

تأثیر محلول پاشی عناصر نانو کلات آهن و منگنز بر عملکرد و تعدادی از صفات کمی گیاه ماش تحت تنش کم آبی

The effect of Nano Fe and Mn chelated foliar application on mung bean yield and some of the quantitative characteristics under water deficit stress condition

یزدان ایزدی^{۱*}، سید علی محمد مدرس ثانوی^۲، زین العابدین طهماسبی سروسستانی^۳

۱. دانشجوی دکتری گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز، (نگارنده مسئول)
۲. استاد گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.
۳. دانشیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۴/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۸/۰۱ شناسانه برنمود رقمی: 10.22092/aj.2021.122218.1306

چکیده

ایزدی، ی.، مدرس ثانوی، س.ع.م، طهماسبی سروسستانی، ز.،.، تأثیر محلول پاشی عناصر نانو کلات آهن و منگنز بر عملکرد و تعدادی از صفات کمی گیاه ماش تحت تنش کم آبی
نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۳ - شماره ۴ - پاییز ۱۲۹ زمستان ۱۳۹۹ صفحه: ۱۹-۳۹

این مطالعه به صورت طرح کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس انجام شد. تیمارهای آزمایشی در کرت اصلی شامل سطوح مختلف قطع آبیاری در ۳ سطح و محلول پاشی عناصر نانو کلات آهن و منگنز به عنوان عامل فرعی در ۱۰ سطح بود. نتایج نشان داد که محدودیت آبی عملکرد کواتومی فتوسیستم II را به دلیل افزایش فلورسانس اولیه در شرایط سازگار شده با تاریکی (F0) و کاهش فلورسانس حداکثر در شرایط سازگار شده با تاریکی (Fm) و فلورسانس متغیر ۲ (Fv) / ۶۰ و ۹۷/۴ درصد به ترتیب در مرحله رشد زایشی و رویشی نسبت به تیمار آبیاری مطلوب کاهش داد. مقایسه میانگین صفات نشان داد که کمترین میزان صفات عملکرد دانه، شاخص سطح برگ، تعداد غلاف در بوته و تعداد شاخه فرعی در تیمار قطع آبیاری در مرحله زایشی و عدم استفاده از نانو ذرات بود (به ترتیب با میانگین های ۳۷۶ کیلوگرم در هکتار، ۱/۵۳، ۳۸۵ و ۱۷۷/۳ تعداد در بوته) و تیمار عدم اعمال تنش و محلول پاشی سطوح مختلف نانو کلات آهن و منگنز به ویژه تیمار تلفیقی یک در هزار نانو کلات آهن و ۳ در هزار نانو کلات منگنز در مورد صفت عملکرد دانه (۱۷۶۵/۳ کیلوگرم در هکتار) و تیمار یک در هزار نانو کلات آهن در مورد صفات ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی (به ترتیب با میانگین های ۱۲۰/۳ سانتیمتر و ۶۳۴/۶ تعداد در بوته) در بین تیمارهای مورد مطالعه بیشترین کارایی را داشتند. بنابراین، عوارض جانبی ناشی از کمبود آب میتواند در این منطقه و مناطق مشابه با محلول پاشی این نانو کلات کاهش یابد.

واژه های کلیدی: تنش کمبود آب، حبوبات، رقم پرتو، شاخص برداشت، عناصر ریز مغذی

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: izady.nike70@gmail.com

مقدمه

پراکنش نامنظم آن و دمای بالا سبب شده است تا آب به عنوان اولین عامل محدودکننده تولید ماش در این مناطق معرفی گردد. تنش کم آبی سبب کاهش سطح برگ، پیری زودرس برگ، بسته شدن روزنه ها، کاهش تنفس و فتوسنتز، کاهش در جذب عناصر غذایی، کاهش درخشندگی بیشینه (Fm)، درخشندگی متغیر (Fv/Fm)، عملکرد کوانتومی نظام نوری (Fv/Fm)، عدم تغییر درخشندگی اولیه (F0) و کاهش تولید محصول می شود (Zhang & Yang, 2004; Paknejad et al., 2007; Chaves et al., 2002; Bacon, 2004; Munne-Bosh et al., 2002; Taiz & Zeiger, 2002). در صورت کاهش رطوبت، شدت و مقدار جذب عناصر غذایی به شدت کاهش می یابد. در شرایط تنش کمبود آب که فراهم کردن مواد غذایی از طریق ریشه محدود است، محلول پاشی یک روش مناسب تغذیه گیاه مطرح می گردد (Cakmak, 2008). منگنز به طور غیر مستقیم در تشکیل و ساخت کلروفیل نقش دارد، این عنصر از اجزاء تشکیل دهنده آنزیم های تنفسی می باشد (Saxena & Singh, 2005). همچنین منگنز در فعال سازی واکنش های متابولیکی مهم در گیاهان، تسریع در جوانه زنی و رسیدگی گیاه، افزایش قابلیت دسترسی به فسفر و کلسیم، شرکت در واکنش های اکسیداسیون و احیاء و سیستم های انتقال الکترون، جزء ساختمانی متالوپروتئین ها، کمک به متابولیسم آهن و آسمیلاسیون نیترات، افزایش مقاومت گیاهان به امراض و بیماری ها، دارا بودن نقش مهم در تثبیت کربن در گیاهان C₄ و تثبیت نیتروژن در

از لحاظ اقتصادی، حبوبات پس از غلات در رده ی دوم تولید محصولات زراعی هستند و ۲۷٪ از تولید محصولات غذایی را در دنیا به خود اختصاص داده اند. ماش با نام علمی *Vigna Radiata L. Wilczek* به عنوان یکی از حبوبات گرمسیری و نیمه گرمسیری از نظر تغذیه، علوفه، کود سبز و بهبود حاصلخیزی خاک مهم بوده و منبع ارزانی از پروتئین برای مصرف مستقیم انسان می باشد. سطح زیر کشت آن در جهان حدود ۲/۵ میلیون هکتار است که سالانه بیش از ۱/۸ میلیون تن محصول ماش از این اراضی برداشت می شود. در این میان سطح زیر کشت ماش در ایران حدود ۲۵ هزار هکتار است و استان خوزستان با سطح زیر کشت معادل ۱۴ هزار هکتار بیشترین سطح زیر کشت این محصول را به خود اختصاص داده است (Farhoudi & Hamze, 2018). این گیاه نه تنها نیتروژن اتمسفری را تثبیت می کند بلکه خاک را از نیتروژن غنی کرده و زمینه ی یک کشت موفق را فراهم می کند و از دیرباز در مناطق خشک و نیمه خشک هندوستان، ایران و دیگر مناطق خاورمیانه کشت می شود (Majnoun, 2008). کمبود آب یکی از مهمترین تنش های محیطی محدودکننده تولید در گیاهان زراعی در سرتاسر جهان است (Omid et al., 2012). کشور ایران با متوسط بارش ۲۴۰ میلی متر در زمره مناطق خشک و نیمه خشک جهان طبقه بندی می گردد (Mohammadi et al., 2009). به دلیل ویژگی های خاص مناطق خشک و نیمه خشک از جمله میزان کم بارندگی،

اندازه گیری مؤلفه های درخشنده گی سبزینه و شاخص های عملکردی گیاه می تواند برآورد مناسبی از وضعیت رشد گیاه را ارائه دهد. حال با توجه به پراکندگی مطالعات در این زمینه پژوهش حاضر در جهت شناخت حساس ترین مرحله ی رشدی گیاه ماش به تنش کم آبی و همچنین بررسی تأثیر نانو کود کلات آهن و منگنز بر عملکرد، خصوصیات کمی و تغییرات مشخصه های درخشنده گی سبزینه گیاه ماش رقم پرتو طی تابستان ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس اجرا گردید.

مواد و روش ها

تحقیق حاضر در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران با موقعیت طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۴۳ دقیقه شمالی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۸ دقیقه شرقی و ۱۲۱۵ متر ارتفاع از سطح دریا در طی تابستان سال ۱۳۹۳ انجام شد. به منظور تعیین بافت خاک، میزان عناصر معدنی (نیترژن، آهن و منگنز) درصد کربن آلی و pH خاک از عمق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی متری خاک به روش زیگزراگ نمونه برداری

بقولات نقش مهمی را برعهده دارد (Fageria et al., 2002). کمبود آهن در خاک های قلیایی با pH بالاتر از ۷/۲ و در بعضی از خاک های اسیدی بوجود می آید. زیرا این نوع خاک ها قادر نیستند آهن را به صورت آهن دو ظرفیتی و قابل جذب برای استفاده گیاهان نگهداری کنند. بررسی های ملکوتی و همکاران، علل اصلی کمبود آهن در محصولات زراعی ایران را کمبود مواد آلی، ماهیت خاک های زراعی (عمدتاً آهکی)، شرایط بی هوایی، بی کربناته بودن آب آبیاری، مصرف بی رویه کودهای فسفره و عدم رواج مصرف کود های ریز مغذی عنوان نمودند (Malakouti et al., 2009). با تولید نانو کودها این ترکیبات نانویی به سرعت و به صورت کامل جذب گیاه شده و به خوبی نیازها و کمبودای غذایی آن را مرتفع می سازد (DeRosa et al., 2010). نانو کود کلات آهن و منگنز به علت پایداری مناسب و توان آزادسازی کنترل شده در شرایط تنش، پایه های کودی مطمئنی برای رهایش این عناصر در شرایط تنش کم آبی می باشد (Baghaie et al., 2011).

لذا برای ارزیابی اثرگذاری تنش خشکی و محلول پاشی نانو کودها در شرایط کم آبی،

جدول ۱- متوسط دمای ماهانه، میانگین سرعت باد ماهانه و میزان بارندگی در طی فصل رشد گیاه ماش در سال ۱۳۹۳

Table 1. The Average of monthly temperature, monthly mean wind speed and precipitation during the growing season of mungbean plant in 2013.

| ماه | فروردین | اردیبهشت | خرداد | تیر | مرداد | شهریور | مهر |
|----------------------------------|---------|----------|-------|------|-------|--------|-----------|
| Month | March | April | May | June | July | August | September |
| میانگین دمای ماهانه | | | | | | | |
| Average monthly temperature (°C) | 14.2 | 15.9 | 21.5 | 27.7 | 31.7 | 30.8 | 29.6 |
| میانگین سرعت باد ماهانه | | | | | | | |
| Average monthly wind speed(m/s) | 2.7 | 2.3 | 2.9 | 2.5 | 3.0 | 2.3 | 3.2 |
| میزان بارندگی ماهانه | | | | | | | |
| Monthly rainfall (mm) | 6.0 | 6.4 | 7.5 | 0 | 0 | 0 | 0 |

حلالیت بسیار بالایی در آب دارند و به راحتی از برگ ها جذب می شوند. کود نانو کلات آهن ۹ درصد و منگنز ۱۲ درصد نیز پس از بررسی و تایید مقیاس آن توسط شرکت کارآفرینی و فناوری ایران (کارگذار ستاد ویژه توسعه فناوری نانو) از شرکت خضراء خریداری شد. بر اساس درصد آهن موجود در کودها، نتایج آنالیز خاک و نیاز گیاه ماش تیمارهای محلول پاشی طراحی گشت (Ezzat *et al.*, 2012). برای محلول پاشی از سمپاش بادی پشتی با فشار دائم به حجم ۱۲ لیتر استفاده شد. نوع نازل سمپاش از نوع مارپیچی با طرح پاشش مخروط توپر و میزان پاشش ۰/۱ لیتر در مترمربع (۱۰۰۰ لیتر در هکتار) بود. عملیات آماده سازی زمین به وسیله ی شخم، دیسک و ایجاد کرت انجام شد. ابتدا زمین مورد نظر توسط گاوآهن برگردان دار به عمق ۱۵ سانتی متر شخم زده شد و سپس به منظور خرد کردن کلوخه ها و نرم کردن زمین، عملیات دیسک زنی دوبار و به صورت عمود برهم انجام شد. بذور مورد استفاده در این تحقیق ماش رقم پرتو بوده که از موسسه پاکان بذر اصفهان تهیه و در تاریخ ۲۳ اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس کشت شد. در هر تکرار سه کرت اصلی به فاصله ی دو متر از هم و $3 \times 10 = 30$ کرت فرعی ایجاد شد. هر کرت شامل پنج ردیف کشت به فاصله ۶۰ سانتی متر بود. طول هر ردیف ۳ متر و بین هر دو کرت نیز یک ردیف نکاشت (به فاصله ۶۰ سانتی متر) در نظر گرفته شد. فاصله بوته ها روی ردیف های کشت، ۱۰ سانتی متر بود. با توجه به

انجام شد. نتایج آزمایش خاک مزرعه مورد آزمایش در جدول شماره ۲ ارائه شده است. همچنین، آمار و اطلاعات هواشناسی منطقه آزمایشی در جدول ۱ نشان داده شده است. آزمایش به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با عامل تنش کم آبی در کرت های اصلی با سه سطح شامل بدون قطع آبیاری (آبیاری مطلوب)، قطع آبیاری در مرحله زایشی (تشکیل پنجمین برگ سه برچه ای، گل دهی) تا وقتی که ۷۰٪ ظرفیت زراعی تخلیه گردد، قطع آبیاری در مرحله رویشی (ارتفاع ۱۲-۱۶ سانتی متری، رشد اولیه) تا وقتی که ۷۰٪ ظرفیت زراعی تخلیه گردد، و عامل محلول پاشی در کرت های فرعی با ۱۰ سطح شامل تیمار بدون محلول پاشی، محلول پاشی آب خالص (مقطر)، محلول پاشی کودهای نانو کلات شامل: آهن ۱ در هزار، آهن ۳ در هزار، منگنز ۱/۵ در هزار، منگنز ۳ در هزار، آهن ۱ در هزار + منگنز ۱/۵ در هزار، آهن ۱ در هزار + منگنز ۳ در هزار، آهن ۳ در هزار و منگنز ۱/۵ در هزار و آهن ۳ در هزار و منگنز ۳ در هزار، در دو مرحله به فاصله ی دو هفته از هم به دلیل اجتناب از اثر سمیت احتمالی غلظت بالای آن ها (قبل و بعد از اعمال تنش در هر مرحله رشد رویشی و رشد زایشی) انجام شد (Ezzat *et al.*, 2012; Uddin & Parvin, 2013). محلول پاشی کرت بدون تنش کم آبی همزمان با کرت های دارای تنش رویشی انجام شد (Maleki Farahani *et al.*, 2015). با این غلظت هیچ گونه علائم سمیت آهن و منگنز در گیاه مشاهده نشد. نانو کلات آهن و منگنز

، نصب شد. برای نصب رطوبت سنج ها ابتدا به وسیله آگر، حفره هایی با ابعاد متناسب با اندازه رطوبت سنج در زمین حفر و بعد از قرار دادن رطوبت سنج ها در عمق های مشخص، نسبت به پر کردن و متراکم کردن خاک حفره ها تا حصول تراکم زمین در حالت اولیه اقدام شد. در این مرحله، برای ارزیابی دقت حسگرها، اقدام به نمونه برداری از خاک و تعیین رطوبت آن شد. این آزمایش در خاکی با بافت لومی شنی انجام گرفت. هم زمان با داده برداری از رطوبت خاک با استفاده از TDR اقدام به ثبت داده ها (هر ۲۴ ساعت یکبار به مدت ۱۵ روز) گردید. نمونه خاک از عمق معادل طول میله (۲۴ تا ۳۰ سانتی متر) هر یک از حسگرها با استفاده از مته خاک صورت گرفت و مقدار رطوبت با روش توزین اندازه گیری شد. این کار با ۱۵ نوبت داده برداری ادامه یافت. چگالی ظاهری هر یک از نمونه های خاک، بعد از پایان این مرحله هر یک با سه تکرار از روش Sand bottle و در همان عمق اندازه گیری شد تا برای تبدیل رطوبت وزنی به رطوبت حجمی مورد استفاده قرار گیرد. در آزمایشگاه میزان رطوبت وزنی، درصد رطوبت حجمی (حاصل ضرب درصد رطوبت وزنی در وزن مخصوص ظاهری خاک $1/41$ گرم بر سانتی متر مکعب بر اساس آزمون خاک) اندازه گیری و درصد آب قابل استفاده (D) بر اساس معادله ۱ (Martin et al., 1990) تعیین و سپس با استفاده از معادله ۲ درصد تخلیه آب قابل استفاده محاسبه شد. که در آن n تعداد نمونه خاک گرفته شده از عمق موثر توسعه ریشه، FCI رطوبت خاک در

آزمایش خاک و غنی بودن مزرعه از نظر فسفر و پتاسیم (به ترتیب ۳۲ و ۳۱۴ پی پی ام)، نیازی به کودپاشی زمین در زمان تهیه بستر نبود. کود نیتروژنی به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار به فرم اوره (استارتر) هنگام کاشت، قبل از آبیاری داده شد. مبارزه با علف های هرز نیز به صورت وجین دستی در طول دوره رشد انجام شد. در تیمار آبیاری مطلوب (عدم اعمال تنش کم آبی) آبیاری کرت ها به میزان لازم و با توجه به توصیه های موجود مبنی بر آبیاری در شرایط ۴۵ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک در کل دوره رشد برای ماش، دور آبیاری ۳ روز در نظر گرفته شد (Zarea Zargaz & Galavi, 2013). تیمار تنش کم آبی در دو مرحله ی تنش، مرحله رشد رویشی، ابتدای ظهور برگ چهارم (استقرار کامل گیاه) تا هنگام ظهور اولین گل بر روی گیاه ادامه داشت و با ظهور گلدهی این تیمار هم زمان با تیمار شاهد آبیاری شد، همچنین تیمار اعمال تنش در مرحله رشد زایشی از ابتدای گلدهی تا رسیدگی ۹۵ درصد غلاف ها اعمال شد (Zarea Zargaz & Galavi, 2013). میزان پتانسیل رطوبتی خاک با توجه به درصد رطوبت حجمی (اعداد به دست آمده از TDR) در زمان تنش که با دستگاه TDR اندازه گیری شده بود، محاسبه شد. برای کالیبره کردن دستگاه TDR بدین ترتیب عمل شد که قبل از کار گذاشتن لوله های TDR مزرعه آبیاری گردید. این رطوبت سنج ها در یک نقطه برای هر کرت، به فواصل عرضی $3/6$ متر (با توجه به فاصله ی کرت ها از یکدیگر) در نظر گرفته شدند. در هر نقطه ۱ رطوبت سنج، در عمق ۲۴ تا ۳۰ سانتی متر

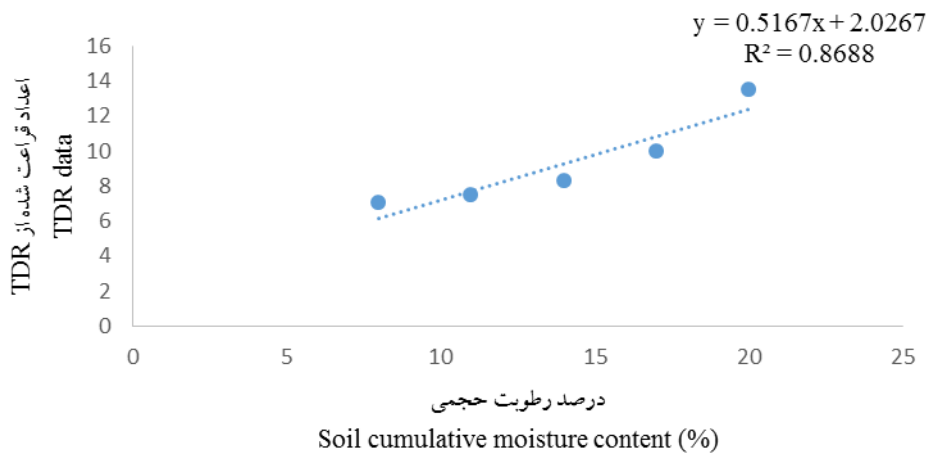
۲/۵ لیتر در ساعت (در فشار یک اتمسفر) و فاصله دریپ ۱۰ سانتی متر بر روی تیپ و یک نوار در هر خط کشت (۶۰ سانتی متر) انجام گرفت. جمع ساعات آبیاری در طول رشد در تیمار شاهد ۸۶ ساعت، در تیمار تنش کم آبی در مرحله رشد رویشی ۵۵/۵ ساعت و در تیمار تنش در مرحله رشد زایشی ۶۲ ساعت برآورد گشت. در کل حجم آب آبیاری در تیمارهای شاهد، تنش کم آبی در مرحله رشد رویشی و رشد زایشی به ترتیب ۲۹۸۶/۱، ۱۹۲۷/۱ و ۲۱۵۲/۸ لیتر بدست آمد. پس از تجزیه آب آبیاری نیز مشخص گردید که $\gamma_{pH} = 99$ ، $mg/l, 6/0EC =$ ، $mg/l, 38/1211SO_4 =$ ، $48/24NO_3 =$ ، $mg/l, 37/0 PO_4 =$ و $mg/l, 56/1282 Ca^{++} =$ و $mg/l, 44/4317Mg =$ بود.

مؤلفه های درخشدگی سبزینه شامل درخشدگی اولیه (F0)، درخشدگی بیشینه

$$D (\%) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{FCi - \theta_i}{FCi - Wp} \times 100$$

D-۱۰۰ = تخلیه آب قابل استفاده (%)

ظرفیت مزرعه (پتانسیل رطوبتی معادل ۱۶ درصد وزنی و ۲۲/۵۶ درصد حجمی قرائت شده توسط دستگاه TDR) در نمونه i ام، θ_i رطوبت خاک در نمونه i ام و Wp رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دائم (پتانسیل رطوبتی معادل ۶/۷۸ درصد وزنی و ۹/۵۶ درصد حجمی قرائت شده توسط دستگاه TDR) می باشد. از مقایسه رطوبت های اندازه گیری شده به وسیله حسگرها با روش نمونه برداری و توزین، اعتبار سنجی صورت گرفت (Vanclouster *et al.*, 1994). سپس براساس داده های حاصل از رطوبت حجمی خاک و اعداد قرائت شده TDR، منحنی رطوبت خاک رسم گردید. آبیاری به وسیله نوارهای تیپ با خروجی



شکل ۱- منحنی رطوبت خاک بهدست آمده از اعداد قرائت شده به وسیله دستگاه TDR و درصد رطوبت حجمی نمونه برداری. محور عمودی چپ اعداد قرائت شده به وسیله دستگاه TDR و محور افقی درصد رطوبت حجمی نمونه بهدست آمده توسط آون نشان میدهد. رگرسیون خطی نقاط که با خطوط بریده آبی نشان داده شده است روی دو محور قابل استناد می باشد.

Figure 1. Soil moisture curve from TDR data and soil cumulative moisture content (%). Vertical axis: TDR data, Horizontal axis: Volumetric soil water content (%) obtained from oven. Blue colored regression line of the three axes is the reference of the graph.

استرس متر (PSM مدل Iomonitor S.C.I.AB, Umea, Sweden اندازه گیری شد (-Modares-Sanavey *et al.*, 2014).

تمام اندازه گیری های مربوط به صفات عملکردی بر روی یک نمونه گیاهی مشتمل بر ۵ بوته (۰/۳ متر مربع) در پایان دوره ی رشد از هر کرت به صورت تصادفی و با در نظر گرفتن اثر حاشیه و به هنگام رسیدگی فیزیولوژیک دانه صورت گرفت. برای اندازه گیری سطح برگ از دستگاه سنجش سطح برگ (Leaf area meter) استفاده گردید. برای اندازه گیری عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت، برگ های سبز، زرد، ساقه ها و دانه ها به صورت جداگانه در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد تا رسیدن به وزن ثابت درون آون خشکانده شده، سپس با استفاده از ترازویی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند. به منظور اندازه گیری ارتفاع بوته نیز از محل طوقه گیاه تا بالاترین بخش گیاه از خط کش با دقت ۰/۱ سانتی متر استفاده شد.

تجزیه ی آماری

تجزیه واریانس داده ها بوسیله ی نرم افزار ۹,۴ ANOVA (SAS Institute, ۱۹۸۵) و دستور SAS به صورت مدل آزمایش کرت های خرد شده (اسپلیت پلات) در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. میانگین ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند. همچنین رسم شکل ها و جداول با کمک نرم افزارهای Word و Excel انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده ها نشان داد که به جز اثر اصلی تنش کم

جدول ۲- ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش
Table 2. Physicochemical properties of soil at the experimental site

| روزی | مگنیز | آهن | نیتروژن | پتاسیم | فسفر | ظرفیت زراعی | نقطه پژمردگی | هدایت | ماده آلی | کربن آلی | اسیدی | بافت خاک | عمق خاک |
|----------|----------|----------|---------|---------|---------|----------------|-----------------|--------------------|----------|----------|-------|--------------|------------|
| Zn (ppm) | Mn (ppm) | Fe (ppm) | N (%) | K (ppm) | P (ppm) | (درصد وزنی) Fe | (درصد وزنی) PWP | الکتریکی Ec (dS/m) | O.M (%) | O.C (%) | ته pH | Soil Texture | Soil depth |
| 2.06 | 6.4 | 4.67 | 0.134 | 341 | 48 | 16 | 6.78 | 1.12 | 2.32 | 1.34 | 7.73 | لومی شن | 0-30 |
| 3.42 | 6.4 | 6.46 | 0.068 | 314 | 32 | 16 | 6.78 | 1.12 | 1.17 | 0.68 | 7.70 | لومی شن | 30-60 |

(Fm) ، درخشندگی متغیر (Fv) و عملکرد کوانتومی نظام نوری (Fv/Fm) به طور همزمان برای همه ی کرت ها پیش از آبیاری بر روی چهار بوته تصادفی در هر کرت در مرحله ۵۰ درصد گلدهی با استفاده از دستگاه تنش سنج)

اینکه اثرات متقابل همه‌ی صفات معنی دار بود از مقایسه میانگین اثرات اصلی خودداری شد و مقایسه اثرات متقابل به صورت جدول مورد بررسی و بحث قرار گرفت. محلول پاشی نانو کلات آهن و منگنز در

آبی در صفات F_0 (فلورسانس اولیه)، F_m (فلورسانس حداکثر) و F_v (فلورسانس متغیر) تمام صفات مورد مطالعه تحت تأثیر اثرات اصلی تنش کم آبی و محلول پاشی و همچنین اثر متقابل آن ها قرار گرفت (جدول ۳). با توجه به

Table 3. Analysis of variance (mean squares) for yield and yield components under water deficit stress and spraying of nano iron and manganese chelates

| منابع تغییر Source of variation | درجه آزادی (df) | ارتفاع بوته Plant height | تعداد شاخه فرعی Number of branches | تعداد غلاف Number of pod | سطح برگ Leaf area per plant | شاخص سطح برگ Leaf area index | صنوبر دانه Grain yield |
|--|--------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| تکرار × تنش کم آبی Replication × Water deficit stress | 2 | 37.14 | 109.91 | 53223.6 | 37425.8 | 0.121 | 2413.3 |
| تنش کم آبی Water deficit stress | 2 | 3114.07 | 175676.97 | 1248822.5 | 5420823.0 ¹ | 13.95 | 1679002.1 |
| تکرار × تنش کم آبی × محلول پاشی Replication × Water deficit stress × Foliar application | 4 | 39.16 | 2158.4 | 46081.7 | 183408.4 | 0.466 | 9893.8 |
| محلول پاشی × تنش کم آبی Foliar application × Water deficit stress | 9 | 975.47 | 21731.08 | 297949.2 | 1467938.6 | 3.788 | 242063.4 |
| تنش کم آبی × محلول پاشی Water deficit stress × Foliar application | 18 | 549.95 | 14855.05 | 185593.3 | 855866.6 | 2.197 | 391925.3 |
| خطای آزمایشی Error | 54 | 18.5 | 4106.5 | 19401.4 | 104081.7 | 0.270 | 21908.4 |
| Coefficient of variation % ضریب تغییرات % | | 7.04 | 20.7 | 19.1 | 18.1 | 18.2 | 15.0 |
| منابع تغییر Source of variation | درجه آزادی (df) | عملکرد بیولوژیک Biological yield | شاخص برداشت Harvest index | فلورسانس حداکثر F_m | فلورسانس اولیه F_0 | فلورسانس متغیر F_v | II F_v/F_m |
| تکرار Replication | 2 | 24997.5 | 16.10 | 0.002475 | 0.0014 | 0.0002 | 0.0048 |
| تنش کم آبی Water deficit stress | 2 | 81529810.7 | 373.6 | 0.000022 ^{ns} | 0.0080 ^{ns} | 0.0076 ^{ns} | 0.2089 |
| تکرار × تنش کم آبی Replication × Water deficit stress | 4 | 1002933.9 | 42.92 | 0.001770 | 0.0020 | 0.0014 | 0.0162 |
| محلول پاشی × تنش کم آبی Foliar application × Water deficit stress | 9 | 20393609.5 | 221.92 | 0.005467 | 0.0092 | 0.0039 | 0.0542 |
| تنش کم آبی × محلول پاشی Water deficit stress × Foliar application | 18 | 13392040.9 | 149.91 | 0.018011 | 0.0070 | 0.0174 | 0.1593 |
| خطای آزمایشی Error | 54 | 578101.4 | 30.68 | 0.000962 | 0.0008 | 0.0009 | 0.0085 |
| ضریب تغییرات Coefficient of variation % | | 15.6 | 24.3 | 9.8 | 14.8 | 24.9 | 23.8 |

^{ns} and no symbols: non-significant and significant at the 5% levels of probability, respectively.

¹ بدون علامت: به ترتیب عدم اختلاف معنی دار و وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال 5 درصد می باشد.

هزار نانو کلات آهن (۶/۶۳۴) و کمترین آن مربوط به تیمار اعمال تنش در مرحله رویشی و بدون محلول پاشی (۳/۱۷۷) بود (جدول ۴). به نظر می رسد با مصرف کود نانو کلات آهن، جذب و انتقال مواد فتوسنتزی و هورمون‌های تحریک کننده رشد به مریستم های جانبی افزایش می یابد و مجموعه این عوامل سبب افزایش تحریک مریستم های جانبی و افزایش تعداد ساقه های جانبی می گردد. نقش آهن در فرایند فتوسنتز به واسطه شرکت آن در واکنش های اکسیداسیون و احیا در کلروپلاست است که آهن در آن ها به عنوان گروه های دهنده-گیرنده الکترون شرکت می کند. با افزایش میزان فتوسنتز به منظور جلوگیری از انباشت بیش از حد مواد فتوسنتزی در کلروپلاست، انتقال این مواد به بخش های فعال رشدی افزایش یافته و این عمل موجب تحریک رشد گیاه می گردد (Marschner, 2011).

پژوهشگران در بررسی اثر زمان محلول پاشی نانو کود آلی کلات آهن بر خصوصیات کمی و کیفی گندم دیم به این نتایج رسیدند که محلول پاشی نانو کود آلی کلات آهن در مرحله ساقه دهی بهترین نتیجه را با افزایش ۹۹٪ عملکرد و افزایش صفات کمی و کیفی نسبت به شاهد را گزارش کرده اند (Peyvandi *et al.*, 2012). بررسی مقایسه میانگین های اثرات متقابل تنش کم آبی در محلول پاشی نشان داد که بیشترین تعداد غلاف مربوط به تیمار تنش در مرحله رشد رویشی و محلول پاشی توام یک در هزار نانو کلات آهن و سه در هزار نانو کلات منگنز (۳/۱۷۱۷) و کمترین تعداد آن مربوط به

شرایط بدون تنش، تنش در مرحله رویشی و تنش در مرحله زایشی ارتفاع بوته را به صورت معنی داری تحت تاثیر قرار داد (جدول ۴). بیشترین ارتفاع ساقه به ترتیب مربوط به تیمار بدون تنش و محلول پاشی یک در هزار نانو کلات آهن (۱۲۰/۳ cm)، و کمترین آن مربوط به تیمارهای تنش در مرحله رشد زایشی و محلول پاشی یک و نیم در هزار نانو کلات منگنز (۴۳/۶ cm)، و تنش در مرحله رشد زایشی و محلول پاشی توام سه در هزار نانو کلات آهن و سه در هزار نانو کلات منگنز (۴۳/۰ cm) بود (جدول ۴). همچنین نتایج حاصل از جدول همبستگی نشان دهنده همبستگی مثبت و بالای این صفت با صفت عملکرد بیولوژیک (**۰۷۲/۰۱=) و منفی و معنی دار با صفت شاخص برداشت (**۰۵۴/۰۱=-) بود (جدول ۵). نتایج حاصل از بررسی محققان نشان داد که اثر نانو کود کلات آهن به صورت محلول پاشی یک در هزار در مراحل مختلف رشد برنج در یک، دو و سه مرحله (اول اوایل پنجه زنی و مرحله دوم اواخر ساقه رفتن و مرحله سوم اواخر خوشه دهی) بر صفت ارتفاع بوته اثر معنی داری داشته است (Baghaie *et al.*, 2011). پژوهشگران در یک مطالعه با بررسی اثرات برگ پاشی ریزمغذی ها بر عملکرد و کیفیت گندم در خاک های رسی مصر نتیجه گرفتند که برگ پاشی عناصر آهن، روی و منگنز ارتفاع بوته را افزایش داد ولی مس اثر کمتری بر این صفت داشت (El-Magid *et al.*, 2000).

بیشترین تعداد ساقه‌ی فرعی مربوط به تیمار عدم اعمال تنش کم آبی و محلول پاشی یک در

(Pahlavan Rad et al., 2008). اما دیگر

محققان نشان دادند که تیمارهای محلول پاشی

نانو کود کلات آهن بر تعداد خوشه در بوته

گیاه برنج اثر معنی داری داشته است (Baghaie

تیمار عدم محلول پاشی و تنش در مرحله رشد

رویشی (۳۸۵/۳) بود (جدول ۴). بررسی ها نشان

داد کاربرد آهن و منگنز اثر معنی داری بر تعداد

سنبله در واحد سطح گیاه گندم نداشت

Table 4. Mean comparison for the interaction effects of the measured traits at the experiment

| تنش کم- تنش کم- آبی | مطلوب- پاشی | ارتفاع بوته | تعداد شاخه فرضی در بوته | تعداد غلاف در بوته | سطح برگ بک بوته | شاخص سطح برگ | عسکود دانه | عسکود بیولوژیکی | شاخص برداشت | فلورسانس حاصلکار | فلورسانس اولیه | فلورسانس معتبر | عسکود کراتیومی فوق سیستم II |
|------------------------------|--------------------|---------------------|-----------------------------------|------------------------------|--|------------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------|
| Water deficit stress | Foliar application | Plant height (Cm) | Number of branches (No per plant) | Number of pod (No per plant) | Leaf area per plant (Cm ²) | Leaf area index | Grain yield (Kg/h) | Biological yield (Kg/h) | Harvest index (%) | F _m (Ms) | F ₀ (Ms) | F _v (Ms) | F _v /F _m (Ms) |
| S1 | | | | | | | | | | | | | |
| F1 | 54.6 ^{tr} | 336.0 th | 741.3 ^{tr} | 1680.3 ^{gk} | 2.66 ^{gk} | 1125.33 ^{gk} | 4173.3 ^{gk} | 26.9 ^{gk} | 0.404 th | 0.153 ^{no} | 0.250 ^a | 1.053 ^{tr} | |
| F2 | 55.6 ^{gh} | 380.0 ^{hd} | 809.3 th | 1655.3 ^{gk} | 2.66 ^{gk} | 1218.67 ^{gk} | 5440.0 ^d | 22.6 th | 0.340 ^g | 0.117 ^a | 0.223 th | 0.838 ^b | |
| F3 | 120.3 ^a | 634.6 ^a | 876.0 ^{def} | 3038.0 th | 4.86 th | 1092.0 ^{gh} | 10348.3 ^b | 10.6 ⁱ | 0.243 ^k | 0.173 ^{el} | 0.070 ^{kl} | 0.286 ^{el} | |
| F4 | 60.6 ^{gk} | 370.6 ^{bc} | 1170.6 ^{bc} | 2665.7 ^{bc} | 4.26 ^{bc} | 1657.33 ^{ab} | 6984.0 ^d | 23.8 th | 0.253 ^k | 0.177 ^{el} | 0.076 ^{kl} | 0.301 ^{el} | |
| F5 | 61.0 ^{ef} | 456.0 ^b | 1006.6 ^{cd} | 2374.7 ^{cde} | 3.83 ^{cde} | 1224.0 ^{def} | 5546.6 ^d | 22.0 th | 0.243 ^k | 0.180 ^{el} | 0.063 ^{kl} | 0.261 ^{klm} | |
| F6 | 48.0 ^{im} | 308.0 ^c | 616.0 ^{ghm} | 1201.0 ^{kl} | 1.93 ^{kl} | 1146.67 ^{cde} | 4106.6 ^d | 27.8 th | 0.233 ^k | 0.157 ^{im} | 0.076 ^{kl} | 0.327 ^{el} | |
| F7 | 93.6 ^b | 409.3 ^{bc} | 1380.0 ^b | 3003.7 ^{ab} | 4.80 th | 1346.67 ^{cde} | 10983.3 ^b | 12.3 ^{kl} | 0.323 ^{ch} | 0.160 ^{im} | 0.163 ^g | 0.503 ^{de} | |
| F8 | 59.0 ^{gh} | 324.0 ^{cd} | 890.6 ^{de} | 2004.0 ^{fg} | 3.20 ^{gk} | 1765.33 ^a | 5480.0 ^d | 32.9 ^{bc} | 0.390 ^{bc} | 0.350 ^a | 0.040 ^{lm} | 0.101 ^{no} | |
| F9 | 58.3 ^{gh} | 268.0 ^{cd} | 854.6 ^{de} | 1822.0 ^{fi} | 2.93 ^{ia} | 1122.67 ^{gk} | 5437.3 ^d | 20.7 ^{gk} | 0.356 ^{bc} | 0.200 ^{fi} | 0.156 ^g | 0.436 ^{ch} | |
| F10 | 89.6 ^b | 458.6 ^b | 476.0 ^{jk} | 3273.7 ^a | 5.23 ^a | 672.0 ^{lmn} | 4746.6 ^d | 14.1 ^{kl} | 0.373 ^{bc} | 0.123 ^{mn} | 0.250 ^a | 0.670 ^e | |
| S2 | | | | | | | | | | | | | |
| F1 | 52.0 ^{gk} | 177.3 ⁱ | 385.3 ⁿ | 958.0 ⁱ | 1.53 ⁱ | 376.0 ^e | 2660.0 ^k | 15.3 ^{kl} | 0.293 ^{gl} | 0.170 ^{im} | 0.123 ^{gh} | 0.419 ^g | |
| F2 | 47.3 ^{lm} | 213.3 ^{kl} | 509.3 ^{gk} | 1358.0 ⁱ | 2.16 ^l | 442.67 ^{no} | 2825.6 ^{ghk} | 17.2 ^{kl} | 0.270 ^{ijk} | 0.227 ^{cf} | 0.043 ^{klm} | 0.129 ^{mn} | |
| F3 | 75.6 ^c | 248.0 ^{fi} | 780.0 ^{hi} | 1305.7 ^{il} | 2.10 ^l | 513.33 ^{no} | 4777.3 ^{de} | 11.3 ⁱ | 0.340 ^g | 0.138 ^{lmn} | 0.201 ^{abc} | 0.594 ^{cd} | |
| F4 | 54.6 ^{tr} | 232.0 ^{fi} | 612.0 ^{gh} | 1921.0 ^{sh} | 3.06 ^{sh} | 846.67 ^{im} | 3452.0 ^{fi} | 25.3 ^{sh} | 0.360 ^{bf} | 0.210 ^{ch} | 0.150 ^{de} | 0.414 ^{ef} | |
| F5 | 56.0 ^{gh} | 189.3 ^{kl} | 886.6 ^{def} | 1157.3 ^{kl} | 1.83 ^{kl} | 772.0 ^{klm} | 4367.3 ^{def} | 18.2 ^{gk} | 0.377 ^{bcd} | 0.207 ^{ci} | 0.170 ^{cf} | 0.447 ^{de} | |
| F6 | 67.3 ^{de} | 238.6 ^{fi} | 637.3 ^{hi} | 1473.3 ^{kl} | 2.36 ^{tr} | 953.33 ^{gk} | 4094.6 ^{gk} | 23.5 th | 0.263 ^{ik} | 0.173 ^{el} | 0.090 ^h | 0.350 ^{fk} | |
| F7 | 70.6 ^{cd} | 318.6 ^{fi} | 1173.3 ^{bc} | 2349.3 ^{cf} | 3.76 ^{tr} | 1474.67 ^{bc} | 7544.0 ^c | 19.5 ^{fi} | 0.270 ^{ijk} | 0.220 ^{de} | 0.050 ^{lm} | 0.184 ^{lm} | |
| F8 | 74.0 ^{cd} | 340.0 ^{gk} | 1717.3 ^a | 2568.0 ^{bc} | 4.13 ^{bc} | 1437.33 ^{bcd} | 12814.7 ^a | 11.4 ⁱ | 0.450 ^a | 0.287 ^b | 0.163 ^g | 0.360 ^{ck} | |
| F9 | 56.6 ^{gh} | 242.6 ^{fi} | 660.0 ^{jk} | 1185.0 ^{kl} | 1.86 ^{kl} | 1086.67 ^{fi} | 3820.0 ^{ci} | 28.5 ^{tr} | 0.247 ^{kl} | 0.157 ^{im} | 0.090 ^h | 0.361 ^{ck} | |
| F10 | 77.0 ^e | 270.6 ^{fi} | 668.0 ^{jk} | 1311.0 ^{il} | 2.10 ^l | 1610.67 ^{ab} | 5418.6 ^d | 29.7 ^{bc} | 0.280 ^{bc} | 0.146 ^{im} | 0.133 ^{gh} | 0.474 ^{def} | |
| S3 | | | | | | | | | | | | | |
| F1 | 53.6 ^{gk} | 214.6 ^{fi} | 572.0 ^{im} | 1419.7 ^{hi} | 2.26 ^{tr} | 870.67 ^{hi} | 2949.3 ^{gk} | 29.9 ^{bcd} | 0.237 ^k | 0.225 ^{cf} | 0.011 ^m | 0.027 ^o | |
| F2 | 45.3 ^{lm} | 241.3 ^{fi} | 444.0 ^{jk} | 1104.3 ⁱ | 1.76 ⁱ | 773.33 ^{lm} | 2604.0 ^{jk} | 33.8 ^b | 0.237 ^k | 0.174 ^{el} | 0.063 ^{kl} | 0.267 ^{im} | |
| F3 | 47.0 ^{lm} | 288.0 ^{fi} | 586.6 ^{im} | 1303.3 ⁱ | 2.10 ^l | 776.0 ^{klm} | 4004.0 ^{sh} | 23.1 ^{fi} | 0.320 ^{fi} | 0.170 ^{el} | 0.150 ^{de} | 0.467 ^{def} | |
| F4 | 60.6 ^{gk} | 365.3 ^{bc} | 425.3 ^{lm} | 2430.3 ^{cde} | 3.90 ^{cde} | 837.33 ^{im} | 3229.3 ^{fk} | 25.8 ^{sh} | 0.390 ^{bc} | 0.254 ^{bc} | 0.136 ^{ch} | 0.350 ^{fk} | |
| F5 | 43.6 ^m | 286.6 ^{fi} | 584.0 ^{im} | 2452.0 ^{cd} | 3.93 ^{cd} | 1042.67 ^{fi} | 4388 ^{gk} | 24.0 ^{ci} | 0.330 ^{gh} | 0.210 ^{ch} | 0.119 ^{gk} | 0.361 ^{ck} | |
| F6 | 47.6 ^{im} | 286.6 ^{fi} | 450.6 ^{kl} | 1184.3 ^{kl} | 1.90 ^{kl} | 1154.67 ^{gk} | 2558.6 ^k | 45.3 ^a | 0.447 ^a | 0.260 ^{bcd} | 0.186 ^{bcd} | 0.415 ^{ef} | |
| F7 | 56.0 ^{gh} | 362.6 ^{bc} | 566.6 ^{im} | 1749.0 ^{gk} | 2.80 ^{tr} | 504.0 ^{no} | 3553.3 ^{ci} | 14.0 ^{kl} | 0.250 ^k | 0.184 ^{fi} | 0.066 ^{kl} | 0.275 ^{im} | |
| F8 | 55.0 ^{fi} | 238.6 ^{fi} | 389.3 ^{lm} | 1203.3 ^{kl} | 1.93 ^{kl} | 628.0 ^{no} | 2616.0 ^{jk} | 23.3 th | 0.250 ^k | 0.190 ^{fk} | 0.060 ^{klm} | 0.240 ^{km} | |
| F9 | 48.3 ^{im} | 305.3 ^{ci} | 524.0 ^{im} | 1248.0 ^{kl} | 1.96 ^{kl} | 449.33 ^{no} | 2638.0 ^{jk} | 17.0 ^{kl} | 0.360 ^{bc} | 0.177 ^{el} | 0.183 ^g | 0.505 ^{de} | |
| F10 | 43.0 ^m | 205.3 ^{kl} | 416.0 ^{lm} | 1050.3 ⁱ | 1.70 ⁱ | 640.0 ^{lmn} | 2165.3 ^k | 30.8 ^{bcd} | 0.343 ^g | 0.270 ^{bc} | 0.073 ^{kl} | 0.217 ^{hcn} | |
| Least Significant Difference | | 7.0 | 104.9 | 228.01 | 528.1 | 0.85 | 242.30 | 1244.6 | 9.0 | 0.051 | 0.047 | 0.049 | 0.151 |

et al., 2011). به عبارت دیگر، محلول پاشی آهن در مرحله گلدهی به دلیل افزایش ماندگاری گل و تبدیل آن به غلاف، از طریق افزایش آسمیلات ها، به واسطه نقشی که این

عنصر در فتوسنتز دارد، موجب افزایش تعداد غلاف در بوته می‌گردد (Marschner, ۱۹۹۵). برخی پژوهشگران نیز اظهار داشتند که مصرف نانو کود کلات آهن در مرحله گلدهی تأثیر مثبتی بر صفات کمی و کیفی لوبیا چیتی دارد (Mahmoudi et al., 2005). همچنین، این محققین کاربرد نانو کود در دو مرحله گلدهی و غلاف دهی را بهترین تیمار گزارش کردند (Mahmoudi et al., 2005). نتایج حاصل از بررسی همبستگی تعداد غلاف با سایر صفات عملکردی نشان دهنده ی همبستگی بالای این صفت با عملکرد بیولوژیک (** $r=0.90$) و عملکرد دانه (** $r=0.65$) و دیگر صفات عملکردی است (جدول ۵). غلاف‌ها تا حدودی شاخصی برای وزن دانه‌ها هستند (Rood et al., 1984). دانه ها و میوه ها در گونه های گیاهی که از اجزای عملکرد محسوب می شوند، محل ذخیره مواد جذب شده و سنتز شده هستند. مشخص شده است که هر چه تعداد دانه در غلاف بیشتر باشد مخزن بزرگتری برای انتقال مواد جذب شده به وجود خواهد آمد (Hocking & Mason, 1993). بررسی مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل تنش کم آبی در محلول پاشی نشان داد که بیشترین مقدار سطح برگ مربوط به تیمار عدم اعمال تنش و محلول پاشی توأم سه در هزار نانو کلات آهن و سه در هزار نانو کلات منگنز ($7/3273 \text{ cm}^2$) و کمترین مقدار آن مربوط به تیمارهای عدم محلول پاشی و تنش در مرحله رشد رویشی ($0/958 \text{ cm}^2$)، محلول پاشی آب خالص و تنش در مرحله زایشی ($3/1104 \text{ cm}^2$)، و محلول پاشی توأم سه در هزار نانو کلات آهن

در هر صفت و گروه تقابسه شده، پیکان‌هایی که با حرف یکسان نشان داده شده‌اند، دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD هستند.

S1 = آبیاری سطوح، S2 = قطع آبیاری در مرحله رشد رویشی، S3 = قطع آبیاری در مرحله رشد رویشی

F1 = بدون محلول پاشی، F2 = محلول پاشی با آب خالص، F3 = یک در هزار نانو کلات آهن، F4 = سه در هزار نانو کلات آهن، F5 = یک در هزار نانو کلات منگنز، F6 = سه در هزار نانو کلات منگنز، F7 = یک در هزار نانو کلات آهن، F8 = یک در هزار نانو کلات منگنز، F9 = سه در هزار نانو کلات آهن، F10 = سه در هزار نانو کلات آهن + سه در هزار نانو کلات منگنز

Means in each column and for each treatment, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% of probability level, using LSD Test.

S1 = Opiumum irrigation, S2 = Water deficit at the reproductive stage, S3 = Water deficit at the vegetative stage

F1 = Without foliar application, F2 = Foliar application with pure water, F3 = 1/1000 nano-chelated Fe, F4 = 3/1000 nano-chelated Mn, F5 = 1.5/1000 nano-chelated Mn, F6 = 3/1000 nano-chelated Mn, F7 = 1/1000 nano-chelated Fe + 1.5/1000 nano-chelated Mn, F8 = 1/1000 nano-chelated Fe + 3/1000 nano-chelated Mn, F9 = 3/1000 nano-chelated Fe + 1.5/1000 nano-chelated Mn, F10 = 3/1000 nano-chelated Fe + 3/1000 nano-chelated Mn

کننده افزایش یافته است. نتایج حاصل از جدول همبستگی نشان دهنده‌ی همبستگی مثبت و بالای این صفت با سایر صفات عملکردی خصوصاً عملکرد بیولوژیک ($r^{**}=0.7$) می باشد (جدول ۵). نتایج برخی از پژوهشگران نیز به روشنی این مطلب را تأیید می کند که با افزایش ماده‌ی خشک در طی مراحل مختلف رشد گیاه ماش میزان شاخص سطح برگ نیز افزایش می‌یابد (Muchow & Edwards, 1982).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین های اثرات متقابل محلول‌پاشی در تنش کم آبی نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد دانه در تیمار توام آبیاری مطلوب و محلول‌پاشی یک در هزار نانو کلات آهن و سه در هزار نانو کلات منگنز ($33/1765 \text{ Kg/ha}$) و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار تنش در مرحله رشد رویشی و عدم اعمال محلول پاشی (376 Kg/ha) بود (جدول ۴). بررسی ضرایب همبستگی نشان داد که عملکرد دانه، همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد غلاف ($r^{**}=0.2/65$) و عملکرد بیولوژیک ($r^{**}=0.2/60$) دارد (جدول ۵). به نظر می‌رسد در این آزمایش، علت افزایش عملکرد دانه تأثیر عناصر آهن و منگنز بر کاهش ریزش گل و غلاف ناشی از تنش بوده است. پژوهشگران در بررسی اثر زمان محلول پاشی نانو کود آلی کلات آهن بر خصوصیات کمی و کیفی گندم دیم به این نتایج رسیدند که محلول پاشی نانو کود آلی کلات آهن در مرحله ساقه دهی بهترین نتیجه را با افزایش ۹۹٪ عملکرد نسبت به شاهد دارد (Parandeh et al., 2011). با توجه به آثار ناشی از تنش کم آبی چنین احتمالی

و سه در هزار نانو کلات منگنز و تنش در مرحله زایشی ($3/1050 \text{ cm}^2$) بود (جدول ۴). گزارش شده است که نقش محلول‌پاشی آهن و منگنز در افزایش سطح برگ بیش از سایر عناصر ریز مغذی است (Tabatabaei et al., 2011). همچنین نتایج حاصل از جدول همبستگی نشان دهنده‌ی همبستگی مثبت و بالای این صفت با سایر صفات عملکردی خصوصاً عملکرد بیولوژیک ($r^{**}=0.7$) می باشد (جدول ۵). همبستگی مثبت و معنی‌دار بین سطح برگ و وزن خشک کل حاکی از این است که محلول پاشی آهن شاخص سطح برگ را افزایش داده و این افزایش باعث تجمع ماده خشک بیشتر و وزن کل بالاتری در گیاه می‌گردد. همچنین در بررسی مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل تنش کم آبی در محلول‌پاشی برای صفت شاخص سطح برگ مشاهده شد که بیشترین مقدار این صفت مربوط به تیمار عدم اعمال تنش و محلول پاشی توأم سه در هزار نانو کلات آهن و سه در هزار نانو کلات منگنز ($5/23$) و کمترین مقدار آن مربوط به تیمارهای عدم محلول پاشی و تنش در مرحله رشد رویشی ($1/53$)، محلول‌پاشی آب خالص و تنش در مرحله زایشی ($1/76$)، و محلول پاشی توأم سه در هزار نانو کلات آهن و سه در هزار نانو کلات منگنز و تنش در مرحله زایشی ($1/70$) بود (جدول ۴). به نظر می‌رسد که محلول‌پاشی نانو کلات آهن و منگنز در مراحل رشد رویشی و زایشی سبب افزایش تولید ماده خشک در گیاه ماش شده و به سبب آن میزان شاخص سطح برگ نیز از طریق انتقال مجدد این مواد به اندام‌های رویشی و تولید سطح فتوسنتز

نمی گیرد و این خود موجب خسارت مضاعف تنش در مرحله رشد زایشی می باشد، البته این مسأله وقتی پیش می آید که محلول پاشی در دوره ابتدایی رشد زایشی انجام شود. با توجه به نقش ساختاری عناصر ریز مغذی از جمله آهن و منگنز در برخی آنزیم ها و همچنین نقش موثر آن ها در سنتز پروتئین ها، با مصرف این عناصر علاوه بر افزایش عملکرد و اجزای عملکرد افزایش مقاومت گیاهان تحت تنش های محیطی مورد انتظار است (Cakmack, 2008)). در جدول ۴ مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم آبی در محلول پاشی بر شاخص برداشت نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود، بیشترین شاخص برداشت مربوط به تیمار تلفیقی اعمال تنش کم آبی در مرحله رشد زایشی و محلول پاشی سه در هزار نانو کلات منگنز (۳/۴۵٪) و کمترین مقدار این صفت مربوط به تیمار تلفیقی عدم اعمال تنش و محلول پاشی یک در هزار نانو کلات آهن (۶/۱۰٪) است. تیمار تلفیقی محلول پاشی با نانو کلات آهن و منگنز شاخص برداشت را در شرایط تنش بیشتر از شرایط بدون تنش افزایش داد. علت افزایش بیشتر شاخص برداشت با محلول پاشی این عناصر در شرایط تنش نسبت به شرایط عادی این است که هر چند محلول پاشی نانو کلات آهن و منگنز باعث افزایش تعداد گل های بارور، ریزش کمتر گل و غلاف در تمام سطوح تنش شده است، ولی چون در کرت های بدون تنش عناصر آهن و منگنز، تعداد و وزن شاخ و برگ را نیز افزایش می دهد، بنابراین در کرت های بدون تنش شاخص برداشت کمتر خواهد شد. با توجه به

وجود دارد که انجام محلول پاشی نانو کلات آهن و منگنز، می تواند با تحریک رشد و تقسیم سلولی، دانه را به یک مخزن قوی مبدل ساخته و در نتیجه با پذیرفتن مواد فتوسنتزی بیشتر مقادیر ماده خشک بیشتری در دانه ذخیره گردد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین های اثر متقابل محلول پاشی در تنش کم آبی نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک در تیمار اعمال تنش در مرحله رشد رویشی و محلول پاشی توام یک در هزار نانو کلات آهن و سه در هزار نانو کلات منگنز (Kg/ha 7/12814) و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار تنش در مرحله رشد زایشی و محلول پاشی توام سه در هزار نانو کلات آهن و سه در هزار نانو کلات منگنز (Kg/ha 3/2165) بود (جدول ۴). نتایج جدول همبستگی نشان دهنده ی همبستگی بالای این صفت با سایر صفات مورفولوژیک خصوصاً سطح برگ و شاخص سطح برگ (**=0.70) و تعداد غلاف (**=0.90) و منفی و معنی دار با صفت شاخص برداشت (**=0.49-) است (جدول ۵). بعضی از محققان بین عملکرد دانه و تولید ماده خشک در شرایط تنش همبستگی بالایی گزارش کرده اند. افزایش کمتر عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش در مرحله رشد زایشی نسبت به تنش در مرحله رویشی با محلول پاشی نانو کلات آهن و منگنز می تواند به این دلیل باشد که وقتی تنش در مرحله زایشی اعمال می شود علاوه بر اینکه سطح برگ کاهش می یابد و به دنبال کاهش سطح برگ فتوسنتز کم می گردد، انتقال این عناصر نیز در گیاه به علت کاهش پتانسیل رطوبت برگ به خوبی صورت

نقش اساسی آهن و نقش غیر مستقیم منگنز در تشکیل و ساخت کلروفیل محققان گزارش دادند که طی تنش خشکی محتوی کلروفیل گیاه کاهش می یابد، بنابراین جلوگیری از کاهش غلظت کلروفیل از طریق محلول پاشی

آهن و منگنز، به ثبات فتوسنتز در شرایط تنش خشکی کمک می کند (Alipour & Zahedi, 2017; Gregersen et al., 2007; Saxena & Singh, 2005; Marschner, 2011). با مشاهده اثرات ناشی از محلول پاشی نانو کلات آهن و

جدول ۵- ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد بررسی در شرایط آزمایش (n=30)
Table 5. Simple correlation coefficients between the traits at the experiment

| صفات Treat | ارتفاع بوته Plant height | تعداد شاخه فرعی Number of branches | تعداد غلاف Number of pod | غلظت برگ Leaf area per plant | شاخص سطح برگ Leaf area index | شاخص سطح برگ Leaf area index | عملکرد دانه Grain yield | عملکرد بیولوژیک Biological yield | شاخص برداشت Harvest t index | فلورسانس حداکثر F _m | فلورسانس اولیه F ₀ | فلورسانس متغیر F _v |
|---|-----------------------------|---|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|---|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| تعداد شاخه فرعی Number of branches | 0.66** | | | | | | | | | | | |
| تعداد غلاف Number of pod | 0.45* | 0.37* | | | | | | | | | | |
| غلظت برگ Leaf area per plant | 0.67** | 0.77** | 0.54** | | | | | | | | | |
| شاخص سطح برگ Leaf area index | 0.67** | 0.77** | 0.54** | 0.99** | | | | | | | | |
| عملکرد دانه Grain yield | 0.27 ^{ns} | 0.34 ^{ns} | 0.65** | 0.42* | 0.42* | | | | | | | |
| عملکرد بیولوژیک Biological yield | 0.72** | 0.60** | 0.90** | 0.70** | 0.70** | 0.60** | | | | | | |
| شاخص برداشت Harvest index | -0.54* | -0.35 ^{ns} | -0.39* | -0.42* | -0.42* | 0.26 ^{ns} | -0.49** | | | | | |
| فلورسانس حداکثر F _m | -0.04 ^{ns} | -0.05 ^{ns} | 0.16 ^{ns} | 0.12 ^{ns} | 0.12 ^{ns} | 0.086 ^{ns} | 0.11 ^{ns} | 0.07 ^{ns} | | | | |
| فلورسانس اولیه F ₀ | -0.23 ^{ns} | -0.21 ^{ns} | 0.13 ^{ns} | 0.01 ^{ns} | 0.01 ^{ns} | 0.21 ^{ns} | 0.04 ^{ns} | 0.32 ^{ns} | | | | |
| فلورسانس متغیر F _v | 0.13 ^{ns} | 0.120 ^{ns} | 0.060 ^{ns} | 0.11 ^{ns} | 0.11 ^{ns} | -0.08 ^{ns} | 0.08 ^{ns} | 0.18 ^{ns} | | | | |
| عملکرد کواتریمی فتوسنتز F _v /F _m | 0.11 ^{ns} | 0.17 ^{ns} | 0.029 ^{ns} | 0.04 ^{ns} | 0.04 ^{ns} | -0.02 ^{ns} | 0.01 ^{ns} | 0.15 ^{ns} | | | | |

^{ns}, * and ** non-significant, and significant at the 5 and 1% levels of probability, respectively. ^{ns}, * and ** non-significant, and significant at the 5 and 1% levels of probability, respectively.

درخشنده گی بیشینه (Fm) اجزای تعیین کننده عملکرد کوانتومی نظام نوری (Fv/Fm) بوده به گونه ای که افزایش درخشنده گی اولیه و کاهش درخشنده گی بیشینه مختل شدن فعالیت نظام نوری II و در نهایت کاهش کارآیی فتوشیمیایی نظام نوری II را موجب می شود (Paknejad *et al.*, 2007). هر عاملی که تأثیر نامطلوب بر رشد گیاه بگذارد، می تواند از طریق اختلال در نقل و انتقال الکترون و آسیب به مراکز واکنش نظام نوری II موجب کاهش عملکرد کوانتومی نظام نوری شده و در پی آن با کاهش میزان تولید ATP و NADPH در واکنش های روشنایی نور ساخت عملکرد گیاه را کاهش دهد (Bilger *at al.*, 1995). همانطور که در جدول (۴) مشاهده می شود، بیشترین مقدار فلورسانس بیشینه (Fm) مربوط به تیمارهای تلفیقی اعمال تنش کم آبی در مرحله رشد رویشی و محلول پاشی توام یک در هزار نانو کلات آهن و سه در هزار نانو کلات منگنز (۴۵۰)، اعمال تنش کم آبی در مرحله رشد زایشی و محلول پاشی سه در هزار نانو کلات منگنز (۴۴۷) و کمترین مقدار این صفت مربوط به تیمارهای تلفیقی عدم اعمال تنش و محلول پاشی یک و نیم در هزار نانو کلات منگنز (۲۳۳)، اعمال تنش در مرحله رشد زایشی و عدم اعمال محلول پاشی و محلول پاشی آب خالص (۲۳۷) است.

در مورد صفت فلورسانس اولیه (F0) نیز نتایج نشان داد که بیشترین مقدار این صفت در تیمار تلفیقی عدم اعمال تنش و محلول پاشی توام یک در هزار نانو کلات آهن و سه در هزار نانو کلات منگنز (۳۵۰) و کمترین مقدار آن در

منگنز چنین نتیجه گیری می گردد که گیاهان در اثر محلول پاشی آهن و منگنز به علت آن که محتوی کلروفیل خود را حفظ نموده اند، لذا سرعت فتوسنتزی آن ها در حد بهینه ای حفظ شده است و بنابراین افزایش صفات عملکردی را در این گیاهان به همراه داشته است (Bishop & Bugbee, 1998). در رابطه تأثیر عناصر کم مصرف و کودهای نانو کلات بر شاخص های رشد تحقیقات کمی صورت گرفته است. اما قدر مسلم این کود ها به طور غیر مستقیم تأثیر مطلوبی بر روند رشد گیاه و کیفیت و کمیت گیاهان زراعی می گذارند، بطوری که نتایج یک پژوهش که روی ذرت علوفه ای در استان مرکزی انجام شده بود نشان داد که کود های عناصر کم مصرف بیشتر در فعالیت های متابولیکی تأثیر گذار بوده و به طور غیر مستقیم با افزایش سرعت رشد گیاه، سطح جذب، دوام برگ و فتوسنتز، باعث افزایش وزن خشک گیاه و شاخص برداشت محصول شده و روی سایر شاخص های فیزیولوژیک رشد تأثیر کمی داشته است (Sajedi & Ardakani, 2008).

نتایج حاصل از جدول (۴) نشان داد که در شرایط عدم اعمال محلول پاشی، تنش در هر دو مرحله رشد رویشی و زایشی موجب کاهش فلورسانس بیشینه (Fm)، فلورسانس متغیر (Fv) و عملکرد کوانتومی نظام نوری II (Fv/Fm) شد. کاهش عملکرد کوانتومی نظام نوری II می تواند به دلیل تلفات انرژی ناشی از کاهش سرعت انتقال الکترون و یا آسیب نوری به مراکز واکنش نظام نوری II باشد (Baker & Roznobet, 2004). درخشنده گی اولیه (F0) و

تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف، شاخص سطح برگ و در نهایت عملکرد بیولوژیک می گردد، اما با این وجود محلول پاشی عناصر نانو کلات آهن و منگنز توانست موجب بهبود این صفات در این شرایط گردد. وجود همبستگی مثبت و معنی دار بین عملکرد و برخی صفات مورد مطالعه حاکی از آن بود که محلول پاشی عناصر نانو کلات اگر در زمان مناسب و به مقدار بهینه باشد، در مقاومت به کم آبی گیاه اثر مثبت خواهد گذاشت. براساس نتایج به دست آمده تنش کم آبی فلورسانس بیشینه (Fm)، فلورسانس متغیر (Fv) و عملکرد کوانتومی نظام نوری (Fv/Fm) II را به طور معنی داری کاهش داد. به طور کلی محلول پاشی نانو کلات آهن و منگنز نسبت به تیمار بدون محلول پاشی توانست تا حدود زیادی خسارت ناشی از تنش کم آبی در گیاه ماش را جبران کند. لذا با توجه به درک این مساله که ساز و کارهای جذب و انتقال عناصر غذایی در گیاهان، تابعی از میزان رطوبت در خاک و ریشه است و در صورت کاهش رطوبت، شدت و میزان جذب عناصر غذایی دستخوش تغییر و تحول می گردد به نظر می رسد که کاربرد این عناصر نانو کلات به شکل تغذیه برگی در مناطقی که با شرایط کم آبی مواجه اند می تواند راهکار مناسبی جهت حصول عملکرد و بهبود صفات مرتبط با آن تلقی گردد.

تیمار تلفیقی عدم اعمال تنش و محلول پاشی آب خالص (۱۱۷) بود (جدول ۳). همچنین بیشترین میزان فلورسانس متغیر (Fv) و عملکرد کوانتومی نظام نوری (Fv/Fm) II هم در تیمارهای تلفیقی عدم اعمال تنش و عدم محلول پاشی (به ترتیب ۲۵۰ و ۱/۰۵۳) و کمترین مقدار آن ها در تیمار تلفیقی اعمال تنش در مرحله رشد زایشی و عدم محلول پاشی (به ترتیب ۰/۰۱۱ و ۰/۰۲۷) بود (جدول ۴). هرچند پراکندگی مطالعات در مورد اثر عناصر آهن و منگنز بر شاخص های فلورسانس کلروفیل موجب شده تا نتایج جامعی در این زمینه وجود نداشته باشد اما با این وجود برخی محققین معتقدند که کاربرد عنصر آهن موجب افزایش و عنصر منگنز موجب کاهش میزان عملکرد کوانتومی نظام نوری (Fv/Fm) II می شود (Babaeian et al., 2010). نتایج حاصل از جدول همبستگی نیز نشان دهنده ی همبستگی مثبت و بالای صفت عملکرد کوانتومی نظام نوری (Fv/Fm) II با صفات فلورسانس متغیر (**90r = Fv) و فلورسانس بیشینه (Fm) (*44r =) و منفی و معنادار با صفت فلورسانس اولیه (**57r = F0) می باشد (جدول ۵).

نتیجه گیری کلی

تنش کم آبی افزون بر تأثیر منفی بر عملکرد باعث بروز یا تشدید دیگر تنش ها به ویژه تنش کمبود عناصر غذایی در گیاه می شود. نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که تنش کمبود آب در مرحله ی رشد رویشی و زایشی باعث اختلال در روند تجمع مواد غذایی شده که افزون بر هدررفت کود، باعث کاهش عملکرد دانه و صفات مرتبط با آن همچون ارتفاع بوته،

References

- Alipour, A., and Zahedi, H. 2017. Effect of foliar application of nano-chelated iron and manganese fertilizers on yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.) under drought stress. *Applied Research in Field Crops*. 31(1), 39-51. (In Persian with English Summary).
- Babaeian, M., Heidari, M., and Ghanbari, A. 2010. Effect of water stress and foliar micronutrient application on physiological characteristics and nutrient uptake in sunflower (*Helianthus annus* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*. 12(4), 377-391. (In Persian with English Summary).
- Bacon, M. 2004. Water use efficiency in plant biology. P. 1-24. In Water use efficiency in plant biology, (Ed Bacon M), Black well Publishing. 344 pages.
- Baghaie, N., Keshavarz, N., and Nazaran, M.H. 2011. Effect of nano iron chelate fertilizer on yield and yield components of rice (Shiroudi cultivar). (abstract). October 24, 2011. The first conference of the new issues in agriculture. p. 1. (In Persian).
- Baker, N.R., and Rosenqvist, E. 2004. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. *Journal of Experimental Botany*. 55, 1607-1621.
- Bilger, W., Schreiber, U., and Bock, M. 1995. Determination of the quantum efficiency of photosystemII and of non-photochemical quenching of chlorophyll fluorescence in the field. *Oecologia*. 102(4), 425-432.
- Bishop, D.L., and Bugbee, B.G. 1998. Photosynthetic capacity and dry mass partitioning in dwarf and semi- dwarf wheats. *Journal of Plant Physiology*. 153, 558-565.
- Cakmak, I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic bio fortification. *Plant and Soil*. 302, 1-17.
- Chaves, M.M., Pereira, J.S., Maroco, J.P., Rodrigues, M.L., Picardo, C.P.P., Osorio, M.L., Carvalho, I., Faria, T., and Pinheiro, C. 2002. How plants cope with water stress in the field. photosynthesis and growth. *Annals of botany*. 89, 907-916.
- DeRosa, M.C., Monreal, C., Schnitzer, M., Walsh, R., and Sultan, Y. 2010.

- Nanotechnology in fertilizers. *Nature Nanotechnology*. 5, 91.
- El-Magid, A.A.A., Knany, R.E., and El-Fotoh, H.G.A. 2000. Effect of foliar application of some micronutrients on wheat yield and quality. *Annals of Agricultural Science Cairo*. 1, 301-313.
- Ezzat, M., Abd El Lateef, M.M., Tawfik, M., Hozyin, B.A., Bakry, T.A., Elewa, A.A., Farrag, A., and Amany, A. Bahr. 2012. Soil and foliar fertilization of mungbean (*Vigna radlata* (L) wilczek) under Egyptian conditions. *Elixir Agriculture*. 47, 8622-8628.
- Fageria, N.K., Baligar, V.C., and Clark, R.B. 2002. Micronutrients in crop production. *Advances in Agronomy*. 77:185-268.
- Farhoudi, R., and Hamze, M. 2018. Effect of tank mixing herbicides on Mung Bean (*Vigna radiate*) grain yield and weed control at North Khuzestan climatic condition. *Iranian Journal of Pulses Research*. 9(2), 151-165. (In Persian with English Summary).
- Gregersen, P.L., and Holm, P.B. 2007. Transcriptome analysis of senescence in the flag leaf of wheat. *Plant Biotechnology Journal*. 5, 192-206.
- Hocking, P.J., and Mason, L. 1993. Accumulation, distribution and redistribution of dry matter and mineral nutrients in fruits of canola (oilseed rape). *Australian Journal of Agricultural Science*. 44, 1377-88.
- Mahmoudi, H., Ksouri, R., and Lachaal, M. 2005. Differences in responses to iron deficiency between two legumes lentil (*Lens culinaris*) and chickpea (*Cicer arietinum*). *Journal of Plant physiology*. 162, 1237- 1254. (In Persian with English Summary).
- Majnoun-Hoseini, N. 2008. Grain Legume Production. Tehran Jahad-daneshgahi pub. 283 pp. (In Persian).
- Malakouti, M.J., Malakouti, A., Majid, A.I., Bybordi, A., Salari, A., and Fallahi, A. 2009. Comparison between wheat enrichment in the farm with flour fortification in the factory in promoting society's health level. *Journal of Food Science & Technology*. 6, 117-130 (In Persian with English Summary).
- Maleki Farahani, S., Khalesi, A., and Sharghi, Y. 2015. Effect of nano iron chelate fertilizer on iron absorption and saffron (*Crocus sativus* L.) quantitative and

- qualitative characteristics. *Asian Journal of Biological Sciences*. 8, 72-82.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press. 889 pp.
- Marschner, H. 2011. Marschner's mineral nutrition of higher plants. Academic press. ۶۲۹ pp.
- Martin, D.L., Stegman, E.C., and Fereres, E., 1990. Irrigation scheduling principles. IN: Management of farm irrigation systems. *American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI. 1990. p 155-203, 19 fig, 9 tab, 81 ref.*
- Modares Sanavey, S.A.M., Panahi, M., Khatamian Oskoei, O., and Ghanati, F. 2014. Laboratory methods and modern techniques in crop sciences. Academic Jihad Publications Limited, Zanjan. (In Persian).
- Mohammadi, M., Karimizadeh, R., and Naghavi, M.R. 2009. Selection of bread wheat genotypes against heat and drought tolerance based on chlorophyll content and stem reserves. *Journal of Agriculture and Social Science*. 5(5), 119-122.
- Muchow, R.C., and Charles-Edwards, D.A. 1982. An analysis of the growth of mung beans at a range of plant densities in tropical Australia. I. Dry matter production. *Crop and Pasture Science*. 33(1), 41-51.
- Munne-Bosh, S., Jubany-Mari, T., and Alegre, L. 2001. Drought-induced senescence is characterized by a loss of antioxidant defenses in chloroplasts. *Plant, Cell and Environment*. 24(12), 1319-1327.
- Omidi, H., Movahadi, F., and Movahadi, S.H. 2012. The effect of salicylic acid and scarification on germination characteristics and proline, protein and soluble carbohydrate content of *Prosopis farcta* L.) seedling under salt stress. *Iranian Journal of Range and Desert Research*. 18, 608-623. (In Persian with English Summary).
- Pahlavan Rad, M.R., Keykha, G., and Naroui Rad, M.R. 2008. Effects of application of Zn, Fe and Mn on yield, yield component, nutrient concentration and uptake in wheat grain. *Pajouhesh and Sazandegi*. 79, 142-150. (In Persian).
- Paknejad, F., Nasri, M., Moghadam, H.T., Zahedi, H., and Alahmadi, M.J. 2007. Effects of drought stress on chlorophyll fluorescence parameters, chlorophyll content and grain yield of wheat cultivars. *International Journal of Biological*

- Sciences*. 7(6), 841-847.
- Parandeh, H., Payvandi, M., Mirza, M. 2011. The comparison between the effect of nano iron chelated fertilizer and iron chelated fertilizer on the protein amounts of *ocimum basilicum*. (abstract). October 24, 2011. The first conference of the new issues in agriculture. p. 1. (In Persian).
- Peyvandi, M., Kamali Jamakani, Z., Mirza, M. 2012. The effect of nano iron chelate and iron chelate on the growth and activity of some antioxidant. *New Cellular and Molecular Biotechnology Journal*. 2(5), 24-32. (In Persian with English Summary).
- Rood, S.B., Major, D.J., and Charnetski, W.A. 1984. Seasonal changes in $^{14}\text{CO}_2$ assimilation and ^{14}C translocation in oilseed rape. *Field Crops Research*. 8, 341-348.
- Sajedi, N., Ardakani, M.R. 2008. Effect of different levels of nitrogen, iron and zinc on physiological indices and forage yield of maize (*Zea mays* L.) in Markazi province. *Journal of Iranian Field Crop Research*. 6, 99-110. (In Persian with English Summary).
- SAS Institute. (1985). *SAS user's guide: statistics* (Vol. 2). Sas Inst.
- Saxena, R.R., and Singh, P.K. 2005. Multivariate analysis in mungbean. *Indian Journal of Pulses Research*. 18(1), 26-29
- Tabatabaei, S.A., Aghaei Meybodi, M., Abadikhah Dehali, D. 2011. Study of different concentrations of iron and Kalat, the spraying of new varieties of wheat yield and yield components in Yazd. *New Cellular and Molecular Biotechnology Journal*. 5, 1-5. (In Persian with English Summary).
- Taiz, L., and Zeiger, E. 2002. *Plant Physiology*, 3rd. edition. Sinauer Associates, Inc., Publishers. Sunderland, Massachusetts. USA. Pp. 430.
- Uddin, S., and Parvin, S. 2013. Yield performance of mungbean (*Vigna radiata* L.) as influenced by irrigation. *International Journal of Agronomy and Plant Production*. 4(1), 3659-3667.
- Vanclooster, M., Gonzalez, C., Vanderborgh, J., Mallants, D., and Diels, J. 1994. An indirect calibration procedure for using TDR in solute transport studies. *Soil Science Society of American Journal*. 3, 107-127.

Zarea Zargaz, J., and Hamze, M. 2013. The study of phenological traits, yield and yield components of three Mungbean (*Vigna radiate* (L.) Wilczek) cultivars to deficit irrigation in Sistan region. *Iranian Journal of Pulses Research*. 4(2), 51-64. (In Persian with English Summary).

Zhang, J., and Yang, J. 2004. Crop yield and water use efficiency: a case study in rice. *Water use efficiency in plant biology*. 189-227.

The effect of Nano Fe and Mn chelated foliar application on mung bean yield and some of the quantitative characteristics under water deficit stress condition

Yazdan Izadi^{1*}, Seyed Ali Mohammad Modares Sanavey², Zeinolabedin Tahmasebi Sarvestani³

1. Ph. D. Studen, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. (Corresponding author)
2. Professor, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University of Tehran, Tehran, Iran.
3. Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares, Iran.

Received: July 2018 Accepted: October 2020 - DOI: 10.22092/aj.2021.122218.1306

Extended Abstract

Izadi, y., Modares Sanavey, S. A. M., Tahmasebi Sarvestani, Z. The effect of Nano Fe and Mn chelated foliar application on mung bean yield and some of the quantitative characteristics under water deficit stress condition

Applied Research in Field Crops Vol 33, No. 4, 2021 04-06: 19-39 (in Persian)

Introduction

Mungbean (*Vigna Radiata* L. Wilczek) is considered as one of the important tropical and semi-tropical pulses. This plant is important in terms of nutritional value, hay supply, green fertilizer and improvement of soil fertility (Al-Shaheen *et al.*, 2016). According to the previous studies, water deficit causes morphological, physiological and biochemical changes within the plants, thereby negatively affecting their growth and yield. Various studies also suggest that water stress restricts nutrients absorbed by the plant as the absorption of nutritional elements and the water available for the plant roots are closely dependent on each other (Aghdasi *et al.*, 2018). Therefore, spraying liquid fertilizer can be offered as an appropriate method of feeding the plant in this condition (Alipour & Zahedi, 2017). In this regard, the choice of the landraces and suitable cultivars and nutrition and irrigation management can play an important role in increasing quantity and quality of pulses and reduce negative effects of various environmental stresses. The present research aimed to study the effect of water deficit stress on some quantitative and
Email address of the corresponding author: nike70@gmail.com

qualitative traits of mungbean Parto variety under the foliar application and non-application of nano iron and manganese chelates.

Materials and Methods

In order to determine the effect of water deficit stress and nano Fe and Mn chelates foliar application on yield of mungbean cultivar Parto in 2013-14, an experiment was carried out in the agricultural research farm station of Tarbiat Modares university, Tehran as a split plot in a completely randomized block design with three replications. The experimental treatments in the main plots were three levels of irrigation regime [no cessation of irrigation (S1), cessation of irrigation at reproductive stage whenever 70 % of the field capacity (FC) was depleted (S2), cessation of irrigation at vegetative stage whenever 70 % of FC was depleted (S3)]; and in the subplots were 10 levels of foliar application [no foliar application of the nano fertilizers as control (F1), foliar application of pure water (F2) including 1/1000 chelated nano iron (F3), 3/1000 chelated nano iron (F4), 1.5/1000 chelated nano manganese (F5), 3/1000 chelated nano manganese (F6), 1/1000 nano chelated iron+ 1.5/1000 nano chelated manganese (F7), 1/1000 nano chelated iron + 3/1000 nano chelated manganese (F8), 1.5/1000 nano chelated manganese + 3/1000 nano chelated iron (F9), 3/1000 nano chelated iron+ 3/1000 nano chelated manganese (F10)] at withholding irrigation periods.

Results

The results showed that the water deficit stress and the foliar application of iron and manganese nano-chelates significantly affected the most of the plant traits at 1% probability level. Among water deficit stress levels, the termination of irrigation at the reproductive stage resulted in the lowest yield and yield components, whereas the highest values for yield performance were obtained from control (optimum irrigation). The results showed that the highest values for the plant yield and yield components were achieved with different levels of foliar spraying of iron and manganese nano-chelates at the vegetative and reproductive stages, especially at the vegetative growth stage, while control (no spray) decreased the yield and yield components in the plant. Also, the interaction between the two main treatments were significant for the most of the traits at 1% probability level. The results showed

that the quantum yield of PSII in mungbean grown under water-deficit conditions significantly declined in comparison to the control group at the reproductive (60.2) and vegetative (97.4) stages, due to increased F0 and decreased Fm and Fv.

Conclusion

The means comparison for the interactive effects of foliar spraying and water deficit stress suggested that the greatest grain yield was related to the treatment of optimum irrigation and simultaneous spraying of 1/1000 nano chelated iron and 3/1000 nano chelated manganese (1765/3 Kg/ha) and the lowest yield was associated with the treatment of the water stress at the reproductive stage and no spraying (376/0 Kg/ha). There was found to be a high correlation between biological yield and other morphological traits, especially dry weight of the leaf ($r=0/90^{**}$). Thus, it is suggested that these elements can be utilized as a factor for decreasing stress and also increasing productivity in the plants.

Keywords: Cultivar Parto, Harvest index, Micronutrients, Pulses, Water deficit stress

References

- Alipour, A., and Zahedi, H. 2017. Effect of foliar application of nano-chelated iron and manganese fertilizers on yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.) under drought stress. *Applied Research in Field Crops*. 31(1), 39-51. (In Persian with English Summary).
- Al-Shaheen, M.R., Soh, A., and Ismaaiel, O.H. 2016. Effect of Irrigation timing and Potassium fertilizing on some growth characteristics and production for Mungbean (*Vigna radiata* L.). *International Journal of Scientific and Research Publication*. 6(3), 525-528.
- Aghdasi, S., Sanavy, S.A.M., Aghaalikhani, M., and Keshavarz, H. 2018. Effect of foliar application of iron and manganese on yield and yield Components of mungbean under water deficit stress. *Water and Soil Science*. 28(3), 13-25. (In Persian with English Summary).