اثر تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی آهن و منگنز بر برخی صفات فیزیولوژیک و عملکرد کمی و کیفی علوفه ماش سبز (*Vigna radiata* L.) تحت تنش کم آبی

سجاد اقدسی، سید علی محمد مدرس ثانوی*، مجید آقاعلیخانی و حامد کشاورز

گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰٤/۳۱، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۵/۱۲/۲٤)

چکیده:

از آثار سوء تنش رطوبتی کاهش آب قابل استفاده و ناهنجاری‌های تغذیه‌ای در گیاهان می‌باشد. لذا به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی عناصر آهن و منگنز بر برخی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ماش سبز (رقم پرتو) تحت شرایط تنش کم‌آبی این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس اجرا شد. تیمار رژیم آبیاری در سه سطح شامل بدون قطع آبیاری (شاهد)، یک نوبت قطع آبیاری در مرحله رویشی و یک نوبت قطع آبیاری در مرحله زایشی به عنوان عامل اصلی و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی شامل شاهد (بدون محلول‌پاشی)، محلول‌پاشی آب خالص، محلول-پاشی سولفات آهن ۱ درصد، محلول‌پاشی سولفات آهن ۱/۵ درصد، محلول‌پاشی سولفات منگنز ۰/۵ درصد، محلول‌پاشی سولفات منگنز ۱ درصد، محلول‌پاشی توأم سولفات آهن ۱ درصد + سولفات منگنز ۰/۵ درصد و محلول‌پاشی توأم سولفات آهن ۱/۵ درصد + سولفات منگنز ۱ درصد به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد محلول‌پاشی آهن و منگنز توانست از اثرات مخرب تنش خشکی جلوگری کند و باعث بهبود صفات مورد مطالعه گردید و در این بین اثر تیمارهای توأم آهن و منگنز بیشتر از سایر تیمارهای محلول‌پاشی بود. محلول‌پاشی توأم آهن و منگنز به‌طور معنی‌داری محتوای آهن و منگنز دانه را افزایش داد. محلول‌پاشی توأم آهن ۱/۵٪ + منگنز ۱٪ میزان پرولین را در شرایط تنش رویشی و زایشی به ترتیب ٦۲ و ٦٤ درصد کاهش و میزان کلروفیل کل را در تنش رویشی و زایشی به ترتیب ٤۳/۵ و ٤۵/۸ درصد افزایش داد.

کلمات کلیدی: پرولین، تنش کم‌آبی، صفات مورفولوژیک، ماش سبز، محلول‌پاشی

مقدمه

تنش کمبود آب که به‌عنوان تنش خشکی نیز شناخته می‌شود از جمله تنش‌های غیرزنده است که منجر به حذف آب از غشا سلولی، از هم گسیختگی ساختار دو لایه‌ای غشا و نیز باعث متخلخل شدن غیرعادی غشا می‌شود (Hajiboland and Amirazad, 2010). تحت تنش‌خشکی جذب مواد غذایی از طریق ریشه، به‌دلیل کاهش حجم آب خاک و همچنین کاهش توزیع مواد غذایی در بافت خاک کاهش می‌یابد. علاوه بر این انتقال مواد غذایی از ریشه‌ها به بخش هوایی نیز کم می‌شود؛ بنابراین کمبود مواد غذایی یکی از مهمترین عوامل محدود کننده رشد تحت تنش‌خشکی است (Hajiboland and Amirazad, 2010).

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: Modaresa@modares.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.26.7.6]

واکنش گیاه به تنش خشکی به ماهیت کمبود آب وابسته است و می‌تواند به صورت پاسخ‌های فیزیولوژیک کوتاه مدت (تغییرات محتوای آب نسبی برگ و غلظت کلروفیل) و یا بلند مدت باشد (Liu *et al.*, 2004). پرولین به عنوان یک اسمولیت سازگار کننده، نقش مهمی در تنظیم اسمزی درون سلولی، پایدار کردن ساختار پروتئین‌ها و غشای سلولی، جاروب کردن گونه های اکسیژن رادیکال (ROS)، تنظیم pH سلولی و واکنش‌های اکسیداسیون و احیا، ایفا می‌کند (Keshavarz *et al.*, 2016). در مطالعات تحقیقات گذشته اعمال تنش خشکی در مرحله بعد از گرده افشانی باعث افزایش معنی‌داری در میزان پرولین شد (Bajji *et al.*, 2001).

میزان کلروفیل در گیاهان زنده یکی از فاکتورهای مهم حفظ ظرفیت فتوسنتزی است (Jiang and Huang, 2001). کاهش در کلروفیل در شرایط تنش خشکی به دلیل آسیب به کلروپلاست توسط گونه‌های اکسیژن فعال رخ می‌دهد. به نظر می‌رسد که در شرایط تنش ملایم کاهش میزان فتوسنتز گیاه در درجه اول ناشی از بسته شدن روزنه‌ها باشد، اما در شرایط محدودیت آبی اثر روزنه‌ای ممکن است با افزایش مقاومت مزوفیلی تأثیر منفی که تنش بر غشای تیلاکوئید می‌گذارد، تشدید شود (Hajiboland and Amirazad, 2010). گزارش سایر محققین نیز حاکی از کاهش میزان کلروفیل a در برگ نخود بر اثر تنش خشکی می‌باشد، ایشان علت کاهش کلروفیل a در برگ نخود بر اثر تنش خشکی را صدمه گونه‌های اکسیژن فعال به کلروپلاست بیان کردند (Jiang and Huang, 2001). همچنین در گیاه سویا تنش آبی سبب کاهش معنی‌دار کلروفیل b گردید (Liu *et al.*, 2004).

رشد مطلوب گیاه و حصول حداکثر کیفیت محصول نیازمند وجود مقدار کافی و متعادلی از عناصر پرمصرف و کم مصرف در خاک است. در صورتی که عنصر یا عناصرغذایی در خاک وجود نداشته باشد، باید به‌صورت کود به خاک اضافه شود. در مواردی عنصر مورد نظر به مقدار زیادی در خاک یافت می‌شود، اما به فرم غیرقابل استفاده بوده و یا جذب آن به دلیل وجود مقدار زیادی از یک عنصر به خوبی انجام نمی شود. در این موارد ممکن است از طریق تغییر در وضعیت شیمیایی خاک و یا محلول‌پاشی به رفع مشکل پرداخت (Kohnaward *et al.*, 2012). در این باره برخی محققین اظهار داشتند که در مناطق خشک و نیمه‌خشکی همچون ایران، محلول‌پاشی عناصر غذایی مطلوب‌تر از کاربرد خاک‌مصرف این کودها است، زیرا تحت این شرایط جذب مواد غذایی کاهش می‌یابد (Kohnaward *et al.*, 2012).

نتایج آزمایشی نشان داد که محلول‌پاشی برگی با آهن یا منگنز و همچنین محلول‌پاشی توأم آن‌ها، شاخص برداشت را در گندم افزایش داد (Mahmed *et al.*, 2010). در آزمایشی نیز گزارش شده که در شرایط تنش خشکی کاربرد منگنز موجب تولید پرولین در گیاه شده و مقاومت گیاه به تنش خشکی را افزایش داده و موجب افزایش وزن هزار دانه گندم می‌شود (Bajji *et al.*, 2001) همچنین برخی محققین گزارش نمود که تحت کمبود عناصر ریزمغذی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان کاهش یافته و لذا حساسیت گیاه به تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد (Cakmak *et al.*, 2010). با توجه به قرار گرفتن کشور ایران در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان و وقوع دوره‌های کم‌آبی در فصل رشد ماش سبز و اهمیت عناصر ریزمغذی در ایجاد تحمل به خشکی در گیاهان، هدف از این آزمایش بررسی اثرات محلول‌پاشی عناصر آهن و منگنز به صورت منفرد و ترکیبی بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک و عملکرد دانه ماش سبز در شرایط کمبود رطوبت می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در سال زراعی ۹۴-۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران واقع در کیلومتر ۱۷ اتوبان تهران- کرج انجام پذیرفت. منطقه مورد تحقیق در طول جغرافیایی ۵۱ درجه ۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه شمالی قرار گرفته است. ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۲۱۵ متر، رژیم آب وهوایی نیمه خشک و میانگین بارندگی سالانه، ۲۷۳ میلی‌متر می‌باشد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.26.7.6]

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

عمق (cm)	بافت خاک	اسیدیته	کربن آلی (%)	هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$)	نیتروژن کل (%)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	آهن (ppm)	منگنز (ppm)	وزن مخصوص ظاهری ($g\ cm^{-3}$)
۳۰-۰	لوم شنی	۷/۴۱	۱/۳۴	۰/۵۱	۰/۱۳۴	۴۸	۳۴۱	۴/۶۷	۶/۹	۱/۲

بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقات دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس انجام گرفت.

کرت‌های اصلی شامل اعمال رژیم آبیاری در سه سطح: [بدون قطع آبیاری (شاهد)، یک نوبت قطع آبیاری در مرحله رویشی (رشد اولیه)، یک نوبت قطع آبیاری در مرحله زایشی (گلدهی) و کرت‌های فرعی شامل هشت سطح محلول‌پاشی به‌صورت: [شاهد (بدون محلول‌پاشی)، محلول‌پاشی آب خالص، محلول‌پاشی سولفات آهن ۱ درصد، محلول‌پاشی سولفات آهن ۱/۵ درصد، محلول‌پاشی سولفات منگنز ۰/۵ درصد، محلول‌پاشی سولفات منگنز ۱ درصد، محلول‌پاشی توأم سولفات آهن ۱ درصد + سولفات منگنز ۰/۵ درصد و محلول پاشی توأم سولفات آهن ۱/۵ درصد + سولفات منگنز ۱ درصد]طی مراحل قطع آبیاری در نظر گرفته شد. همچنین عنصر آهن از منبع سولفات آهن هفت آبه با فرمول شیمیایی $FeSO_4.7H_2O$ و عنصر منگنز از منبع سولفات منگنز چهار آبه با فرمول شیمیایی $MnSO_4.4H_2O$ که از شرکت مرک آلمان تهیه شد.

شخم زمین بعد از آبیاری و گاورو شدن بوسیله گاوآهن برگردان‌دار، دیسک و ماله در ابتدای اردیبهشت سال ۱۳۹۳ انجام پذیرفت. قبل‌از کاشت میزان مورد نیاز کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم مطابق آزمون خاک (جدول ۱) مصرف شد. با توجه به آزمایش خاک و غنی بودن خاک مزرعه از فسفر و پتاسیم، نیازی به کودپاشی زمین در زمان تهیه بستر نبود لازم به ذکر است که حد بحرانی فسفر و پتاسیم در خاک‌های زراعی و باغی به ترتیب ۱۰- ۷ و ۳۰۰- ۲۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم می باشد (ملکوتی، ۱۳۷۸). کود نیتروژنه به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار به فرم اوره (استارتر) هنگام کاشت، قبل از آبیاری داده شد. هر واحد آزمایشی دارای پنج ردیف کاشت به فاصله ۶۰ سانتی‌متر از یکدیگر و به طول سه متر و فاصله بین بوته‌ها در روی ردیف کاشت ۱۰ سانتی‌متر بود. در مجموع مساحت هر کرت نه متر مربع در نظر گرفته شد و تراکم بوته ۱۶۰۰۰۰ هزار بوته در هکتار بود.

پس از آماده‌سازی زمین و مشخص شدن خطوط کاشت، بذور به‌صورت کپه‌ای روی پشته‌ها در تاریخ ۹۳/۲/۱۸ مورد کشت قرار گرفتند. بذر ماش مورد استفاده در این آزمایش رقم پرتو بود که دارای رشد نامحدود بوده و با توجه به درصد پروتئین بالاتر، مقاومت بیشتر به آفات و همچنین دوره رشدی کمتر نسبت به سایر ارقام، این رقم از ماش انتخاب گردید.

ضدعفونی بذر قبل از کاشت با قارچ‌کش مانکوزب به نسبت یک در هزار انجام گرفت (Seifi Nadergoli *et al.*, 2011). اولین آبیاری در تاریخ ۹۳/۲/۱۹ صورت گرفت و آبیاری‌های بعدی نیز برای تمام واحدهای آزمایشی تا زمان اولین تنش در مرحله دو برگی به فاصله چهار روز به‌صورت منظم انجام گرفت. پس از اطمینان از استقرار گیاه عمل تنک کردن گیاهچه‌های مازاد در تاریخ ۹۳/۳/۶ انجام شد. همچنین عملیات وجین دستی علیه علف‌های هرز غالب مزرعه شامل تاج‌خروس، خرفه، توق و پیچک پس از عملیات تنک در سه مرحله دو برگی، قبل از گل‌دهی و غلاف‌دهی انجام گرفت.

پس از استقرار گیاهچه‌ها با استفاده از دستگاه TDR (Time Domain Reflectometry) اقدام به سنجش میزان تخلیه‌ی رطوبتی خاک در مراحل معین شده از رشد گردید که بر اساس دستگاه TDR (مدل TRIME-FM ساخت کشور آلمان) و منحنی خصوصیات رطوبتی خاک به‌دست آمد. ثبت رطوبت خاک به‌وسیله دستگاه TDR و محاسبه میزان پتانسیل آب خاک توسط منحنی رطوبتی خاک به وسیله دستگاه صفحات فشاری برای پتانسیل‌های مختلف صورت گرفت. میزان پتانسیل رطوبتی خاک با توجه به درصد رطوبت حجمی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.26.7.6]

(اعداد به‌دست آمده از TDR) در زمان تنش که با دستگاه TDR اندازه‌گیری شده بود، محاسبه شد. همزمان با اعمال تیمار تنش، تیمارهای محلول‌پاشی نیز در مراحل رشدی مورد نظر انجام گرفت و در نهایت پس از تخلیه ۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس، آبیاری مزرعه در مورد تیمارهای تنش از سر گرفته شد. محلول‌پاشی با عناصر آهن و منگنز در مراحل رویشی (رشد سریع) و زایشی (گلدهی) انجام شد.

در پایان دوره رشد وقتی بیش از ۹۰ درصد غلاف‌ها به رنگ زرد درآمده بودند، از هر کرت پنج بوته به طور تصادفی از سطح خاک برداشت و جهت تعیین عملکرد و صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک به آزمایشگاه منتقل گردید. برای اندازه‌گیری پروتئین دانه ابتدا با روش (Novozamsky *et al.*, 1974) میزان نیتروژن موجود در دانه به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (GBC- Cintra 6- Australia) اندازه‌گیری شد. سپس میزان پروتئین دانه با ضرب میزان نیتروژن در عدد ٦/٢٦ محاسبه گردید. برای تعیین عملکرد دانه بعد از حذف حاشیه، بوته‌های واقع در یک متر مربع (١٦ بوته) وسط هر کرت برداشت شدند. به‌منظور تعیین شاخص سطح برگ با حذف اثرات حاشیه یک متر مربع از هر کرت برداشت شد. ابتدا با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (مدل DELTA- T DEVICES ساخت کشور انگلستان)، میزان سطح برگ بر حسب سانتی‌متر مربع اندازه گیری و سپس با استفاده از رابطه (۱) شاخص سطح برگ اندازه‌گیری شد (سطح برگی که هر گیاه در زمین اشغال کرده بود برابر ۰٦۲۵/. سانتی‌متر مربع بدست آمد.

$$LAI = LA/Ga \quad \text{(رابطه ۱)}$$

که در این رابطه، LA سطح برگ اندازه‌گیری شده (سانتی متر مربع) و Ga سطح زمینی که نمونه‌برداری از آن انجام شده (سانتی‌متر مربع). برای سنجش غلظت کلروفیل ۰/۲ گرم نمونه‌ی برگی در استون ۸۰٪ عصاره‌گیری شد سپس عصاره حاصل از کاغذ صافی عبور داده شد و تا رسیدن به حجم ۲۵ میلی‌لیتر و استخراج کامل کلروفیل به آن استون اضافه گشت. جذب نوری کلروفیلa، b و کاروتنوئید به ترتیب در طول موج های ٦٤٥ ، ٦٦٣ و ٤٧٠ نانومتر خوانده شد و با استفاده از فرمول مربوطه غلظت کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئید بر حسب میلی‌گرم بر گرم برگ تازه به‌دست آمد. غلظت کلروفیل های a و b از روابط زیر به دست می‌آید (Arnon, 1949):

$$\text{کلروفیل a} = [12.7\,(D_{663}) - 2.69\,(D_{645})] \times [V/1000W] \quad \text{(رابطه ۲)}$$

$$\text{کلروفیل b} = [22.9\,(D_{645}) - 4.68\,(D_{663})] \times [V/1000W] \quad \text{(رابطه ۳)}$$

$$\text{کلروفیل کل} = [20.2\,(D_{645}) - 8.02\,(D_{663})] \times [V/1000W] \quad \text{(رابطه ٤)}$$

$$\text{کاروتنوئید} = [1000\,(D_{470}) - 1.8\,\text{chla} - 85.02\,\text{chlb}]/198 \quad \text{(رابطه ۵)}$$

که در این روابط (W) وزن تر برگ بر حسب گرم، (V) حجم مقدار استون بر حسب میلی‌لیتر و (D) طول موج بر حسب نانومتر می‌باشند. به منظور اندازه‌گیری میزان عناصر ریزمغذی آهن و منگنز نیز از روش هضم، سوزاندن خشک و ترکیب با اسیدکلریدریک محاسبه شد (بابائیان و هکاران، ۱۳۸٤). به‌منظور تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزار SAS و ترسیم نمودارها با نرم‌افزار Excel و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که اثر تیمارهای رژیم آبیاری و محلول‌پاشی و برهمکنش آنها بر محتوای کلروفیل a در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر کم‌آبی بر محتوای کلروفیل a نشان داد میزان کلروفیل a در تنش مرحله‌ی رویشی ۲٦/۸ درصد و در تیمار تنش مرحله‌ی زایشی ٤۳ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت (جدول ۳). میزان کلروفیل در گیاهان یکی از عوامل مهم حفظ ظرفیت فتوسنتزی به شمار می‌رود که در این آزمایش با تأخیر در آبیاری و به تبع آن بروز تنش خشکی، از میزان کلروفیل a در برگ گیاه کاسته شد. کاهش میزان کلروفیل a در اثر تنش خشکی، مربوط به افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول می‌باشد. این رادیکال‌های آزاد سبب پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه کلروفیل a می‌شوند که با کاهش میزان کلروفیل تغییرات زیادی در مقدار تولید گیاهان به‌وجود می‌آید (Sadeghipour, 2008). گزارش سایر محققین نیز حاکی از کاهش میزان کلروفیل a در برگ نخود بر اثر تنش خشکی را صدمه گونه‌های اکسیژن فعال در کلروپلاست بیان کردند (Mafakheri *et al.*, 2011).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.26.7.6]

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ماش سبز در تیمارهای مختلف رژیم آبیاری و محلول¬پاشی عناصر آهن و منگنز

		میانگین مربعات						
منابع تغییر	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کارتنوئید	پرولین	عملکرد دانه	منگنز دانه
تکرار	۲	۰/۰۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۰٤^{ns}	۰/۰۰۱٦^{ns}	۰/۰۰۱۷^{ns}	۰/۱۸^{ns}	۱٤۷/۵^{ns}	۰/۲^{ns}
رژیم‌های آبیاری	۲	۱/۰**	۰/۱۸**	۲/۰**	۲۷/۸**	۳۱۲/۲**	۱۹۵۳۵۳۳/۵**	۲۵/۱**
خطای اصلی	٤	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۱٦	۰/۰۰۰۷	۰/۰۳	۰/۲۷	۳٤۵۸/٤	۰/۵
محلول‌پاشی	۷	۰/۰۹۵**	۰/۰۲۱**	۰/۱۹**	۰/۵۵**	۳٦/٦**	۱۲۸۷٦٦/۷**	۷/۷**
رژیم آبیاری* محلول‌پاشی	۱٤	۰/۰۱**	۰/۰۰۱۹**	۰/۰۱۳**	۰/۱۲**	۸/۵**	۱٤۳۵۱/۸**	۰/٤*
خطای آزمایشی	٤۲	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۷۵	۰/۰۰۰۷	۰/۰۲۱	۰/۱٤	۲۰٤۰/۹	۰/۱۹
ضریب تغییرات (%)		۲/۵	٦/۵	۲/۵	۷	٦/۳	۵	۳/۵

ns، ** و *: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵ ٪

ادامه جدول ۲-

		میانگین مربعات						
منابع تغییر	درجه آزادی	آهن دانه	نیتروژن دانه	درصد پروتئین	عملکرد پروتئین	عملکرد علوفه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
تکرار	۲	۰/۲٤^{ns}	۰/۰۰٤^{ns}	۰/۱٤^{ns}	۳۸/۱^{ns}	۲۱۱۹٦/۲^{ns}	٤۰٤۰٤/٦^{ns}	۱/٦^{ns}
رژیم‌های آبیاری	۲	۵۹/٤**	۱/۰٦**	٤۱/۸**	۱٤۲۷۰۳/۲**	۳٤۳۹۰۷۳/۱**	۵۰٦۳۳٦۷/٤**	۵۱۳/۲**
خطای اصلی	٤	۰/٦۹	۰/۰۰۷۳	۰/۲۸	۲٦٦/۵	۱۳۸۸۷/۷	۱۹۳۱٤/٤	٤/۲
محلول‌پاشی	۷	٦۲/۸**	۰/۱۷**	۸/۰۵**	۱۰٤٤۸/۲**	٦۳۳۹۳۸/۵**	۷۳۰۹۷۰/۳**	۱٦/٤**
رژیم آبیاری* محلول‌پاشی	۱٤	۱/۲**	۰/۰۱**	۰/۳۹**	۸٦٦/۱**	۵۲۵۷۷/۲**	۸۱۵۰۱/۷**	٦/۲**
خطای آزمایشی	٤۲	۰/٤٦	۰/۰۰۳۹	۰/۱۵	۱۲۳/۱	۱۳۸٦٤/۲	۱۷۸۰۲/۳	۱/٦
ضریب تغییرات (%)		۱/٤	۱/۸	۱/۷	۵/٤	٤/٦	٤	۵

ns، ** و *: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵ ٪

محلول‌پاشی عناصر آهن و منگنز در هر دو سطح تنش خشکی در مرحله رویشی و زایشی باعث افزایش محتوای کلروفیل a گردید (جدول ۳). در بین تیمارهای محلول‌پاشی در شرایط تنش، تیمار محلول‌پاشی آهن ۱٪ در تنش زایشی، باعث افزایش ۵۷ درصدی کلروفیل a شد و در تیمار تنش رویشی، محلول‌پاشی توأم آهن ۱٪ + منگنز ۰/۵٪ و توأم آهن ۱/۵٪ + منگنز ۱٪ توانست به میزان ٤۹ درصد محتوای کلروفیل a را نسبت به عدم محلول‌پاشی در این مرحله در گیاه افزایش دهد. این در حالی بود که در شرایط آبیاری کامل (شاهد) بیشترین تأثیر مربوط به تیمار آهن ۱/۵٪ بود که میزان کلروفیل a را به میزان ٤۵ درصد افزایش داد (جدول ۳). نتایج نشان داد که عناصر آهن و منگنز در شرایط تنش خشکی بیش از شرایط تأمین رطوبت، میزان کلروفیل a را در گیاه ماش افزایش داد همچنین تأثیر عنصر آهن در غلظت‌های مختلف به‌صورت منفرد و ترکیبی با منگنز بیشتر از غلظت‌های منفرد منگنز بود. ماده مشترک برای ساخت کلروفیل و هیم (Hem)، اسید دلتا-آمینولولینیک است که میزان تشکیل آن به وسیله آهن کنترل می‌شود (Hirai *et al.*, 2007). همچنین عنصر منگنز جزء

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.26.7.6]

جدول۳- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ماش سبز در تیمارهای مختلف رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عناصر آهن و منگنز

تنش خشکی	محلول‌پاشی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کارتنوئید	پرولین
		(میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)				(میکرو مول بر گرم وزن تر برگ)
بدون تنش (شاهد)	بدون محلول پاشی	۰/۷۷^{e}	۰/۴۶^{c}	۱/۲۳^{e}	۰/۸^{i}	۲/۶^{k}
	آب خالص	۰/۷۷^{e}	۰/۴۶^{c}	۱/۲۳^{e}	۰/۸^{i}	۲/۴^{kl}
	آهن ۱٪	۰/۹۱^{c}	۰/۵۴^{b}	۱/۴۵^{c}	۱/۰^{hi}	۲/۰^{l}
	آهن ۱/۵٪	۱/۱۲^{a}	۰/۵۳^{b}	۱/۶۵^{b}	۱/۰^{h}	۲/۱^{kl}
	منگنز ۰/۵٪	۰/۸۵^{d}	۰/۵۱^{b}	۱/۳۶^{d}	۰/۹^{hi}	۲/۲^{kl}
	منگنز ۱٪	۰/۸۸^{d}	۰/۵۲^{b}	۱/۴۰^{d}	۰/۹^{hi}	۲/۴^{kl}
	آهن ۱٪ و منگنز ۰/۵٪	۱/۰۹^{b}	۰/۶۷^{a}	۱/۷۶^{a}	۰/۹^{hi}	۲/۰^{l}
	آهن ۱/۵٪ و منگنز ۱٪	۱/۱۰^{ab}	۰/۵۳^{b}	۱/۶۲^{b}	۱/۰^{h}	۱/۹^{l}
تنش خشکی در مرحله رویشی	بدون محلول پاشی	۰/۵۳^{k}	۰/۳۲^{hi}	۰/۸۵^{k}	۲/۲^{g}	۱۱/۳^{c}
	آب خالص	۰/۵۶^{jk}	۰/۳۲^{hi}	۰/۸۸^{k}	۲/۲^{g}	۹/۶^{d}
	آهن ۱٪	۰/۷۳^{f}	۰/۳۹$^{d-h}$	۱/۱۲^{h}	۲/۸^{de}	۵/۲^{hi}
	آهن ۱/۵٪	۰/۶۹^{g}	۰/۳۸^{fg}	۱/۰۷^{gh}	۲/۷^{ef}	۵/۹^{g}
	منگنز ۰/۵٪	۰/۶۹^{gh}	۰/۳۸^{fg}	۱/۰۶^{h}	۲/۵^{f}	۶/۸^{f}
	منگنز ۱٪	۰/۶۷^{gh}	۰/۴۳$^{c-e}$	۱/۱۰^{fg}	۲/۵^{f}	۶/۷^{f}
	آهن ۱٪ و منگنز ۰/۵٪	۰/۷۹^{e}	۰/۴۳$^{c-e}$	۱/۲۲^{e}	۳/۰^{cd}	۹/۴^{ij}
	آهن ۱/۵٪ و منگنز ۱٪	۰/۷۹^{e}	۰/۴۳^{cd}	۱/۲۲^{e}	۳/۱^{bc}	۴/۳^{j}
تنش خشکی در مرحله زایشی	بدون محلول پاشی	۰/۴۲^{m}	۰/۳۰^{i}	۰/۷۲^{l}	۲/۵^{f}	۱۴/۹^{a}
	آب خالص	۰/۴۳^{m}	۰/۳۰^{i}	۰/۷۳^{l}	۲/۵^{f}	۱۳/۶^{b}
	آهن ۱٪	۰/۶۶^{hi}	۰/۳۹$^{e-g}$	۱/۰۴^{h}	۲/۹^{cd}	۹/۴^{d}
	آهن ۱/۵٪	۰/۵۵^{jk}	۰/۳۹$^{e-g}$	۰/۹۳^{k}	۳/۲^{b}	۷/۸^{e}
	منگنز ۰/۵٪	۰/۴۹^{l}	۰/۳۶^{gh}	۰/۸۵^{k}	۲/۸^{de}	۸/۰^{e}
	منگنز ۱٪	۰/۵۰^{l}	۰/۳۶^{gh}	۰/۸۷^{k}	۲/۸^{de}	۹/۷^{d}
	آهن ۱٪ و منگنز ۰/۵٪	۰/۵۷^{j}	۰/۴۳$^{c-e}$	۱/۰۰^{i}	۳/۶^{a}	۵/۶^{gh}
	آهن ۱/۵٪ و منگنز ۱٪	۰/۶۴^{i}	۰/۴۱$^{d-f}$	۱/۰۵^{h}	۲/۹$^{c-e}$	۵/۳$^{g-i}$

در هر ستون حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است (بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪)

ترکیبات ساختمانی کلروفیل بوده و کمبود آن باعث کاهش میزان سنتز کلروفیل می‌شود (Marschner, 1995).

آنالیز داده‌ها نشان داد اثر رژیم‌های آبیاری و محلول‌پاشی و برهمکنش آنها بر میزان کلروفیل b در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر کم‌آبی بر محتوای کلروفیل b نشان داد میزان کلروفیل b در هر دو سطح تنش مرحله‌ی رویشی و زایشی تحت تأثیر تنش خشکی نسبت به شاهد کاهش یافت و تأثیر تنش خشکی بر تیمار زایشی (۳۲ درصد کاهش نسبت به شاهد) بیشتر از تیمار رویشی (۲۸ درصد کاهش نسبت به شاهد) بود اما از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۳). میزان کلروفیل b نیز با محلول پاشی سولفات آهن و منگنز در کرت‌های بدون تنش، تنش در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.26.7.6]

مرحله‌ی رویشی و تنش در مرحله‌ی زایشی افزایش یافت (جدول ۳). در این تیمارها کمترین میزان کلروفیل b در کرت های بدون محلول‌پاشی و محلول‌پاشی آب خالص در هر دو سطح تنش خشکی بدست آمد. آهن در فعال‌سازی پروتئین سنتتازهای مسیر بیوسنتز کلروفیل و برخی آنزیم‌های آنتی اکسیدانت مانند آسکوربات پراکسیداز و گلوتاتیون ردوکتاز در مسیر حفاظت از تخریب کلروفیل توسط رادیکال‌های فعال اکسیژن نقش دارد (Zayed *et al.*, 2011).

اثر سطوح رژیم‌های آبیاری، محلول‌پاشی و برهمکنش آن-ها بر محتوای کلروفیل a + b در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر کم‌آبی بر محتوای کلروفیل a + b در برگ نشان داد که میزان کلروفیل کل در تیمار تنش مرحله‌ی رویشی ۲۷/٤ درصد و در تیمار تنش مرحله‌ی زایشی ۳۹ درصد نسبت به تیمار شاهد (تأمین رطوبت) کاهش نشان داد (جدول ۳). در تنش رویشی تیمارهای محلول‌پاشی توأم آهن ۱٪ + منگنز ۰/۵٪ و توأم آهن ۱/۵٪ + منگنز ۱٪ باعث افزایش ٤۳/۵ درصدی کلروفیل کل نسبت به شاهد (بدون محلول‌پاشی) شدند. مطالعه بابائیان و همکاران (۱۳۸٤) روی آفتابگردان نیز نشان داد با محلول‌پاشی آهن و روی میزان کلروفیل کل در برگ به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت (بابائیان، ۱۳۸٤). میزان کلروفیل در گیاهان یکی از عوامل مهم حفظ ظرفیت فتوسنتزی به شمار می‌رود که در این آزمایش بعلت تنش خشکی، از میزان کلروفیل در برگ گیاه کاسته شد از طرفی محلول‌پاشی عناصر آهن و منگنز به-دلیل نقش‌هایی که در تشکیل کلروفیل و ساختمان آن دارند تا حد زیادی اثرات خسارت‌زای خشکی در هر دو مرحله را کاهش، و میزان کلروفیل کل را افزایش دادند.

اثر رژیم‌های آبیاری، محلول‌پاشی و برهمکنش آن‌ها بر میزان کاروتنوئید برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). کمترین میزان کاروتنوئید در شرایط آبیاری کامل (۰/۹۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) به‌دست آمد که با سایر تیمارها (سطوح کم‌آبی) اختلاف معنی‌داری داشت. بیشترین مقدار کاروتنوئید نیز در تیمار تنش خشکی در مرحله ی زایشی و در تیمارهای محلول‌پاشی توأم آهن ۱٪ + منگنز ۰/۵٪ و محلول‌پاشی آهن ۱/۵٪ به ترتیب ٤٤ و ۲۸ درصد نسبت به تیمار شاهد (بدون محلول‌پاشی) مشاهده گردید (جدول ۳). افزایش میزان کاروتنوئید در این شرایط می‌تواند ناشی از نقش حفاظتی این رنگیزه‌ها باشد. افزایش میزان کاروتنوئید در این شرایط می‌تواند ناشی از نقش حفاظتی این رنگیزه‌ها باشد. کاروتنوئیدها از راه برگشت‌پذیر با رادیکال‌های آزاد اکسیژن و تشکیل زانتوفیل مانع تخریب کلروفیل‌ها می شوند (Amal and Aly, 2008). محلول‌پاشی با عناصر آهن و منگنز باعث افزایش میزان کاروتنوئید گردید و توانست اثرات مخرب تنش خشکی را بر این رنگدانه کاهش دهد.

جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر رژیم‌های آبیاری، محلول‌پاشی و برهمکنش آن‌ها بر محتوای پرولین برگ معنی-دار گردید (جدول ۲). جدول مقایسه میانگین نشان می‌دهد که محتوای پرولین برگ در گیاهان تنش دیده بیشتر از گیاهان بدون تنش بود (جدول ۳). این افزایش پرولین در تنش در مرحله‌ی زایشی بیشتر بود. محلول‌پاشی با سولفات آهن و منگنز باعث کاهش مقدار پرولین در تمام سطوح کم‌آبی گردید، اما تیمارهای مختلف محلول‌پاشی در سطوح مختلف کم‌آبی رفتارهای متفاوتی داشتند. محلول‌پاشی توأم آهن ۱/۵٪ + منگنز ۱٪ بیشترین کاهش را در محتوای پرولین برگ در تمام سطوح تنش ایجاد کرد و میزان پرولین را در شرایط بدون تنش ۲٦ درصد و در شرایط تنش در دوره رویشی ٦۲ درصد و تنش در دوره زایشی را ٦٤ درصد کاهش داد. این تیمار با تیمار محلول‌پاشی توأم آهن ۱٪+ منگنز ۰/۵٪ در یک گروه آماری قرار داشتند (جدول ۳). مطالعات گذشته نشان داده است که با تشدید میزان تنش در سویا، مقدار کل پروتئین‌های محلول، هم در بخش هوایی ساقه و برگ و هم در ریشه، کاهش یافت که این روند با افزایش غلظت پرولین همراه بود (Liu *et al.*, 2004).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر رژیم‌های آبیاری و محلول‌پاشی($P\leq0.01$) و برهمکنش آن‌ها ($P\leq0.05$) بر صفت محتوای منگنز دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). کمترین میزان منگنز دانه در تیمار مرحله زایشی با کاهش ۱۵ درصدی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.26.7.6]

نسبت به شاهد (تأمین رطوبت) بدست آمد (جدول ٤). علت کاهش انتقال منگنز به اندام‌های هوایی در کرت‌های تنش دیده به‌علت نقصان رطوبت و بالتبع اختلال در جذب و انتقال می باشد، برای اینکه مکانیسم‌های جذب و انتقال عناصر غذایی در گیاهان، نظیر جریان توده‌ای، انتشار و یا جذب و انتقال به وسیله پدیده اسمزی، همگی کم و بیش تابعی از مقدار رطوبت موجود در خاک و ریشه می‌باشد و در صورت نقصان رطوبت، شدت و مقدار جذب عناصر غذایی دستخوش تغییر و تحول می‌گردد. در آزمایشی نشان داده شد که مصرف منگنز موجب افزایش معنی‌داری مقدار منگنز دانه ذرت گردیده است (Aref, 2011). محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف آهن و منگنز باعث افزایش محتوای منگنز دانه در شرایط کمبود رطوبت شد. به‌نظر می‌رسد در تنش مرحله زایشی به‌دلیل نزدیک بودن عملیات محلول‌پاشی و تشکیل غلاف در گیاه ماش، میزان انتقال منگنز به دانه‌ها بیشتر از مرحله رویشی و شاهد می‌باشد و منگنز دانه را نسبت به این مراحل افزایش داده است.

اثر رژیم‌های آبیاری، محلول‌پاشی و برهمکنش آن‌ها ($P\leq0.01$) بر محتوای آهن دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد تیمار کم‌آبی در مرحله زایشی بیشترین تأثیر (کاهش ٦ درصدی نسبت به شاهد) را بر محتوای آهن دانه دارد و بیشترین میزان آهن دانه در تیمار آبیاری کامل با میانگین ۵۵/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم و کمترین مقدار آهن در تیمار بدون محلول‌پاشی در مرحله زایشی با میانگین ٤٤/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم بدست آمد (جدول ۳). بر اساس نظر برخی محققان (موحدی دهنوی، ۱۳۸۳) تنش خشکی در مرحله زایشی انتقال عناصر آهن و منگنز به دانه را محدود می‌کند. محلول‌پاشی عناصر آهن و منگنز باعث افزایش آهن بذر شد به‌طوری‌که تیمارهای محلول‌پاشی آهن در هر دو سطح ۱/۵ و ۱ درصد و تیمارهای محلول‌پاشی توأم آهن ۱/۵ درصد + منگنز ۱ درصد و آهن ۱ درصد+ منگنز ۰/۵ درصد بیشترین تأثیر را بر محتوای آهن دانه داشته (جدول ٤). دیگر محققین نیز افزایش میزان آهن را در صورت استفاده از عناصر ریزمغذی را گزارش کرده‌اند (بابائیان و همکاران، ۱۳۸٤; Said-Al Ahl and Mahmoud, 2010). نتایج نشان داد که عنصر منگنز به‌صورت منفرد تأثیر کمی در افزایش محتوای آهن دانه داشته ولی به‌صورت ترکیبی با آهن قادر به افزایش آهن دانه می‌باشد، و این عمل به‌ویژه در سطوح کم‌آبی بیشتر مشهود بود (جدول ٤). نتایج تحقیقات محققان بیان‌گر آن است که مصرف کودهای ریزمغذی می‌تواند مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی نظیر خشکی و شوری را افزایش دهد (Baybordi, 2004). در این آزمایش مشخص شد که مصرف آهن بصورت منفرد و توأم با منگنز باعث افزایش محتوای آهن دانه شد.

اثر تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی و برهمکنش آن‌ها بر درصد نیتروژن بذر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی نشان داد که تنش خشکی در مرحله‌ی زایشی، نیتروژن بذر را بیشتر کاهش داد هرچند که این کاهش نسبت به تنش مرحله‌ی رویشی ناچیز بود ولی اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار شد. تنش خشکی در مراحل رویشی و زایشی، درصد نیتروژن دانه را به ترتیب ۸/۵ و ۱۰ درصد نسبت به شاهد (تأمین رطوبت) کاهش داد (جدول ٤). در شرایط تنش خشکی از طرفی به‌علت کاهش رطوبت خاک و از طرف دیگر کاهش فعالیت باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن در گره ریشه ماش، انتقال نیتروژن از ریشه به اندام‌های هوایی کاهش می‌یابد. با توجه به این مطلب که نزدیک به ۸۰ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه از طریق جریان توده‌ای و به همراه آب جذب گیاه می‌شود (Barber, 1995)، چنانچه به دلایل مختلف ازجمله تنش رطوبتی و حرارتی در محیط رشد گیاه میزان رطوبت خاک کاهش یابد، جذب نیتروژن با مشکل مواجه می‌شود و انتقال آن از ریشه به اندام های هوایی مختل می‌شود.

محلول‌پاشی عناصر آهن و منگنز باعث افزایش نیتروژن بذر در شرایط تأمین رطوبت و تنش خشکی در هر دو مرحله رویشی و زایشی شد (جدول ٤). بیشترین افزایش نیتروژن دانه مربوط به تیمارهای محلول‌پاشی آهن بصورت منفرد و ترکیبی با منگنز بود. اثر محلول‌پاشی آهن و منگنز در افزایش نیتروژن دانه در شرایط تنش بیشتر از شرایط رطوبتی بود به‌طوری‌که

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.26.7.6]

جدول ٤- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ماش سبز در تیمارهای مختلف رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عناصر آهن و منگنز

تنش خشکی	محلول‌پاشی	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	منگنز دانه (میلی‌گرم در کیلوگرم دانه)	آهن دانه (میلی‌گرم در کیلوگرم دانه)	نیتروژن دانه (درصد)	پروتئین دانه (درصد)
بدون تنش (شاهد)	بدون محلول پاشی	۹٤۷/۳^{cd}	۱۲/۲$^{f-h}$	٤۸/۷^{i}	۳/٦$^{d-f}$	۲۲/٦$^{b-d}$
	آب خالص	۹۵۷/۳^{cd}	۱۲/٦$^{e-h}$	٤۸/٦^{i}	۳/۷^{bc}	۲۲/۹^{bc}
	آهن ۱٪	۱۳۷۲/۳^{a}	۱۳/٤$^{b-d}$	۵۵/۲^{a}	۳/۸^{ab}	۲۳/۹^{a}
	آهن ۱/۵٪	۱۲۸۸/۳^{b}	۱۳/٦^{bc}	۵٤/۹^{a}	۳/۹^{a}	۲٤/٤^{a}
	منگنز ۰/۵٪	۱۲۹۰/۳^{b}	۱٤/٤^{a}	۵۲/۸^{cd}	۳/۷^{cd}	۲۳/۳^{b}
	منگنز ۱٪	۱۲۹۸/۳^{ab}	۱٤^{ab}	۵۲/٦^{cd}	۳/۸^{ab}	۲٤/۰^{a}
	آهن ۱٪ و منگنز ۰/۵٪	۱۳۳۸/۳^{ab}	۱۳/۵$^{b-d}$	۵٤/۵^{ab}	۳/۹^{a}	۲٤/۳^{a}
	آهن ۱/۵٪ و منگنز ۱٪ درصد	۱۳۳۲/۳^{ab}	۱۳/۷$^{a-c}$	۵۳/٦^{bc}	۳/۹^{a}	۲٤/۳^{a}
تنش خشکی در مرحله رویشی	بدون محلول پاشی	٦۹۳$^{f-h}$	۱۰/۷^{ij}	٤٦/۸^{j}	۳/۲^{m}	۱۹/۸۷^{ij}
	آب خالص	۷۲٦/۳$^{e-g}$	۱۰/۸^{ij}	٤۷^{j}	۳/۳^{kl}	۲۰/۲^{i}
	آهن ۱٪	۸۸٤^{d}	۱۱/۹^{h}	۵۱/۹$^{d-f}$	۳/٦$^{e-g}$	۲۲/۵$^{c-e}$
	آهن ۱/۵٪	۷۹۹/۷^{e}	۱۲^{gh}	۵۲/٤^{d}	۳/۷$^{c-e}$	۲۲/۹^{bc}
	منگنز ۰/۵٪	۷۸۹/۷^{e}	۱۳/۲$^{c-e}$	۵۰/۹$^{f-h}$	۳/٤^{cd}	۲۱/۵^{gh}
	منگنز ۱٪	۷۵۱^{ef}	۱۲/۹$^{d-f}$	۵۰/۹$^{f-h}$	۳/٤^{ab}	۲۱/۵^{gh}
	آهن ۱٪ و منگنز ۰/۵٪	۱۰۰۰/۳^{c}	۱۲/۳$^{f-h}$	۵۲/۲^{d}	۳/۷^{a}	۲۳/۰^{bc}
	آهن ۱/۵٪ و منگنز ۱٪ درصد	۱۰۰٦^{c}	۱۲/۲$^{f-h}$	۵۲/۱^{de}	۳/٦^{a}	۲۲/۷$^{b-d}$
تنش خشکی در مرحله زایشی	بدون محلول پاشی	۵۳٦^{j}	۹/۵^{k}	٤٤/۵^{k}	۳/۱^{m}	۱۹/٦^{j}
	آب خالص	۵۸٤/۷^{ij}	۱۰/۱^{jk}	٤٤/٦^{k}	۳/۲^{lm}	۱۹/۷^{ij}
	آهن ۱٪	۷۲۷/۳$^{e-g}$	۱۰/٦^{ij}	۵۱/۱$^{e-h}$	۳/۵$^{g-i}$	۲۲/۰$^{e-g}$
	آهن ۱/۵٪	٦٦۳/۷^{gh}	۱۱/۱^{i}	۵۰/۹$^{f-h}$	۳/۵$^{f-h}$	۲۲/۲$^{d-f}$
	منگنز ۰/۵٪	٦۱٤/۷^{hi}	۱۲/۷$^{e-g}$	۵۰/٦^{gh}	۳/٤^{ij}	۲۱/۵^{gh}
	منگنز ۱٪	٦٦٤/۷^{gh}	۱۲/٦$^{e-g}$	۵۰/۵^{h}	۳/٤j^{k}	۲۱/۲^{h}
	آهن ۱٪ و منگنز ۰/۵٪	۷۸۱/۳^{e}	۱۲/۲$^{f-h}$	۵۱/۷$^{d-g}$	۳/۵$^{h-j}$	۲۱/۸$^{f-h}$
	آهن ۱/۵٪ و منگنز ۱٪ درصد	۷۹۷/۳^{e}	۱۲/۵$^{e-h}$	۵۲/۲^{de}	۳/۵$^{h-j}$	۲۱/۷$^{f-h}$

در هر ستون حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است (بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪)

افزایش نیتروژن دانه در کرت‌های بدون تنش و تنش رویشی و زایشی توسط این تیمارها به ترتیب ۸، ۱۲/۵ و ۱۳ درصد بدست آمد (جدول ٤). ماش سبز دارای همزیستی با باکتری های تثبیت کننده نیتروژن می‌باشد و می‌تواند مقدار درخور توجهی از نیتروژن مورد نیاز را تأمین نمایند در این میان، برای تثبیت نیتروژن، عنصر آهن در ترکیب لگ هموگلوبین و واکنش های مربوط به تثبیت نیتروژن شرکت دارد. علاوه بر این، آهن در ترکیب با آنزیم‌های نیترات و نیتریت ردوکتاز (به ترتیب در سیتوپلاسم و کلروپلاست) نیز شرکت دارد، که در نتیجه، علاوه بر تثبیت نیتروژن، روی مقدار احیای نیتروژن در گیاه اثر مستقیم

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.26.7.6]

ادامه جدول ٤- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ماش سبز در تیمارهای مختلف آبیاری و محلول‌پاشی عناصر آهن و منگنز

تنش خشکی	محلول‌پاشی	عملکرد پروتئین دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد علوفه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)
بدون تنش (شاهد)	بدون محلول پاشی	۲۱٤/٥^{cd}	۲۳٤۰/۷$^{g-i}$	۳۱٤٥/۷$^{f-i}$	۳۰/۱^{de}
	آب خالص	۲۱۹/۲^{c}	۲٤٤۸/۰^{gh}	۳۲٥۸/۳$^{e-g}$	۲۹/٤^{ef}
	آهن ۱٪	۳۲۸/٥^{a}	۳۲۰۳/۳^{b}	٤۰۸۹/۷^{bc}	۳۳/٥^{a}
	آهن ۱/٥٪	۳۱٤/۳^{ab}	۳۰۷۱/۳^{bc}	۳۹٤۸/۷^{c}	۳۲/۷$^{a-c}$
	منگنز ۰/٥٪	۳۰۰/۱^{b}	۲۹۸۹/۰^{cd}	٤۰۲۰/۳^{c}	۳۲/۱$^{a-d}$
	منگنز ۱٪	۳۱۲/۰^{ab}	۲۸٤۱/۰^{de}	۳۹۲۳/۷^{c}	۳۳/۱^{ab}
	آهن ۱٪ و منگنز ۰/٥٪	۳۲٥/۱^{a}	۳٤۱۱/۰^{a}	٤۳۰۷/۷^{ab}	۳۱/۱$^{a-d}$
	آهن ۱/٥٪ و منگنز ۱٪	۳۲۳/۸^{a}	۳٤۱۹/۳^{a}	٤۳۲٤/۳^{a}	۳۰/۹$^{c-e}$
تنش خشکی در مرحله رویشی	بدون محلول پاشی	۱۳۷/۷^{i}	۲۱٥۹/۰^{ij}	۲۹۱٥/۳^{j}	۲۳/۸$^{i-k}$
	آب خالص	۱٤۷/۱^{hi}	۲۲٥۲/۷^{i}	۲۹۸۳/۳$^{h-j}$	۲٤/٤$^{h-k}$
	آهن ۱٪	۱۹۸/۸^{de}	۲٥۱۷/۰^{fg}	۳٤۷۱/۷^{de}	۲٥/٥^{hi}
	آهن ۱/٥٪	۱۸۳/٦^{ef}	۲٤٤۹/۷^{gh}	۳۲٦۳/۷^{ef}	۲٤/٥$^{h-j}$
	منگنز ۰/٥٪	۱٦۹/۸^{fg}	۲٤۷۰/۷$^{f-h}$	۳۲۱۰/۷^{fg}	۲٤/٦$^{h-j}$
	منگنز ۱٪	۱٦۱/۲^{gh}	۲٥۱۰/۰^{fg}	۳٦۰۲/۷^{fg}	۲۳/۱$^{j-l}$
	آهن ۱٪ و منگنز ۰/٥٪	۲۳۰/۳^{c}	۲٦٥٦/۷^{ef}	۳٦۳٦/۰^{d}	۲۷/۸^{fg}
	آهن ۱/٥٪ و منگنز ۱٪	۲۲۸/٥^{c}	۲۷۹۱/۷^{e}	۲٦٤۷/۷^{d}	۲۷/۷^{fg}
تنش خشکی در مرحله زایشی	بدون محلول پاشی	۱۰٥/۱^{j}	۱۸۳۷/۰^{k}	۲۸۲٥/۰^{k}	۲۰/۳^{m}
	آب خالص	۱۱٥/۳^{j}	۲۰۰٥/۰^{jk}	۳۱٥۷/۳^{jk}	۲۰/۷^{m}
	آهن ۱٪	۱٥۹/۸^{gh}	۲۲۸۸/۰^{hi}	۷۲۹٦۹$^{f-i}$	۲۳/۱$^{j-l}$
	آهن ۱/٥٪	۱٤۷/۱^{hi}	۲۲٤٥/۰^{i}	۲۹٦۹/۷^{ij}	۲۲/٤$^{k-m}$
	منگنز ۰/٥٪	۱۳۷/۸^{i}	۲۳۲٤/۳$^{g-i}$	۳۰٤۳/۳$^{g-j}$	۲۱/۱^{lm}
	منگنز ۱٪	۱٤۰/۹^{i}	۲۲٤٤/۰^{i}	۲۹۷٥/۷^{ij}	۲۲/۳$^{k-m}$
	آهن ۱٪ و منگنز ۰/٥٪	۱۷۰/۲^{fg}	۲۳٤۱/۰$^{g-i}$	۲۹٥۷/۰^{ij}	۲٦/٤^{gh}
	آهن ۱/٥٪ و منگنز ۱٪	۱۷۲/۷^{fg}	۲٤۸۰/۰$^{f-h}$	۳۱۹٦/۷$^{f-h}$	۲٤/۹$^{h-j}$

در هر ستون حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است (بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ٥٪)

دارد (Marschner, 1995).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که پروتئین دانه تحت تأثیر رژیم‌های آبیاری، محلول‌پاشی و اثرات متقابل آنها قرار گرفت (جدول ۲). تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار درصد پروتئین دانه شد. کم‌آبی در مرحله‌ی زایشی بیشترین تأثیر را بر درصد پروتئین دانه داشت و باعث کاهش ۱۰ درصدی آن نسبت به شاهد (تأمین رطوبت) گردید، در حالی که بیشترین میزان پروتئین در کرت‌های بدون تنش بدست آمد (جدول ٤). محلول‌پاشی سولفات آهن و منگنز درصد پروتئین را در کرت های بدون تنش و تنش در مرحله رویشی و زایشی افزایش داد. در مرحله زایشی تیمار محلول‌پاشی آهن ۱/٥٪ بیشترین تأثیر را با ۱۳/۲ درصد، در افزایش پروتئین دانه داشت و با تمام سطوح محلول‌پاشی آهن (چه به صورت منفرد و چه ترکیبی با منگنز)، در یک گروه آماری قرار داشت. در مرحله رویشی، محلول‌پاشی توأم آهن ۱٪ + منگنز ۰/٥٪، درصد پروتئین بذر را بیشتر از سایر سطوح محلول‌پاشی در شرایط تنش افزایش داد (۱٥/۸ درصد افزایش نسبت به تیمار بدون محلول‌پاشی) این در حالی بود که دو سطح محلول‌پاشی منگنز

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.26.7.6]

به‌صورت منفرد کمترین تأثیر را بر درصد پروتئین دانه در هر دو سطح تنش ایجاد کرد (جدول ٤). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که احتمالاً آهن به خاطر دخالت مستقیم در سنتز پروتئین و منگنز به خاطر نقش این عنصر در فعال نمودن آنزیم پلی مراز برRNA در ترکیب با هم باعث افزایش بیشتر پروتئین بذر می‌شوند (Cakmak *et al.*, 2010).

نتایج آزمایش حاکی از معنی‌دار بودن اثر محلول‌پاشی، رژیم آبیاری و برهمکنش عوامل آزمایشی در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه می‌باشد (جدول ۲). سطوح مختلف کم‌آبی تأثیر متفاوتی بر عملکرد دانه داشت، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه از کرت‌های بدون تنش و کم‌ترین آنها از کرت‌های تنش دیده در مرحله زایشی به‌دست آمد (جدول ٤). این کاهش در مرحله زایشی ٤٥ درصد و در مرحله رویشی ۳۲/۳ درصد نسبت به شاهد (تأمین رطوبت) بود.

در مرحله زایشی به علت تأثیر بالای خشکی در مرحله گلدهی که توأم با گرمای هوا و پیری زود هنگام برگ‌ها در این مرحله بود، کمترین میزان عملکرد دانه دیده شد. در آزمایشی اثر حذف آبیاری در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش نشان داد که تنش خشکی در مرحله رشد زایشی مخصوصاً مرحله گلدهی و تشکیل نیام، عملکرد دانه را نسبت به اعمال تنش در سایر مراحل رشد به شدت تحت تاثیر قرار داد (Sadeghipour, 2008). محلول‌پاشی آهن و منگنز گرچه در تمام سطوح تنش باعث افزایش عملکرد دانه شد، ولی این افزایش در شرایط تنش زایشی محسوس‌تر بود (جدول ٤). به‌طوری‌که در تیمار محلول‌پاشی توأم آهن۱/۵٪ + منگنز ۱٪، با ٤٨/٨ درصد و همچنین محلول‌پاشی توأم آهن ۱٪ + منگنز۰/۵٪، با ٤٥/٧ درصد افزایش نسبت به شاهد (عدم محلول‌پاشی)، بیشترین افزایش عملکرد را در تنش زایشی به خود اختصاص داد و در یک گروه آماری قرار داشتند.

در تنش رویشی تیمارهای محلول‌پاشی توأم آهن۱/۵٪ + منگنز ۱٪ و همچنین آهن ۱٪ +منگنز ۰/۵٪ به‌ترتیب باعث افزایش ٤٥/٢ و ٤٤/٣ درصدی عملکرد دانه نسبت به شاهد شدند و در یک گروه آمار قرار داشتند و در نهایت در شرایط تأمین رطوبتی تیمار محلول‌پاشی آهن ۱٪ با ٤٤/٨ درصد عملکرد دانه را افزایش داد (جدول ٤). افزایش عملکرد دانه به‌دلیل نقش عناصر ریزمغذی در تعدیل تنش در هر یک از مراحل اعمال تنش خشکی است (Mahmed *et al.*, 2010). استفاده از عناصر آهن و منگنز با توجه به تأثیر بر ساخت کلروفیل و افزایش تنظیم کننده های رشد، سبب افزایش فتوسنتز برگ‌های جوان گردیده و انتقال مواد به محل های ذخیره‌ای را افزایش داده و سبب افزایش وزن دانه‌ها گردیده لذا عملکرد دانه را مستقیماً تحت تأثیر قرار می‌دهد. لذا به‌نظر می رسد که محلول‌پاشی آهن و منگنز از طریق تأثیر بر این صفات منجر به بهبود فتوسنتز گیاه در شرایط تنش گردیده و در نتیجه عملکرد دانه در این شرایط افزایش یافته است.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد پروتئین دانه تحت تأثیر کم‌آبی، محلول‌پاشی و برهمکنش آنها قرار گرفت (جدول ۲). عملکرد پروتئین دانه، حاصل ضرب عملکرد دانه در درصد پروتئین دانه می‌باشد (بابائیان، ۱۳۸٤)، لذا این صفت تحت تأثیر مستقیم این دو پارامتر است. تنش کم‌آبی در هر دو مرحله باعث کاهش عملکرد پروتئین دانه شد، این کاهش در تیمار تنش کم‌آبی در مرحله‌ی رویشی و زایشی به ترتیب ۳۷/۷ و ۵۰/۸ درصد بود. شرایط آبیاری کامل (شاهد) بیشترین عملکرد پروتئین را باعث شد، چون عملکرد پروتئین به‌شدت به عملکرد دانه وابسته است و این دو صفت در شرایط آبیاری افزایش داشتند. تنش کم‌آبی با کاهش درصد پروتئین دانه و عملکرد دانه در هکتار، باعث کاهش عملکرد پروتئین دانه در هکتار شد. کاهش عملکرد پروتئین دانه در سویا با کاهش مقدار رطوبت خاک گزارش شده است (Liu *et al.*, 2004).

محلول‌پاشی با سولفات آهن و منگنز منجر به افزایش عملکرد پروتئین دانه در تمام سطوح تنش گردید به‌طوری‌که محلول‌پاشی توأم آهن ۱٪ + منگنز ۰/۵٪ و محلول‌پاشی توأم آهن ۱/۵٪ + منگنز ۱٪ در تنش مرحله‌ی رویشی عملکرد پروتئین را نسبت به کرت‌های بدون محلول‌پاشی در این مرحله به ترتیب ٦٧/٢ و ٦٥/٩ درصد افزایش داد و در یک گروه آماری قرار داشتند (جدول ٤). در مورد تأثیر کودهای آهن و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.26.7.6]

منگنز بر صفات کیفی، بسیاری از نتایج حاکی از نقش مثبت عناصرآهن و منگنز در افزایش پروتئین گندم است (Mahmed *et al.*, 2010).

اثر تیمارهای کم‌آبی و محلول‌پاشی و برهمکنش آنها بر عملکرد علوفه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ٤). کم‌آبی در هر دو مرحله رویشی و زایشی باعث کاهش عمکرد علوفه ماش شد. بیشترین عملکرد علوفه مربوط به شاهد (تأمین رطوبت) با میانگین ۲۹٦٥ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار مربوط به تنش خشکی در مرحله رویشی و زایشی به‌ترتیب با ۲٤۷٥ و۲۲۲۰ کیلوگرم در هکتار بود که باهم اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول ٤). Lauer (۲۰۰۳) کم آبیاری را در مراحل مختلف رشد ذرت اعمال و گزارش کرد که کمبود شدید آب منجر به کاهش سطح برگ و کاهش رشد و ماده‌ی خشک گیاه می‌شود. آن‌ها اعتقاد دارند که آبیاری کم در اوایل رشد رویشی تولید ماده‌ی خشک را به میزان کمی پایین می‌آورد اما ادامه‌ی تنش تا اواخر مرحله رشد (بویژه زایشی) مقدار عملکرد ماده‌ی خشک را کاهش می‌دهد.

محلول‌پاشی عناصر آهن و منگنز باعث افزایش ماده خشک و در نهایت عملکرد علوفه گردید به‌طوری‌که این افزایش در تیمار محلول‌پاشی توأم آهن و منگنز بیش از سایر تیمارها بود و اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ٤). افزایش وزن خشک کل در تیمار آهن می‌تواند به علت افزایش فتوسنتز در نتیجه افزایش غلظت کلروفیل بویژه کلروفیل a و نیز افزایش فعالیت فسفوانول پیروات کربوکسیلاز و ریبولوز دی فسفات کربوکسیلاز و نیز نقش مثبت آهن و منگنز در فتوسیستم های I و II، که در نتیجه‌ی آن مواد فتوسنتزی بیشتری در گیاه ساخته می‌شود در نهایت منجر به افزایش وزن خشک کل گیاه می‌شود (Junus and Cox, 1987). نکته قابل توجه تأثیر بیشتر سطوح پایین آهن و منگنز در تنش مرحله‌ی زایشی و همچنین شاهد (تأمین رطوبت) بر عملکرد علوفه می‌باشد که احتمالاً بدلیل قانون بازده نزولی بوده به این ترتیب که کمبود یک عنصر عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد با افزایش عنصر و بعد از رفع کمبود عنصر، گیاه وارد محدوده جذب تجملی می‌شود و افزایش عنصر تأثیر کمی روی عملکرد دارد. در همین رابطه چاکر الحسینی و همکاران (۱۳۸۱) گزارش کردند که مصرف آهن در سطوح ۲/٥ میلی‌گرم در کیلوگرم در خاک سبب افزایش معنی داری در وزن ماده خشک می‌گردد ولی در سطوح بالاتر آهن رشد سویا کاهش می یابد. در تحقیقی محلول‌پاشی با عناصر آهن به اضافه‌ی روی و منگنز دارای بیشترین عملکرد مادهٔ خشک و علوفه‌ی تر و باعث بهبود خصوصیات کیفی ذرت هیبرید ۷۰٤ شد (خلیلی محله و رشدی، ۱۳۸۷).

عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر اثرات اصلی و اثرات متقابل کم‌آبی در محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۲). تنش در هر دو دوره رشدی باعث کاهش عملکرد بیولوژیک شد. تنش خشکی در مرحله رویشی و زایشی به‌ترتیب باعث کاهش ۱٥/۱ و ۲۳/٤ درصدی عملکرد بیولوژیکی نسبت به شاهد شد. کاهش در عملکرد بیولوژیک را می‌توان ناشی از کاهش سطح ویژه برگ، کاهش در سطح اجزای رویشی و به تبع آن کاهش قدرت منبع (برگ‌ها و سطوح فتوسنتز کننده) دانست. شواهد زیادی وجود دارد که کاهش فراهمی آب سبب کاهش جذب عناصر غذایی ، افت شاخص سطح برگ و توان فتوسنتزی گیاه می‌شود (Bajji *et al.*, 2001) که نتیجه‌ی آن کاهش عملکرد ماده خشک گیاهی می‌باشد. افزایش ماده خشک تولیدی در گیاهان تحت شرایط آبیاری مطلوب می‌تواند به دلیل گسترش بیش‌تر سطح برگ و نیز دوام سطح برگ آن باشد که با ایجاد منبع فیزیولوژیک کارآمد جهت استفاده هر چه بیش‌تر از نور دریافتی باعث افزایش تولید ماده خشک شده است (Bajji *et al.*, 2001). در این آزمایش با اینکه در مرحله رویشی کاهش ارتفاع وجود داشته اما گیاه در این مرحله توانسته با افزایش سطح و تعداد برگ و همچنین افزایش تعداد شاخه جانبی، عملکرد بیولوژیک را ۹/۷ درصد نسبت به تنش زایشی افزایش دهد.

محلول‌پاشی با سولفات آهن و منگنز تا حدودی توانست از اثرات مخرب تنش جلوگیری کند و سبب افزایش عملکرد بیولوژیک در تمام سطوح تنش شد و عملکرد بیولوژیک را افزایش دهد. کمبود عناصر ریزمغذی به خصوص عناصر آهن و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.26.7.6]

منگنز سبب کاهش شدید فتوسنتز می‌شود که در نهایت این امر می‌تواند منجر به کاهش عملکرد بیولوژیک گردد به همین دلیل بیشترین عملکرد بیولوژیکی در سطوح تنش، در تیمارهای محلول‌پاشی توأم آهن ۱/۵٪+ منگنز ۱٪، محلول‌پاشی توأم آهن ۱٪+ منگنز ۰/۵٪ و تیمار محلول‌پاشی آهن ۱٪ در مرحله رویشی مشاهده شد و باعث افزایش ۱۹ تا ۲٤ درصدی عملکرد بیولوژیک نسبت به تیمار بدون محلول‌پاشی در همین مرحله شدند، درحالی که در تنش مرحله‌ی زایشی تیمار محلول‌پاشی توأم آهن ۱/۵٪+ منگنز۱٪، عملکرد بیولوژیک را حدود ۲۰ درصد افزایش دهد، که به دلیل تأثیر مثبت منگنز در بیوسنتز اکسین و تأثیر آهن در افزایش فتوسنتز و رشد قابل انتظار می‌باشد. از طرفی کمترین عملکرد بیولوژیک در تیمار بدون محلول‌پاشی در تنش مرحله‌ی زایشی مشاهده شد (جدول ٤). در یک تحقیق مشخص گردید که تیمارهای محلول‌پاشی با عناصر ریزمغذی در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌دار عملکرد بیولوژیک گندم را افزایش داد (Mahmed *et al.*, 2010). Zayed و همکاران (۲۰۱۱) نیز با محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی به عملکرد بیولوژیک بالاتر در برنج دست یافتند. بنابراین باتوجه به نقش آهن در متابولیسم نیتروژن و در نتیجه افزایش سطح برگ گیاه (Bajji *et al.*, 2001)، و همچنین نقش عنصر منگنز در ترکیب با آنزیم‌های فتوسنتزی و تنفسی(Seifi Nadergoli *et al.*, 2011)، و نقش مثبت این دو عنصر در فتوسیستم‌های I و II و افزوده شدن بر سایر فعالیت های متابولیسمی گیاه (Seifi Nadergoli *et al.*, 2011)، هم افزایی این عناصر باعث افزایش غلظت فتوسنتز و دوام سطح برگ و در نتیجه مقدار فتوسنتز گیاه می‌گردد که این عوامل می‌تواند درنهایت وزن خشک گیاه را افزایش دهند. همچنین عنصر آهن و منگنز با افزایش جذب عناصر از خاک و افزایش تثبیت نیتروژن توسط باکتری‌های هم‌زیست می‌تواند سبب افزایش عملکرد بیولوژیک شوند.

شاخص برداشت تحت تأثیر تیمارهای کم‌آبی و محلول پاشی و برهمکنش آن‌ها قرار گرفت (جدول ۲). تنش در مرحله‌ی زایشی (۲۸/۵ درصد کاهش نسبت به شاهد) بیش از تنش در مرحله‌ی رویشی (۲۰/۲ درصد کاهش نسبت به شاهد) باعث کاهش این شاخص گردید (جدول ٤). در تنش مرحله‌ی زایشی به‌دلیل حساسیت بیشتر عملکرد دانه نسبت به تنش خشکی و کاهش چشمگیر عملکرد دانه، باعث کاهش شاخص برداشت شده است. در آزمایشی، بررسی تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر دو ژنوتیپ ماش نشان داد که شاخص برداشت به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر میزان آبیاری قرار گرفت (Sadeghipour, 2008). علت کاهش شاخص برداشت، کاهش بیشتر عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش کمبود آب و بویژه در زمان گل‌دهی است. Bajji و همکاران (۲۰۰۱) گزارش دادند که تأثیرپذیری شاخص برداشت که نشان دهنده میزان تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه می‌باشد، تفاوت معنی‌داری در بین رژیم‌های مختلف آبیاری نشان داده و علت کاهش ماده خشک کل را همبستگی مثبت و بالای بین ماده خشک با فتوسنتز و شاخص سطح برگ در مرحله رویشی دانستند و همچنین اظهار داشتند که تأثیر تنش شدید در مرحله زایشی بر عملکرد دانه بیش‌تر از ماده خشک کل می‌باشد، بنابراین باعث کاهش شاخص برداشت می شود که با نتایج کاهش تعداد غلاف در بوته که سهم مهمی در عملکرد دارد، از دلایل مهم کاهش شاخص برداشت در مرحله زایشی محسوب می‌شود.

اثر تیمارهای محلول‌پاشی در شرایط تنش کم‌آبی توانست اثرات مخرب خشکی را با تولید مواد فتوسنتزی و عملکرد دانه بیشتر در این شرایط کاهش داده، شاخص برداشت را افزایش دهد. جدول مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی سولفات آهن و منگنز (جدول ٤) بر شاخص برداشت گویای اثر مثبت این ریزمغذی‌ها بر افزایش شاخص برداشت می‌باشد. محلول‌پاشی عناصر آهن و منگنز در سطوح تنش و شاهد رفتار متفاوتی نشان داد به‌طوری‌که شاخص برداشت را در شرایط تنش بیشتر از شاهد افزایش داد (جدول ٤). در شرایط تأمین رطوبت تیمار محلول‌پاشی آهن ۱٪ بیشترین افزایش (۱۱/۳ درصد نسبت به شاهد) را در شاخص برداشت ایجاد کرد. در تنش مرحله‌ی رویشی تیمار محلول‌پاشی آهن ۱/۵٪+ منگنز۱ ٪ و محلول

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.26.7.6]

پاشی توأم آهن ۱٪+ منگنز ۰/۵٪ با ۱٦/۳۸ درصد باعث افزایش شاخص برداشت شد و بالأخره در تنش مرحله‌ی زایشی تیمار محلول‌پاشی آهن ۱٪+ منگنز ۰/۵٪ با ۳۰ درصد، شاخص برداشت را نسبت به شاهد افزایش دادند.

بنابراین چنین به نظر می‌رسد که افزایش مصرف کود ریزمغذی آهن و منگنز در شرایط تنش خشکی، باعث بهبود توزیع نسبی فرآورده‌های فتوسنتزی بین مخازن اقتصادی (دانه ها) و در نتیجه افزایش شاخص برداشت شود. محلول‌پاشی توأم آهن و منگنز، بیشترین تأثیر را بر شاخص برداشت داشته این تیمارها بیشترین عملکرد دانه را نیز به خود اختصاص دادند. به‌طورکلی شاخص برداشت ارتباط مستقیم با عملکرد دانه دارد و افزایش عملکرد دانه تحت اثر محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها افزایش می‌یابد. بنابراین، با افزایش سطح آهن و منگنز تا حدودی با صرف تولیدات فتوسنتزی به تولید میزان دانه‌های بیشتر بجای تولید شاخ و برگ، باعث افزایش شاخص برداشت بیشتر می‌شود.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که کم‌آبی با تأثیر بر صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک ماش سبز منجر به کاهش عملکرد گیاه شد. تحت تأثیر تنش خشکی، درصد پروتئین دانه و محتوای رنگیزه کلروفیل به شدت کاهش یافت. همچنین تنش کم‌آبی موجب افزایش شدید پرولین آزاد برگ و رنگیزه کاروتنوئید گردید. محلول‌پاشی سولفات آهن و منگنز به‌طور قابل توجهی از این تغییرات جلوگیری کرد، و با کاهش اثرات تنش خشکی باعث کاهش میزان پرولین شد و در کل عملکرد دانه را افزایش داد. به‌نظر می‌رسد کاربرد عناصر آهن و منگنز بصورت منفرد و ترکیبی در مراحل اولیه رشد، باعث بهبود رشد ریشه، اندام هوایی و در نتیجه جذب بیشتر عناصر مورد نیاز گیاه از خاک شده و در نتیجه گیاه با ذخایر فتوسنتزی و حجم و طول ریشه بیشتری وارد شرایط تنش گردیده است. محلول‌پاشی با آهن و منگنز در تمام سطوح تنش منجر به افزایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، درصد پروتئین و همچنین باعث افزایش محتوای آهن، منگنز و نیتروژن دانه گردید. بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده، کشت و کار گیاه ماش سبز به‌عنوان یک گیاه پروتئینی و علوفه‌ای در شرایط کم‌آبی را می‌توان با محلول‌پاشی عناصر آهن و منگنز تا حدودی بهبود بخشید.

منابع

بابائیان، م.، حیدری، م. و قنبری، الف. (۱۳۸٤) اثر تنش خشکی و محلول پاشی عناصر کم مصرف بر ویژگی های فیزیولوژیک و جذب عناصر غذایی در آفتابگردان (*Helianthus annus* L.). مجله علوم زراعی ایران. (٤) ۱۲: ۳۹۱-۳۷۷.

چاکرالحسینی، م. ر.، رونقی، ع.، مفتون، م. و کریمیان، ن. ع.، (۱۳۸۱) پاسخ سویا به کاربرد آهن و فسفر در یک خاک آهکی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. (٤) ٦: ۱۰۰۱-۹۱.

ملکوتی، م. ج. (۱۳۷۸) روش جامع تشخیص و ضرورت مصرف بهینه کودهای شیمیایی. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. تهران. ۱۳۱ ص.

Amal, A. M. and Aly, A. A. (2008) Alteration of some secondary metabolites and enzymes activity by using exogenous antioxidant compound in onion plants growth under seawater salt stress. Americaneurasian Journal of Science Research 3:139-146.

Aref, F. (2011) Influence of zinc and boron nutrition on copper, manganese and iron concentrations in maize leaf. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 5 (7): 52-62.

Arnon, D. I (1949) Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphennoloxidase in Beta vulgaris. Plant Physiology 24: 1. 1-150.

Bajji, M., Lutts, S. and Kient, J. M. (2001) Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Defs.) cultivars performing differently in arid conditions. Plant Science 160: 669-681.

Barber, S. A. (1995) Soil Nutrient Bioavailability: A Mechanistic Approach. John Wiley & Sons, New York, USA. 414 pp.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.26.7.6]

Baybordi, A. (2004). Effect of Fe, Mn, Zn and Cu on the quality and quantity of wheat under salinity stress. Journal of Water and Soil Science 17: 140-150.

Cakmak, I., Wolfgang, H. P. and Bonnie, M. C. (2010) Biofortification of durum wheat with zinc and iron. Cereal Chemistry 87:1. 10-20.

Hajiboland R and Amirazad F (2010). Growth, photosynthesis and antioxidant defense system in zn-deficient red cabbage plants. Plant Soil Environment 5: 209-217.

Hirai, M., Higuchi, K., Sasaki, K., Suzuki, H., Maruyama, T., Yoshiba, T. and Tadano, T. (2007) Contribution of iron associated with high molecular weight substances to the maintenance of the SPAD value of young leaves of barley under iron deficient conditions. Plant and Soil Science 53: 612-620.

Jiang, Y. and Huang, N. (2001) Drought and heat sress injury to two cool-season turfgrasses in relation to antiaxdant metabolism and lipid peroxidation. Crop Science 41: 436-442.

Junus, M. A and Cox, F. R. (1987) A zinc soil test calibration based upon mehlich 3 extractable zinc, pH, and cation exchange capacity. Soil Science American Journal 51: 668-683.

Keshavarz, H., Modarres Sanavy S. A. M. and Sadegh Gol Moghadam, R. (2016) Impact of Foliar Application with Salicylic Acid on Biochemical Characters of Canola Plants under Cold Stress Condition. Not Sci Biol. DIO: 10.15835/nsb.8.19766.

Kohnaward, P., Jalilian, J., and Pirzad, A. (2012) Effect of foliar application of micronutrients on yield and yield components of safflower under conventional and ecological cropping systems. International Research Journal of Applied and Basic Sciences 3 (7): 1460-1469.

Lauer, J. (2003) What happens within the corn plant when Drought occurs? Corn Agronomist 10 (22): 153-155.

Liu, F., Jensen, C. R. and Andersen, M. N. (2004) Drought stress effect on carbohydrate concentration in soybean leaves and pods during early reproductive development: its implication in altering pod set. Field Crops Research 86: 1–13.

Mafakheri, A., Siosemardeh, A., Bahramnejad, B., Struik, P. C. and Sohrabi, Y. (2011) Effect of drought stress and subsequent recovery on protein, carbohydrate contents, catalase and peroxidase activities in three chickpea (*Cicer arietinum*) cultivars. Australian Journal of Crop Science 5: 1255-1260.

Mahmed, M. F., Thalooth, A. T. and Khalifa, R. K. M. (2010) Effect of foliar spraying with uniconazole and micronutrients on yield and nutrients uptake of wheat plants grown under saline condition. The Journal of American Science 6 (8): 398-404.

Marschner, H. (1995) Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Academic Press. Ltd. London.889 p.

Novozamsky, I., Van Eck, R., Van Schouwenburg, J. C. and Walinga, I. (1974) Total nitrogen determination in plant material by means of the indophenol blue method. Netherlands Journal agricultural Science 22:3-5.

Sadeghipour, O. (2008) Effect of withholding irrigation at different growth stages on yield and yield components of mungbean (*Vigna radiata* L. wilczek) varieties. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science 4(5): 590 – 594.

Said-Al Ahl H. A. H., Mahmoud, A. A. (2010) Effect of zinc and / or iron foliar application on growth and essential oil of sweet basil (*Ocimumbasilicum* L.) under salt stres. Ozean Journal of Applied Sciences 3(1): 97-111.

Seifi Nadergoli, M., Yarnia, M. and Rahimzade khoei, M. (2011). Effect of Zinc and Manganese and Their Application Method on Yield and Yield Components of Common Bean (*Phaseoluse vulgaris* L. CV. Khomein). Middle-East Journal of Scientific Research 8(5): 859-865.

Zayed, B. A., Salem, A. K. M. and El-Sharkawy, H. M. (2011) Effect of Different Micronutrient Treatments on Rice (*Oriza sativa* L.) Growth and Yield under Saline Soil Conditions. World Journal of Agricultural Sciences 7: 179-184.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.26.7.6]