی M_0 ,M_1 عدم کاربرد و کاربرد میکوریزا

وزن هزار دانه: مقایسه میانگین اثر برهمکنش کاربرد نانواکسید و میکوریزا در سطوح مختلف آبیاری نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه در شرایط آبیاری کامل، کاربرد میکوریزا و نانواکسید آهن و روی بدست آمد (جدول ۲). فردریک و همکاران (۱۹۹۰) اظهار داشتند که در شرایط محدودیت آبی به دلیل کوتاه تر شدن طول دوره پر شدن دانه، وزن نهایی دانه ها کاهش یافته و همین امر موجب می‌شود که وزن هزار دانه نیز کم شود. در این آزمایش نیز بررسی مولفه‌های پر شدن دانه نشان داد که بیشترین طول دوره و دوره موثر پر شدن دانه (به ترتیب ٤٠ و ۳۵ روز) در کاربرد میکوریزا و نانواکسید آهن و روی در شرایط آبیاری کامل و کمترین این مقادیر (به ترتیب ۳۰/۹۱ و ۲٦/۷۹ روز) در آبیاری تا مرحله تکمه دهی و عدم کاربرد میکوریزا و نانواکسید آهن و روی بدست آمد (جدول ۲).

گرسک و همکاران (۲۰۰۹) اظهار داشتند زمانی که گیاه در معرض محدودیت آبی قرار می‌گیرد میزان کلروفیل کاهش می-یابد، ولی محلول پاشی با عناصر ریز مغذی ضمن جلوگیری از کاهش میزان فتوسنتز به دلیل بهبود محتوای کلروفیل، موجب می‌شود که انتقال مواد به سمت دانه‌ها نیز به خوبی صورت گیرد که در نهایت منجر به افزایش وزن هزار دانه می‌گردد.

عملکرد دانه: مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد دانه از ۲۲۷۸/۵۲ کیلوگرم در هکتار در حالت آبیاری کامل و کاربرد میکوریز و نانواکسید آهن و روی تا ۸۳٤/۲۵ کیلوگرم در هکتار در آبیاری تا مرحله تکمه دهی و عدم کاربرد میکوریز و نانواکسید آهن و روی در نوسان بود (جدول ۲). کاربرد میکوریزا در مقایسه با عدم مصرف آن منجر به افزایش ٦/۷ درصدی عملکرد دانه شد (جدول ۲). به بیانی دیگر کاربرد میکوریزا و نانواکسید آهن و روی عملکرد دانه را ۳۵/۱۹ درصد در مقایسه با عدم کاربرد میکوریزا و نانواکسید آهن و روی تحت شرایط محدودیت شدید آبی افزایش داد. بررسی‌ها نشان داده است که قارچ‌های میکوریزا قادر هستند اثرات نامطلوب تنش خشکی را در گیاهان تعدیل نمایند (سید شریفی و نامور، ۱۳۹٤). از مهمترین اثرات مطلوب روابط میکوریزایی در شرایط تنش خشکی می‌توان تغییر در سطح بعضی هورمون‌های گیاهی مثل آبسیزیک اسید و سیتوکنین (دیویس و همکاران، ۲۰۰۱)، جذب مستقیم آب توسط هیف‌های قارچ در خاک و انتقال آن به گیاه میزبان، افزایش تبادلات گازی برگ و میزان فتوسنتز اشاره نمود (کویلامبو ۲۰۰۰). تالوس و همکاران (۲۰۰٦) علت افزایش عملکرد دانه به واسطه محلول پاشی با عناصر ریز مغذی را به نقش مهم این عناصر در افزایش میزان کلروفیل، فعالیت‌های کاتالیزوری فرآیندهای متابولیسمی و حفظ آماس سلولی در گیاه و افزایش قندهای محلول کل برگ نسبت دادند که موجب می-شود گیاه عناصر مورد نیاز خود را برای افزایش اسمولیت‌ها بهتر و راحت تر در اختیار داشته باشد و بدین ترتیب سلول به فعالیت‌های حیاتی خود حتی تحت شرایط تنش ادامه دهد. پانوار (۱۹۹۱) گزارش کرد که در گندم تلقیح شده با باکتری-*Azospirillum* و قارچ*Glomus fasciculatum*، به دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های نیترات ردوکتاز و گلوتامین سنتتاز، میزان فتوسنتز و عملکرد دانه افزایش یافت.

درصد روغن: نتایج نشان داد که کاربرد نانو اکسید آهن و روی و میکوریزا در آبیاری کامل از بیشترین درصد روغن (۳۱/۱۸ ٪) و برهمکنش آبیاری تا مرحله تکمه دهی در عدم کاربرد میکوریزا و نانواکسید آهن و روی (۲۲/٤۳ ٪) کمترین درصد روغن را داشت (جدول ۲). شهاتا و خواز (۲۰۰۳) افزایش معنی‌دار درصد روغن آفتابگردان را با کاربرد کودهای زیستی گزارش نمودند. شوکت و همکاران (۲۰۰٦) نیز افزایش ۱۸درصدی روغن آفتابگردان را بواسطه کاربرد کودهای زیستی در مقایسه با سطح شاهد گزارش کردند. بررسی‌های سلیمان‌زاده و همکاران (۲۰۱۰) نشان داد که عملکرد روغن در اثر کاربرد کود زیستی به صورت معنی‌داری افزایش یافت. به طوری که بذور تلقیح شده با کودهای زیستی نسبت به شاهد هفت درصد عملکرد روغن بیشتری داشتند. نتایج بررسی های سید شریفی (۲۰۱٦) نشان داد که محتوای روغن سویا با کاربرد کودهای زیستی و در بالاترین سطح از مصرف مقادیر نانواکسید روی (۰/۹ گرم در لیتر) در مقایسه با شاهد ۱۷/۵ درصد افزایش نشان داد. گراهام و همکاران (۱۹۹۲) اظهار داشتند که کاربرد روی منجر به بهبود درصد روغن می‌شود و علت را به نقش فعال روی در بسیاری از سیستم‌های آنزیمی، تولید پروتئین و به عنوان کاتالیزور واکنش های شیمیایی اکسیداسیون و احیاء، نسبت دادند. بابهولکار و همکاران (۲۰۰۰) در بررسی تأثیر عناصر روی و گوگرد به همراه کودهای نیتروژن و فسفر در گلرنگ، گزارش کردند که افزایش سطوح گوگرد و روی موجب افزایش معنی-داری در محتوای روغن و پروتئین دانه گردید. بخشی از کاهش در درصد روغن در شرایط محدودیت آبی را می توان به کاهش طول دوره پر شدن دانه نسبت داد. طوری که بررسی مولفه‌های پر شدن دانه نظیر طول دوره و دوره موثر پر شدن در شکل ۲ و جدول ۲ نشان داد که اعمال تنش خشکی، طول دوره پر شدن دانه ها را کاهش داد. به نظر می‌رسد که در چنین شرایطی فرصت کمتری برای سنتز روغن در دانه فراهم می‌شود که نتیجه ی آن کاهش درصد روغن است. به بیانی دیگر در ابتدا

کربوهیدرات‌ها تجمع می‌یابند و سپس به روغن و پروتئین و یا هر ماده دیگر تبدیل می شوند پس هر چه طول این مدت در دانه بیشتر باشد درصد روغن نیز بالاتر خواهد بود (سید شریفی، ۱۳۹٤).

نتیجه گیری

با افزایش محدودیت آبی عملکرد، اجزای عملکرد، سرعت و طول دوره پر شدن دانه کاهش یافت. کاربرد میکوریزا و محلول پاشی با نانواکسید آهن و روی در مقایسه با عدم کاربرد و عدم محلول پاشی منجر به افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه گردید. نتایج نشان داد که کاربرد میکوریزا و نانواکسید اهن و روی عملکرد دانه را ۳۵/۱۹ درصد در مقایسه با عدم کاربرد میکوریزا و نانواکسید آهن و روی تحت شرایط محدودیت شدید آبی افزایش داد. به نظر می‌رسد کاربرد توام میکوریزا به همراه آهن و روی با تعدیل اثرات محدودیت آبی می‌تواند در بهبود عملکرد، سرعت و طول دوره پر شدن دانه حتی در شرایط محدودیت آبی موثر واقع شود.

منابع

بابیوردی، ا. ۱۳۸۵. نقش ریز مغذی روی در تغذیه گیاهی. انتشارات پریور. ۱۷۹ صفحه.

پای‌گذار، ی.، ا. قنبری، م. حیدری و ا. توسلی. ۱۳۸۸. اثر محلول‌پاشی عناصر کم مصرف بر خصوصیات کمی و کیفی ارزن مرواریدی رقم نوتریفید (*Pennisetum glacum*) تحت تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، ۳ (۱۰) : ٦۷-۷۸.

توکلی، ا. ۱۳۸۱. بررسی اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد بر عملکرد، اجزای عملکرد و عملکرد روغن گلرنگ .پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

خوش گفتار منش، ا. ۱۳۸٦. مبانی تغذیه گیاهی. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. ٤٦۲ صفحه.

راعی، ی.، ج. شریعتی و و، ویسانی.۱۳۹٤. تاثیر کودهای بیولوژیک بر درصد روغن، عملکرد و اجزای عملکرد دانه گلرنگ در سطوح مختلف آبیاری. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۱ (۲۵): ۸٤-٦۵.

سید شریفی، ر. ۱۳۹٤. زراعت دانه های روغنی. انتشارات جهاد دانشگاهی اردبیل. ۲۸۲ صفحه.

سیدشریفی، ر.، ع. نامور. ۱۳۹٤. کودهای زیستی در زراعت. انتشارات دانشگاه محقق اردبیلی، ۲۸۰ صفحه.

طاهری، ق.، ح. عجم نوروزی و م. نامنی. ۱۳۸۹. ارزیابی زمان و نوع مصرف عناصر ریز مغذی بر فنولوژی، عملکرد و اجزای عملکرد سویا به عنوان کشت دوم در منطقه شرق استان گلستان. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۲: ٥٦-٤٦.

عباس پور، س. ۱۳۹۱. تأثیر مقدار نیتروژن و پرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد و برخی خصوصیات زراعی تریتیکاله. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده کشاورزی. ۱۲٦ صفحه.

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.

Babhulkar, P.S., K. Dinesh., W.P. Badole., S.S. Balpande and D. Kar. 2000. Effect of sulfur and zinc on yield, quality and nutrient uptake by safflower in vertisols. Indian J Soc of Soil Sci. 48: 541-543.

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 Sci. 89: 151-155.

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

Davies, J. R., J. D. Puryear., R. Newton., J. N. Egill and J. Grossi. 2001. Mycorrhizla fungi enhance accumulation and tolerance of chromium in sunflower. J. Plant Physiol, 158: 777- 786.

De Freitas, J.R and J. J. Germida. 1990. Plant growth promoting rhizobacteria for winter wheat. Can J of Microb. 36: 265-272

Devlin, R. M. and F. H. Withan. 1983. Plant physiology. 4th Ed. Wadsworth Publishing Company. A division of wadsworth. Inc. Belmont, California.

Ellis, R. H and C. Pieta-Filho. 1992. The development of seed quality in spring and winter cultivars of barley and wheat. Seed Sci Res. 2: 19-25.

Fredrick, J. R., F. E. Below and J. D. Hesketh. 1990. Carbohydrate, nitrogen and dry matter accumulation and partitioning of maize hybrids under drought stress. Annal Bot. 66: 407-415

Gercek, S., E. Boydak., M. Okant and M. Dikilitas. 2009. Water pillow irrigation compared to furrow irrigation for soybean production in a semi-arid area. Agric.Water Manag. 96: 87-92.

Gilick, B.E., D. Penrose and M. Wenbo. 2001. Bacterial promotion of plant growth. Biotech J. Adv, 19: 135-138.

Graham, R. D., J. S. Asher and S.C. Hynes. 1992. Selecting zinc-efficient genotypes for soils of low zinc status. Plant and Soil. 146:241-250.

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

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 juncia* L.). J. Agron and Crop Sci. 180: 59-63.

Kato, T. 1999. Genetic environmental variations and association of the characters related to the grain filling processing rice cultivars. Plant Product Sci. 2(1): 32-36.

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

Mazaherinia, S., A. R. Astaraei., A. Fotovat and A. Monshi. 2010. Nano iron oxide particles efficiency on Fe, Mn, Zn and Cu concentrations in wheat plant. World Appl Sci J. 7 (1), 36- 40.

Mirzakhalili, M., M. R. Ardakani., A. Aeene Band., F. Rejali and A. H. Shirani Rad. 2009. Response of spring safflower to co-inoculation with azotobacter chroochocum and glomus intraradices under different levels of nitrogen and phosphourus. Amercan J. Agricul and Biol Sci. 4 (3): 255-261.

Mohamad, W., M. Ighbal and S. M. Shal. 1990. Effect of mode of application to zine and iron on yield of wheat. J Agricul. 6: 6, 615- 618.

Monica, R. C and R. Cremonini. 2009. Nanoparticles and higher plants. Caryol. 62, 161-165.

Murkovic, M., A. Hillebrand., H. Winker and W. Pfannhauser. 1996. Variability of vitamin E content in pumpkin seeds (*Cucurbita pepo* L.). Z. Lebensm. Unters Forsch 202: 275-278.

Ouk, M., F. Shu., F. Ken., B. C. Jaya and N. Harry. 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

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

Prasad, T. N., P. Sudhakar., Y. Sreenivasulu., P. Latha., V. Munaswamy., K. Raja Reddy and P. R. Sajanlal. 2012. Effect of nanoscale Zinc-oxide particles on the germination, growth and yield of peanut. J. Plant Nut. 35: 905-927.

Quilambo, O. A. 2000. Functioning of peanut under nutrient deficiency and drouyht stress in relation to symbiotic associared. P.h.D Thesis university of Groningen. The Netherlands.

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

Seyed Sharifi, R. 2016. Application of biofertilizers and zinc increases yield, nodulation and unsaturated fatty acids of soybean .Zemdirbyste-Agricul. 103 (3): 251–258

Sharma, D. K and A. Sanwal. 1992. Influence of nutrition on Brassica genotypes in response to water. Plant Physiol and Biotech New Delhi. 19:2,110-115.

Shaukat, K., S. Afrasayad and S. Hasman. 2006. Growth responses of Helianthus annuus to Plant Growth Promoting Rhizobacteria used as a biofertilizer. J. Agric. Res. 1: 573-581.

Shehata, M and S. 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. Pak. J. Biol. Sci. 6: 14. 1257- 1268.

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. J. Agricul and Envirom Sci. 7(3): 265-268.

Soleymanifard, A and S. A. Sidat. 2011. Effect of inoculation with bio-fertilizer in different nitrogen levels on yield and yields components of safflower under dry land conditions. Amer-Eur J. Agricul and Envirom Sci., 11 (4): 473-477, 2011

Tandon, K. 1995. Micronutrients in soil, crops, and fertilizers. Fertilizer Development and Consultation Organization, New Delhi, India.

Thalooth, A.T., M.M. Tawfik and H. Magda Mohamed. 2006. A comparative study on the effect of foliar application of zinc, potassium and magnesium on growth, yield and some chemical constituents of mungbean plants grown under water stress conditions. World J. Agricul Sci. 2: 37-46.

Welch, R. M. 2001. Impact of mineral nutrients in plants on human nutrition on a world wide scale. Plant and Soil Sci. 92(5): 284-285.

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 Environ. 21: 209-216.

Wu, S. C., Z. H. Cao., Z.G. Li., K. 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.

Yasari, E and A.M. Patwardhan. 2007. Effects of Aztobacter and Azospirillium inoculations and chemical fertilizers on growth and productivity of Canola. Asian J. Plant Sci. 6: 77-82.

Effect of irrigation withholding, mycorrhiza application and nano (Fe and Zn) oxide on yield, rate and grain filling period of safflower (*Carthamus tinctories* L.)

R. Seyed Sharifi[1], R. Seyed Sharifi[2]

Received: 2016-11-23 Accepted: 2017-2-20

Abstract

In order to study the effect of irrigation withholding, mycorrhiza application and nano (Fe and Zn) oxide on yield, rate and grain filling period of safflower (*Carthamus tinctories* L.), a factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications in cropping season of 2014. The experimental factors were included: mycorrhiza application in two levels (with and without mycorrhiza), foliar application of nano zinc oxide in four levels: (without nano oxide as control, application of nano iron oxide, nano zinc oxide and nano zinc oxide+ nano iron oxide) and irrigation in three levels [full irrigation as control, irrigation withholding at 50% of flowering stage (moderate water limitation); irrigation withholding at 50% of heading-bud stage (severe water limitation)]. Means comparison showed that maximum of grain yield, grain filling rate, grain filling period, effective grain filling period (2278.52 kg ha^{-1}, 0.0027 $g.day^{-1}$, 40 and 35 days) were obtained at application of mycorrhiza, nano oxide of Zn+Fe and full irrigation. Minimum of these traits (834.25 kg ha^{-1}, 0.00189 $g.day^{-1}$, 30.91 days and 26.79 days respectively) were obtained in non- mycorrhiza, non-foliar application of nano oxide and irrigation to heading-bud. Application of mycorrhiza and nano oxide of Zn+Fe increased grain yield by 35.19 % as compared with non- mycorrhiza, non-foliar application of nano oxide under severe water limitation.

Key words: Biofertilizers, microelements, safflower, water limitation

1- Professor, Faculty of Agricultural Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2- Assistance Professor, Faculty of Agricultural Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran