

اثر تنش کم آبی و محلول پاشی 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 آقاطیخانی و حامد کشاورز

گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۴/۳۱، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۵/۱۲/۲۴)

چکیده:

از آثار سوء تنش رطوبتی کاهش آب قابل استفاده و ناهنجاری‌های تغذیه‌ای در گیاهان می‌باشد. لذا به منظور بررسی اثر محلول پاشی عناصر آهن و منگنز بر برخی صفات مورفو‌لولوژیک و فیزیولوژیک ماش سبز (رقم پرتو) تحت شرایط تنش کم آبی 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 محلول پاشی عناصر ریزمغذی شامل شاهد (بدون محلول پاشی)، محلول پاشی آب خالص، محلول پاشی سولفات آهن ۱ درصد، محلول پاشی سولفات آهن ۱/۵ درصد، محلول پاشی سولفات منگنز ۰/۵ درصد، محلول پاشی سولفات منگنز ۱ درصد، محلول پاشی توأم سولفات آهن ۱ درصد + سولفات منگنز ۰/۵ درصد و محلول پاشی توأم سولفات آهن ۱/۵ درصد + سولفات منگنز ۱ درصد به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد محلول پاشی آهن و منگنز توانست از اثرات مخرب تنش خشکی جلوگیری کند و باعث بهبود صفات مورد مطالعه گردید و در این بین اثر تیمارهای توأم آهن و منگنز بیشتر از سایر تیمارهای محلول پاشی بود. محلول پاشی توأم آهن و منگنز به طور معنی‌داری محتواهای آهن و منگنز دانه را افزایش داد. محلول پاشی توأم آهن ۱/۵٪ + منگنز ۰/۱٪ میزان پرولین را در شرایط تنش رویشی و زایشی به ترتیب ۶۲ و ۶۴ درصد کاهش و میزان کلروفیل کل را در تنش رویشی و زایشی به ترتیب ۴۳/۵ و ۴۵/۸ درصد افزایش داد.

کلمات کلیدی: پرولین، تنش کم آبی، صفات مورفو‌لولوژیک، ماش سبز، محلول پاشی

مقدمه

طریق ریشه، به دلیل 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 تنش خشکی است (Hajiboland and Amirazad, 2010).

تنش کمبود آب که به عنوان 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 تنش خشکی جذب مواد غذایی از

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 خاک‌صرف 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 آزمایش 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 ریزمندی 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 ریزمندی 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 مورفو‌لولژیک 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 و هوایی نیمه خشک و میانگین بارندگی سالانه، ۲۷۳ میلی‌متر می‌باشد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه

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 اسمولت سازگار کننده، نقش مهمی در تنظیم اسمزی درون سلولی، پایدار کردن ساختار پروتئین‌ها و غشای سلولی، جاروب کردن گونه‌های 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 افشاری باعث افزایش معنی‌داری در میزان پرولین شد (Bajji *et al.*, 2001).

میزان کلروفیل در گیاهان زنده یکی از فاکتورهای مهم حفظ ظرفیت فتوستتری 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 فتوستتر گیاه در درجه اول ناشی از بسته شدن روزنه‌ها باشد، اما در شرایط محدودیت آبی اثر روزنه‌ای ممکن است با افزایش مقاومت مزووفیلی 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 حداقل کیفیت محصول نیازمند وجود مقدار کافی و متعادلی از عناصر پرمصرف و کم مصرف در خاک است. در صورتی که عنصر یا عناصر غذایی در خاک وجود نداشته باشد، باید به صورت 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

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیابی خاک مزرعه آزمایشی

عمق (cm)	بافت خاک	اسیدیته	کربن آلی	هدایت کتریکی (dS.m ⁻¹)	نیتروژن کل (%)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب	آهن (ppm)	منگنز (g cm ⁻³)
۳۰-۰	لوم شنی	۷/۴۱	۱/۳۴	۰/۵۱	۰/۱۳۴	۴۸	۳۴۱	۴/۶۷	۶/۹

روی ردیف کاشت ۱۰ سانتی متر بود. در مجموع مساحت هر کرت نه متر مربع در نظر گرفته شد و تراکم بوته ۱۶۰۰۰ هزار بوته در هکتار بود.

پس از آماده سازی زمین و مشخص شدن خطوط کاشت، بذور به صورت کپهای روی پشتنهای 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.

ضد عفنونی بذر قبل از کاشت با قارچ کش مانکوزب به نسبت یک در هزار انجام گرفت (Seifi Nadergoli *et al.*, 2011). اولین آبیاری در تاریخ ۹۳/۲/۱۹ صورت گرفت و آبیاری های بعدی نیز برای تمام واحدهای آزمایشی تا زمان اولین تنفس در مرحله دو برگی به فاصله چهار روز به صورت منظم انجام گرفت. پس از اطمینان از استقرار گیاه عمل تنک کردن گیاهچه های مازاد در تاریخ ۹۳/۳/۶ انجام شد. همچنین عملیات وجین دستی علیه علف های هرز غالباً مزرعه شامل تاج خروس، خرفه، توق و پیچک پس از عملیات تنک در سه مرحله دو برگی، قبل از گل دهی و غلاف دهی انجام گرفت.

پس از استقرار گیاهچه ها با استفاده از دستگاه TDR (Time Domain Reflectometry) اقدام به سنجش میزان تخلیه ای 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 به دست آمد. ثبت رطوبت خاک به وسیله دستگاه TDR و محاسبه میزان پتانسیل آب خاک توسط منحنی رطوبتی خاک به وسیله دستگاه صفحات فشاری برای پتانسیل های مختلف صورت گرفت. میزان پتانسیل رطوبتی خاک با توجه به درصد رطوبت حجمی

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

کرت های 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 کرت های فرعی شامل هشت سطح محلول پاشی به صورت: [شاهد (بدون محلول پاشی)، محلول پاشی آب خالص، محلول پاشی سولفات آهن ۱ درصد، محلول پاشی سولفات آهن ۱/۵ درصد، محلول پاشی سولفات منگنز ۰/۵ درصد، محلول پاشی سولفات منگنز ۱ درصد، محلول پاشی توأم سولفات آهن ۱ درصد + سولفات منگنز ۰/۵ درصد و محلول پاشی توأم آهن ۱/۵ درصد سولفات آهن ۱ درصد + سولفات منگنز ۱ درصد اطی مراحل قطع آبیاری در نظر گرفته شد. همچنین عنصر آهن از منبع سولفات آهن هفت آبه با فرمول شیمیابی $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ و عنصر منگنز از منبع سولفات منگنز چهار آبه با فرمول شیمیابی $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ که از شرکت مرک آلمان تهیه شد. شخم زمین بعد از آبیاری و گاوره شدن بوسیله گاو آهن برگردان دار، دیسک و ماله در ابتدای اردیبهشت سال ۱۳۹۳ انجام پذیرفت. قبل از 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 خاک های زراعی و باعی به ترتیب ۷-۱۰ و ۲۵۰-۳۰۰ میلی گرم در کیلو گرم می باشد (ملکوتی، ۱۳۷۸). کود نیتروژن به میزان ۳۰ کیلو گرم در هکتار به فرم اوره (استارتیر) هنگام کاشت، قبل از آبیاری داده شد. هر واحد آزمایشی دارای پنج ردیف کاشت به فاصله ۶۰ سانتی متر از یکدیگر و به طول سه متر و فاصله بین بوته ها در

حسب میلی گرم بر گرم برگ تازه به دست آمد. غلظت کلروفیل های a و b از روابط زیر به دست می آید (Arnon, 1949):

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

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

$$[20.2(D_{645}) - 8.02(D_{663})] \times [V/1000W] = \text{کلروفیل کل} \quad (\text{رابطه ۴})$$

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

که در این روابط (W) وزن تر برگ بر حسب گرم، (V)

حجم مقدار استون بر حسب میلی لیتر و (D) طول موج بر حسب نانومتر می باشند. به منظور اندازه گیری میزان عناصر ریزمعدی آهن و منگنز نیز از روش هضم، سوزاندن خشک و ترکیب با اسید کلریدریک محاسبه شد (بابائیان و هکاران، ۱۳۸۴). به منظور تجزیه و تحلیل آماری داده ها از نرم افزار SAS و ترسیم نمودارها با نرم افزار Excel و مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که اثر تیمارهای رژیم آبیاری و محلول پاشی و برهمکنش آنها بر محتوای کلروفیل a در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار گردید (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر کم آبی بر محتوای کلروفیل a نشان داد میزان کلروفیل a در تنفس مرحله روشی ۲۶/۸ درصد و در تیمار تنفس مرحله زایشی ۴۳ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت (جدول ۳). میزان کلروفیل در گیاهان یکی از عوامل مهم حفظ ظرفیت فتوستزی به شمار می رود که در این آزمایش با تأخیر در آبیاری و به تبع آن بروز تنفس خشکی، از میزان کلروفیل a در برگ گیاه کاسته شد. کاهش میزان کلروفیل a در اثر تنفس خشکی، مربوط به افزایش تولید رادیکال های آزاد اکسیژن در سلول می باشد. این رادیکال های آزاد سبب پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه کلروفیل a می شوند که با کاهش میزان کلروفیل تغییرات زیادی در مقدار تولید گیاهان به وجود می آید (Sadeghipour, 2008). گزارش سایر محققین نیز حاکی از کاهش میزان کلروفیل a در برگ نخود بر اثر تنفس خشکی را صدمه گونه های اکسیژن فعل در کلروپلاست بیان کرده (Mafakheri et al., 2011).

(اعداد به دست آمده از TDR) در زمان تنفس که با دستگاه TDR اندازه گیری شده بود، محاسبه شد. همزمان با اعمال تیمار تنفس، تیمارهای محلول پاشی نیز در مراحل رشدی مورد نظر انجام گرفت و در نهایت پس از تخلیه ۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس، آبیاری مزروعه در مورد تیمارهای تنفس از سر گرفته شد. محلول پاشی 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 مورفو لوزیک و فیزو لوزیک به آزمایشگاه منتقل گردید. برای اندازه گیری پروتئین دانه ابتدا با روش (Novozamsky et al., 1974) میزان نیتروژن موجود در دانه به وسیله دستگاه اسپکترو فنومتر (GBC Cintra 6- Australia) اندازه گیری شد. سپس میزان پروتئین دانه با ضرب میزان نیتروژن در عدد ۶/۲۶ محاسبه گردید. برای تعیین عملکرد دانه بعد از حذف حاشیه، بوته های واقع در یک متر مربع (۱۶ بوته) وسط هر کرت برداشت شدند. به منظور تعیین شاخص سطح برگ با حذف اثرات حاشیه یک متر مربع از هر کرت برداشت شد. ابتدا با استفاده از دستگاه اندازه گیری سطح برگ (مدل DELTA-T DEVICES ساخت کشور انگلستان)، میزان سطح برگ بر حسب سانتی متر مربع اندازه گیری و سپس با استفاده از رابطه (۱) شاخص سطح برگ اندازه گیری شد (سطح برگی که هر گیاه در زمین اشغال کرده بود برابر ۰/۰۶۲۵ سانتی متر مربع بودست آمد).

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

که در این رابطه، LA سطح برگ اندازه گیری شده (سانتی متر مربع) و Ga سطح زمینی که نمونه برداری از آن انجام شده (سانتی متر مربع). برای سنجش غلظت کلروفیل ۰/۲ گرم نمونه برگی در استون ۸۰٪ عصاره گیری شد سپس عصاره حاصل از کاغذ صافی عبور داده شد و تا رسیدن به حجم ۲۵ میلی لیتر و استخراج کامل کلروفیل به آن استون اضافه گشت. جذب نوری کلروفیل a، b و کاروتونئید به ترتیب در طول موج های ۶۴۵، ۶۶۳ و ۶۷۰ نانومتر خوانده شد و با استفاده از فرمول مربوطه غلظت کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتونئید بر

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

منگنز دانه	عملکرد دانه	پرولین	کارتنوئید	کلروفیل کل	کلروفیل a	کلروفیل b	درجه آزادی	منابع تغییر	میانگین مربعات
									ns ns ns ns ns ns ns
۰/۳	۱۴۷/۵	۰/۱۸	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۳	۲	تکرار	
۲۵/۱**	۱۹۵۳۵۳۳/۵**	۳۱۲/۲**	۲۷/۸**	۲۰/۰**	۰/۱۸**	۱/۰**	۲	رژیم‌های آبیاری	
۰/۵	۳۴۵۸/۴	۰/۲۷	۰/۰۳	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۰۳	۴	خطای اصلی	
۷/۷**	۱۲۸۷۶۶/۷**	۳۶/۶**	۰/۵۵**	۰/۱۹**	۰/۰۲۱**	۰/۰۹**	۷	محلول‌پاشی	
۰/۴*	۱۴۳۵۱/۸**	۸/۵**	۰/۱۲**	۰/۰۱۳**	۰/۰۰۱۹**	۰/۰۱**	۱۴	رژیم آبیاری* م محلول‌پاشی	
۰/۱۹	۲۰۴۰/۹	۰/۱۴	۰/۰۲۱	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۷۵	۰/۰۰۰۳	۴۲	خطای آزمایشی	
۳/۵	۵	۶/۳	۷	۲/۵	۶/۵	۲/۵		ضریب تغییرات (%)	

ns و *: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪

ادامه جدول ۲-

شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک	عملکرد علوفه	عملکرد پروتئین	درصد پروتئین	نیتروژن دانه	آهن دانه	درجه آزادی	منابع تغییر	میانگین مربعات
									ns ns ns ns ns ns ns
۱/۶	۴۰۴۰۴/۶	۲۱۱۹۶/۲	۳۸/۱	۰/۱۴	۰/۰۰۰۴	۰/۲۴	۲	تکرار	
۵۱۳/۲**	۵۰۶۳۳۶۷/۴**	۳۴۳۹۰۷۳/۱**	۱۴۲۷۰۳/۲**	۴۱/۸**	۱/۰۶**	۵۹/۴**	۲	رژیم‌های آبیاری	
۴/۲	۱۹۳۱۴/۴	۱۳۸۸۷/۷	۲۶۶/۵	۰/۲۸	۰/۰۰۷۳	۰/۶۹	۴	خطای اصلی	
۱۶/۴**	۷۳۰۹۷۰/۳**	۶۲۳۹۳۸/۵**	۱۰۴۴۸/۲**	۸/۰۵**	۰/۱۷**	۶۲/۸**	۷	محلول‌پاشی	
۶/۲**	۸۱۵۰۱/۷**	۵۲۵۷۷/۲**	۸۶۶/۱**	۰/۳۹**	۰/۰۱**	۱/۲**	۱۴	رژیم آبیاری* م محلول‌پاشی	
۱/۶	۱۷۸۰۲/۳	۱۳۸۶۴/۲	۱۲۳/۱	۰/۱۵	۰/۰۰۳۹	۰/۴۶	۴۲	خطای آزمایشی	
۵	۴	۴/۶	۵/۴	۱/۷	۱/۸	۱/۴		ضریب تغییرات (%)	

ns و *: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪

تأثیر مربوط به تیمار آهن ۱/۵٪ بود که میزان کلروفیل a را به میزان ۴۵ 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 به صورت منفرد و ترکیبی با منگنز بیشتر از غلظت‌های منفرد منگنز بود. ماده مشترک برای ساخت کلروفیل و هیم (Hem)، اسید دلتا-آمینولوولینیک است که میزان تشکیل آن به وسیله آهن کنترل می‌شود (Hirai *et al.*, 2007). همچنین عنصر منگنز جزء

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 ۵٪ و توأم آهن ۱٪ + منگنز ۱٪ توانست به میزان ۴۹ 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

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ماش سبز در تیمارهای مختلف رژیم آبیاری و محلولپاشی عناصر آهن و منگنز

تنش خشکی خشن بیرون نشست (شاهد)	محلولپاشی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کارتنتوئید	پرولین (میکرو مول بر گرم وزن تر برگ)
۲/۶ ^k	۰/۸ ⁱ	۱/۲۳ ^c	۰/۴۶ ^c	۰/۷۷ ^c	بدون محلول پاشی	
۲/۴ ^{kl}	۰/۸ ⁱ	۱/۲۳ ^e	۰/۴۶ ^c	۰/۷۷ ^e	آب خالص	
۲/۰ ^l	۱/۰ ^{hi}	۱/۴۵ ^c	۰/۵۴ ^b	۰/۹۱ ^c	آهن٪۱	
۲/۱ ^{kl}	۱/۰ ^h	۱/۶۵ ^b	۰/۵۳ ^b	۱/۱۲ ^a	آهن٪۱/۵	
۲/۲ ^{kl}	۰/۹ ^{hi}	۱/۳۷ ^d	۰/۵۱ ^b	۰/۸۵ ^d	منگنز٪۰/۵	
۲/۴ ^{kl}	۰/۹ ^{hi}	۱/۴۰ ^d	۰/۵۲ ^b	۰/۸۸ ^d	منگنز٪۱	
۲/۰ ^l	۰/۹ ^{hi}	۱/۷۳ ^a	۰/۶۷ ^a	۱/۰۹ ^b	آهن٪۰/۵ و منگنز٪۰/۵	
۱/۹ ^l	۱/۰ ^h	۱/۶۱ ^b	۰/۵۳ ^b	۱/۱۰ ^{ab}	آهن٪۱/۵ و منگنز٪۱	
۱۱/۳ ^c	۲/۲ ^g	۰/۸۵ ^k	۰/۳۲ ^{hi}	۰/۵۳ ^k	بدون محلول پاشی	
۹/۶ ^d	۲/۲ ^g	۰/۸۸ ^k	۰/۳۲ ^{hi}	۰/۵۷ ^k	آب خالص	
۵/۲ ^{hi}	۲/۸ ^{de}	۱/۱۲ ^h	۰/۳۹ ^{d-h}	۰/۷۳ ^f	آهن٪۱	
۵/۹ ^g	۲/۷ ^{ef}	۱/۰۷ ^{gh}	۰/۳۸ ^{fg}	۰/۶۹ ^g	آهن٪۱/۵	
۷/۸ ^f	۲/۵ ^f	۱/۰۷ ^h	۰/۳۸ ^{fg}	۰/۶۹ ^{gh}	منگنز٪۰/۵	
۷/۷ ^f	۲/۵ ^f	۱/۱۰ ^{fg}	۰/۴۳ ^{c-e}	۰/۶۷ ^{gh}	منگنز٪۱	
۹/۴ ^{ij}	۳/۰ ^{cd}	۱/۲۲ ^e	۰/۴۳ ^{c-e}	۰/۷۹ ^e	آهن٪۰/۵ و منگنز٪۰/۵	
۴/۳ ^j	۳/۱ ^{bc}	۱/۲۲ ^e	۰/۴۳ ^{cd}	۰/۷۹ ^e	آهن٪۱/۵ و منگنز٪۱	
۱۴/۹ ^a	۲/۵ ^f	۰/۷۲ ^l	۰/۳۰ ⁱ	۰/۴۳ ^m	بدون محلول پاشی	
۱۳/۷ ^b	۲/۵ ^f	۰/۷۳ ^l	۰/۳۰ ⁱ	۰/۴۳ ^m	آب خالص	
۹/۴ ^d	۲/۹ ^{cd}	۱/۰۴ ^h	۰/۳۹ ^{c-g}	۰/۶۶ ^{hi}	آهن٪۱	
۷/۸ ^e	۳/۲ ^b	۰/۹۳ ^k	۰/۳۹ ^{c-g}	۰/۵۵ ^{jk}	آهن٪۱/۵	
۸/۰ ^e	۲/۸ ^{de}	۰/۸۵ ^k	۰/۳۶ ^{gh}	۰/۴۹ ^l	منگنز٪۰/۵	
۹/۷ ^d	۲/۸ ^{de}	۰/۸۷ ^k	۰/۳۷ ^{gh}	۰/۵۰ ^l	منگنز٪۱	
۵/۶ ^{gh}	۳/۷ ^a	۱/۰۰ ⁱ	۰/۴۳ ^{c-e}	۰/۵۷ ^j	آهن٪۰/۵ و منگنز٪۰/۵	
۵/۳ ^{c-i}	۲/۹ ^{c-e}	۱/۰۵ ^h	۰/۴۱ ^{d-f}	۰/۶۴ ⁱ	آهن٪۱/۵ و منگنز٪۱	

در هر ستون حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است (بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۰.۵٪)

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

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 کم آبی بر محتوای کلروفیل b نشان داد میزان کلروفیل b در هر دو سطح

ی زایشی و در تیمارهای محلول پاشی توأم آهن ۱٪ + منگنز ۰٪۵ و محلول پاشی آهن ۱٪۵ به ترتیب ۴۴ و ۲۸ درصد نسبت به تیمار شاهد (بدون محلول پاشی) مشاهده گردید (جدول ۳). افزایش میزان کاروتینوئید در این شرایط می‌تواند ناشی از نقش حفاظتی این رنگیزه‌ها باشد. افزایش میزان کاروتینوئید در این شرایط می‌تواند ناشی از نقش حفاظتی این رنگیزه‌ها باشد. کاروتینوئیدها از راه برگشت‌پذیر با رادیکال‌های آزاد اکسیژن و تشکیل زاتوفیل مانع تخریب کلروفیل‌ها می‌شوند (Amal and Aly, 2008). محلول پاشی با عناصر آهن و منگنز باعث افزایش میزان کاروتینوئید گردید و توانست اثرات مخرب تنش خشکی را بر این رنگدانه کاهش دهد.

جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر رژیم‌های آبیاری، محلول پاشی و برهمکنش آن‌ها بر محتوای پرولین برگ معنی‌دار 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. محلول پاشی با سولفات آهن و منگنز باعث کاهش مقدار پرولین در تمام سطوح کم‌آبی گردید، اما تیمارهای مختلف محلول پاشی در سطوح مختلف کم‌آبی رفتارهای متفاوتی داشتند. محلول پاشی توأم آهن ۱٪ + منگنز ۱٪ بیشترین کاهش را در محتوای پرولین برگ در تمام سطوح تنش ایجاد کرد و میزان پرولین را در شرایط بدون تنش ۲۶ درصد و در شرایط تنش در دوره روشی ۶۲ درصد و تنش در دوره زایشی را ۶۴ درصد کاهش داد. این تیمار با تیمار محلول پاشی 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 محلول پاشی ($P \leq 0.01$) و برهمکنش آن‌ها ($P \leq 0.05$) بر صفت محتوای منگنز دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). کمترین میزان منگنز دانه در تیمار مرحله زایشی با کاهش ۱۵ درصدی

مرحله‌ی رویشی و تنش در مرحله‌ی زایشی افزایش یافت (جدول ۳). در این تیمارها کمترین میزان کلروفیل b در کرت‌های بدون محلول پاشی و محلول پاشی آب خالص در هر دو سطح تنش خشکی بدست آمد. آهن در فعال‌سازی پروتئین سنتتاژهای مسیر بیوسنتر کلروفیل و برخی آنزیمه‌های آنتی‌اکسیدانت 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، محلول پاشی و برهمکنش آن-ها بر محتوای کلروفیل b + a در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر کم‌آبی بر محتوای کلروفیل b + a در برگ نشان داد که میزان کلروفیل کل در تیمار تنش مرحله‌ی رویشی ۲۷٪/۴ درصد و در تیمار تنش مرحله‌ی زایشی ۳۹ درصد نسبت به تیمار شاهد (تأمین رطوبت) کاهش نشان داد (جدول ۳). در تنش رویشی تیمارهای محلول پاشی توأم آهن ۱٪ + منگنز ۰٪۵ درصدی کلروفیل کل ۱٪ + منگنز ۱٪ باعث افزایش ۴۳٪/۵ کاهش کلروفیل کل در تیمار نشان داد که میزان کلروفیل کل نسبت به شاهد (بدون محلول پاشی) شدند. مطالعه بابائیان و همکاران (۱۳۸۴) روی آفتابگردان نیز نشان داد با محلول پاشی آهن و روی میزان کلروفیل کل در برگ به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت (بابائیان، ۱۳۸۴). میزان کلروفیل در گیاهان یکی از عوامل مهم حفظ ظرفیت فتوستراتزی به شمار می‌رود که در این آزمایش بعلت تنش خشکی، از میزان کلروفیل در برگ گیاه کاسته شد از طرفی محلول پاشی عناصر آهن و منگنز به‌دلیل 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، محلول پاشی و برهمکنش آن‌ها بر میزان کاروتینوئید برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). کمترین میزان کاروتینوئید 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 کاروتینوئید نیز در تیمار تنش خشکی در مرحله

منگنز به صورت منفرد تأثیر کمی در افزایش محتوای آهن دانه داشته ولی به صورت ترکیبی با آهن قادر به افزایش آهن دانه می‌باشد، و این عمل بهویژه در سطوح کم‌آبی بیشتر مشهود بود (جدول ۴). نتایج تحقیقات محققان بیان‌گر آن است که مصرف کودهای ریزمغذی می‌تواند مقاومت گیاهان به تنفس‌های Baybordi, (2004) در این آزمایش مشخص شد که مصرف آهن بصورت منفرد و توأم با منگنز باعث افزایش محتوای آهن دانه شد.

اثر تنفس 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 تنفس خشکی در مرحله‌ی زایشی، نیتروژن بذر را بیشتر کاهش داد هرچند که این کاهش نسبت به تنفس مرحله‌ی رویشی ناچیز بود ولی اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار شد. تنفس 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 ۴). در شرایط تنفس خشکی از طرفی به علت کاهش رطوبت خاک و از طرف دیگر کاهش فعالیت باکتری‌های ثبیت کننده نیتروژن در گره رویشی ماش، انتقال نیتروژن از رویش 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 از جمله تنفس رطوبتی و حرارتی در محیط رشد گیاه میزان رطوبت خاک کاهش یابد، جذب نیتروژن با مشکل مواجه می‌شود و انتقال آن از رویش به اندام‌های هوایی مختل می‌شود.

محلول‌پاشی عناصر آهن و منگنز باعث افزایش نیتروژن بذر در شرایط تأمین رطوبت و تنفس خشکی در هر دو مرحله رویشی و زایشی شد (جدول ۴). 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 تنفس بیشتر از شرایط رطوبتی بود به‌طوری‌که

نسبت به شاهد (تأمین رطوبت) بدست آمد (جدول ۴). علت کاهش انتقال منگنز به اندام‌های هوایی در کرت‌های تنفس دیده به علت نقصان رطوبت و بالتبغ احتلال در جذب و انتقال می‌باشد، 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 رویش 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 غلطهای مختلف‌های مختلف آهن و منگنز باعث افزایش محتوای منگنز دانه در شرایط کمبود رطوبت شد. به نظر می‌رسد در تنفس مرحله زایشی به دلیل 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 ($P \leq 0.01$) بر محتوای آهن دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد تیمار کم‌آبی در مرحله زایشی بیشترین تأثیر (کاهش ۶ درصدی نسبت به شاهد) را بر محتوای آهن دانه دارد و بیشترین میزان آهن دانه در تیمار آبیاری کامل با میانگین $55/2$ میلی‌گرم در کیلوگرم و کمترین مقدار آهن در تیمار بدون محلول‌پاشی در مرحله زایشی با میانگین $44/5$ میلی‌گرم در کیلوگرم بدست آمد (جدول ۳). بر اساس نظر برخی محققان (موحدی دهنوی، ۱۳۸۳) تنفس 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 $1/5$ و ۱ درصد و تیمارهای محلول‌پاشی توان آهن $1/5$ درصد + منگنز 1 درصد و آهن 1 درصد + منگنز $0/5$ درصد بیشترین تأثیر را بر محتوای آهن دانه داشته (جدول ۴). دیگر محققین نیز افزایش میزان آهن را در صورت استفاده از عناصر ریزمغذی را گزارش کرده‌اند (بابائیان و همکاران، ۱۳۸۴؛ Said-

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ماش سبز در تیمارهای مختلف رژیم آبیاری و محلول پاشی عناصر آهن و منگنز

پرتوئین دانه (درصد)	نیتروژن دانه (درصد)	آهن دانه (میلی گرم در کیلو گرم دانه)	منگنز دانه (میلی گرم در کیلو گرم دانه)	عملکرد دانه (کیلو گرم در هکتار)	محلول پاشی	تنش خشکی
۲۲/۷ ^{b-d}	۳/۷ ^{d-f}	۴۸/۷ ⁱ	۱۲/۲ ^{f-h}	۹۴۷/۳ ^{cd}	بدون محلول پاشی	
۲۲/۹ ^{bc}	۳/۷ ^{bc}	۴۸/۶ ⁱ	۱۲/۶ ^{e-h}	۹۵۷/۳ ^{cd}	آب خالص	
۲۳/۹ ^a	۳/۸ ^{ab}	۵۵/۲ ^a	۱۳/۴ ^{b-d}	۱۳۷۲/۳ ^a	آهن٪۱	بدون تنش (شود)
۲۴/۴ ^a	۳/۹ ^a	۵۴/۹ ^a	۱۳/۶ ^{bc}	۱۲۸۸/۳ ^b	آهن٪۱/۵	
۲۲/۳ ^b	۳/۷ ^{cd}	۵۲/۸ ^{cd}	۱۴/۴ ^a	۱۲۹۰/۳ ^b	منگنز٪۰/۵	
۲۴/۰ ^a	۳/۸ ^{ab}	۵۲/۶ ^{cd}	۱۴ ^{ab}	۱۲۹۸/۳ ^{ab}	منگنز٪۱	
۲۴/۳ ^a	۳/۹ ^a	۵۴/۵ ^{ab}	۱۳/۵ ^{b-d}	۱۳۳۸/۳ ^{ab}	آهن٪۱ و منگنز٪۰/۵	
۲۴/۳ ^a	۳/۹ ^a	۵۳/۶ ^{bc}	۱۳/۷ ^{a-c}	۱۳۳۲/۳ ^{ab}	آهن٪۱/۵ و منگنز٪۱ درصد	
۱۹/۸۷ ^{ij}	۳/۷ ^m	۴۶/۸ ^j	۱۰/۷ ^{ij}	۷۹۳ ^{f-h}	بدون محلول پاشی	
۲۰/۲ ⁱ	۳/۷ ^{kl}	۴۷ ^j	۱۰/۸ ^{ij}	۷۲۶/۳ ^{e-g}	آب خالص	
۲۲/۵ ^{c-e}	۳/۷ ^{e-g}	۵۱/۹ ^{d-f}	۱۱/۴ ^h	۸۸۴ ^d	آهن٪۱	رویشی
۲۲/۹ ^{bc}	۳/۷ ^{c-e}	۵۲/۴ ^d	۱۲ ^{gh}	۷۹۹/۷ ^e	آهن٪۱/۵	رویشی
۲۱/۵ ^{gh}	۳/۴ ^{cd}	۵۰/۹ ^{f-h}	۱۳/۳ ^{c-e}	۷۸۹/۷ ^e	منگنز٪۰/۵	رویشی
۲۱/۵ ^{gh}	۳/۴ ^{ab}	۵۰/۹ ^{f-h}	۱۲/۹ ^{d-f}	۷۵۱ ^{ef}	منگنز٪۱	رویشی
۲۳/۰ ^{bc}	۳/۷ ^a	۵۲/۲ ^d	۱۲/۳ ^{f-h}	۱۰۰۰/۳ ^c	آهن٪۱ و منگنز٪۰/۵	
۲۲/۷ ^{b-d}	۳/۷ ^a	۵۲/۱ ^{de}	۱۲/۲ ^{f-h}	۱۰۰۶ ^c	آهن٪۱/۵ و منگنز٪۱ درصد	
۱۹/۷ ^j	۳/۱ ^m	۴۴/۵ ^k	۹/۵ ^k	۵۳۶ ^j	بدون محلول پاشی	
۱۹/۷ ^{ij}	۳/۷ ^{lm}	۴۴/۶ ^k	۱۰/۱ ^{jk}	۵۸۴/۷ ^{ij}	آب خالص	
۲۲/۰ ^{e-g}	۳/۵ ^{g-i}	۵۱/۱ ^{c-h}	۱۰/۷ ^{ij}	۷۲۷/۳ ^{e-g}	آهن٪۱	رویشی
۲۲/۲ ^{d-f}	۳/۵ ^{f-h}	۵۰/۹ ^{f-h}	۱۱/۱ ⁱ	۶۶۳/۷ ^{gh}	آهن٪۱/۵	رویشی
۲۱/۵ ^{gh}	۳/۶ ^{ij}	۵۰/۶ ^{gh}	۱۲/۷ ^{e-g}	۶۱۴/۷ ^{hi}	منگنز٪۰/۵	رویشی
۲۱/۲ ^h	۳/۶ ^{jk}	۵۰/۵ ^h	۱۲/۶ ^{e-g}	۶۶۴/۷ ^{gh}	منگنز٪۱	رویشی
۲۱/۸ ^{f-h}	۳/۵ ^{h-j}	۵۱/۷ ^{d-g}	۱۲/۲ ^{f-h}	۷۸۱/۳ ^e	آهن٪۱ و منگنز٪۰/۵	رویشی
۲۱/۷ ^{f-h}	۳/۵ ^{h-j}	۵۲/۲ ^{de}	۱۲/۵ ^{e-h}	۷۹۷/۳ ^e	آهن٪۱/۵ و منگنز٪۱ درصد	رویشی

در هر ستون حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بین میانگین ها است (بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال٪۰.۵)

ثبتیت نیتروژن، عنصر آهن در ترکیب لگ هموگلوبین و واکنش های مربوط به ثبتیت نیتروژن شرکت دارد. علاوه بر این، آهن در ترکیب با آنزیم های نیترات و نیتریت ردوکتاز (به ترتیب در سیتوپلاسم و کلروپلاست) نیز شرکت دارد، که در نتیجه، علاوه بر ثبتیت نیتروژن، روی مقدار احیای نیتروژن در گیاه اثر مستقیم

افزایش نیتروژن دانه در کرت های بدون تنش و تنش رویشی و زایشی توسط این تیمارها به ترتیب ۸، ۱۲/۵ و ۱۳ درصد بدست آمد (جدول ۴). ماش سبز دارای همزیستی با باکتری های ثبتیت کننده نیتروژن می باشد و می تواند مقدار در خور توجهی از نیتروژن مورد نیاز را تأمین نمایند در این میان، برای

ادامه جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ماش سبز در تیمارهای مختلف آپیاری و محلول پاشی عنصر آهن و منگنز

تنش خشکی	محلول پاشی	عملکرد پروتئین دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد علوفه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)
آهن ۱٪	بدون محلول پاشی	۲۱۴/۵ ^{cd}	۲۳۴۰/۷ ^{g-i}	۳۱۴۵/۷ ^{f-i}	۳۰/۱ ^{de}
آهن ۱/۵٪	آب خالص	۲۱۹/۲ ^c	۲۴۴۸/۷ ^{gh}	۳۲۵۸/۳ ^{c-g}	۲۹/۴ ^{ef}
آهن ۰/۱٪	آهن	۳۲۸/۰ ^a	۳۲۰۳/۳ ^b	۴۰۸۹/۷ ^{bc}	۳۳/۵ ^a
آهن ۰/۱۵٪	منگنز	۳۱۴/۳ ^{ab}	۳۰۷۱/۷ ^{bc}	۳۹۴۸/۷ ^c	۳۲/۷ ^{a-c}
آهن ۰/۰۵٪	منگنز	۳۰۰/۱ ^b	۲۹۸۹/۰ ^{cd}	۴۰۲۰/۳ ^c	۳۲/۱ ^{a-d}
آهن ۰/۱٪	بدون محلول پاشی	۳۱۲/۰ ^{ab}	۲۸۴۱/۰ ^{de}	۳۹۲۳/۷ ^c	۳۳/۱ ^{ab}
آهن ۰/۰۵٪	آب خالص	۳۲۵/۱ ^a	۳۴۱۱/۰ ^a	۴۳۰۷/۷ ^{ab}	۳۱/۱ ^{a-d}
آهن ۰/۱٪	بدون محلول پاشی	۳۲۲۳/۸ ^a	۳۴۱۹/۰ ^a	۴۳۲۴/۳ ^a	۳۰/۹ ^{c-e}
آهن ۰/۱٪	آب خالص	۱۳۷/۷ ⁱ	۲۱۰۹/۰ ^{ij}	۲۹۱۵/۳ ^j	۲۳/۸ ^{i-k}
آهن ۰/۰۵٪	منگنز	۱۴۷/۱ ^{hi}	۲۲۵۲/۷ ⁱ	۲۹۸۳/۳ ^{h-j}	۲۴/۴ ^{h-k}
آهن ۰/۱٪	بدون محلول پاشی	۱۹۸/۸ ^{de}	۲۵۱۷/۰ ^{fg}	۳۴۷۱/۷ ^{de}	۲۵/۵ ^{hi}
آهن ۰/۱۵٪	آب خالص	۱۸۳/۶ ^{ef}	۲۴۴۹/۷ ^{gh}	۳۲۶۳/۷ ^{ef}	۲۴/۵ ^{h-j}
آهن ۰/۰۵٪	منگنز	۱۶۹/۸ ^{fg}	۲۴۷۰/۷ ^{f-h}	۳۲۱۰/۷ ^{fg}	۲۴/۶ ^{h-j}
آهن ۰/۱٪	منگنز	۱۶۱/۲ ^{gh}	۲۵۱۰/۰ ^{fg}	۳۶۰۲/۷ ^{fg}	۲۳/۱ ^{j-l}
آهن ۰/۰۵٪	آب خالص	۲۳۰/۳ ^c	۲۶۵۶/۷ ^{ef}	۳۶۳۶/۰ ^d	۲۷/۸ ^{fg}
آهن ۰/۱٪	بدون محلول پاشی	۲۲۸/۰ ^c	۲۷۹۱/۷ ^e	۲۶۴۷/۷ ^d	۲۷/۷ ^{fg}
آهن ۰/۰۵٪	آب خالص	۱۰۰/۱ ^j	۱۸۳۷/۰ ^k	۲۸۲۵/۰ ^k	۲۰/۳ ^m
آهن ۰/۱٪	بدون محلول پاشی	۱۱۵/۳ ^j	۲۰۰۵/۰ ^{jk}	۳۱۰۷/۳ ^{jk}	۲۰/۷ ^m
آهن ۰/۱٪	آب خالص	۱۵۹/۸ ^{gh}	۲۲۸۸/۰ ^{hi}	۷۷۲۹۷۹ ^{f-i}	۲۲/۱ ^{j-l}
آهن ۰/۱۵٪	آب خالص	۱۴۷/۱ ^{hi}	۲۲۴۵/۰ ⁱ	۲۹۶۹/۷ ^{ij}	۲۲/۴ ^{k-m}
آهن ۰/۰۵٪	منگنز	۱۳۷/۸ ⁱ	۲۲۲۴/۷ ^{gh-i}	۳۰۴۳/۳ ^{g-j}	۲۱/۱ ^{lm}
آهن ۰/۱٪	منگنز	۱۴۰/۹ ⁱ	۲۲۴۴/۰ ⁱ	۲۹۷۵/۷ ^{ij}	۲۲/۷ ^{k-m}
آهن ۰/۰۵٪	آب خالص	۱۷۰/۲ ^{fg}	۲۲۴۱/۰ ^{g-i}	۲۹۵۷/۰ ^{ij}	۲۶/۴ ^{gh}
آهن ۰/۰۵٪	آب خالص	۱۷۷/۷ ^{fg}	۲۴۸۰/۰ ^{f-h}	۳۱۹۷/۷ ^{f-h}	۲۴/۹ ^{h-j}

در هر ستون حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بین میانگین ها است (بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۰.۵٪).

های بدون تنش و تنش در مرحله رویشی و زایشی افزایش داد. در مرحله زایشی تیمار محلولپاشی آهن 15% بیشترین تأثیر را با $13/2$ 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 $1\% + \text{منگنز } 5\%$ درصد پروتئین بذر را بیشتر از سایر سطوح محلولپاشی در شرایط تنش افزایش داد ($15/8$ درصد افزایش نسبت به تیمار بدون محلولپاشی). این در حال بود که دو سطح محلولپاشی منگنز

ناتایج تجزیه واریانس نشان داد که پروتئین دانه تحت تأثیر رژیم‌های آبیاری، محلول‌پاشی و اثرات متقابل آنها قرار گرفت (جدول ۲). تنش خشکی سبب کاهش معنی دار 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 ۴).

تأمین رطوبتی تیمار محلول پاشی آهن ۱/۱٪ با ۴۴/۸ درصد عملکرد دانه را افزایش داد (جدول ۴). افزایش عملکرد دانه به دلیل نقش عناصر ریزمغذی در تعديل 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 فتوسترز برگ های جوان گردیده و انتقال مواد به محل های ذخیره ای را افزایش داده و سبب افزایش وزن دانه ها گردیده لذا عملکرد دانه را مستقیماً تحت تأثیر قرار می دهد. لذا به نظر می رسد که محلول پاشی آهن و منگنز از طریق تأثیر بر این صفات منجر به بهبود فتوسترز 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 کم آبی، محلول پاشی و برهمکنش آنها قرار گرفت (جدول ۲). عملکرد پروتئین دانه، حاصل ضرب عملکرد دانه در درصد پروتئین دانه می باشد (بابائیان، ۱۳۸۴)، لذا این صفت تحت تأثیر مستقیم این دو پارامتر است. تنش کم آبی در هر دو مرحله باعث کاهش عملکرد پروتئین دانه شد، این کاهش در ۳۷/۷ تیمار تنش کم آبی در مرحله رویشی و زایشی به ترتیب و ۵۰/۸ درصد بود. شرایط آبیاری کامل (شاهد) بیشترین عملکرد پروتئین را باعث شد، چون عملکرد پروتئین به شدت به عملکرد دانه وابسته است و این دو صفت در شرایط آبیاری افزایش داشتند. تنش کم آبی 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).

محلول پاشی با سولفات آهن و منگنز منجر به افزایش عملکرد پروتئین دانه در تمام سطوح تنش گردید به طوری که محلول پاشی توأم آهن ۱٪ + منگنز ۰/۵٪ و محلول پاشی توأم آهن ۱/۵٪ + منگنز ۰/۱٪ در تنش مرحله رویشی عملکرد پروتئین را نسبت به کرت های بدون محلول پاشی در این مرحله به ترتیب ۶۷/۲ و ۶۵/۹ درصد افزایش داد و در یک گروه آماری افزایش قرار داشتند (جدول ۴). در مورد تأثیر کودهای آهن و

به صورت منفرد کمترین تأثیر را بر درصد پروتئین دانه در هر دو سطح تنش ایجاد کرد (جدول ۴). بنابراین می توان 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 بر RNA در ترکیب با هم باعث افزایش بیشتر پروتئین بذر می شوند (Cakmak *et al.*, 2010).

نتایج آزمایش حاکی از معنی دار بودن اثر محلول پاشی، رژیم آبیاری و برهمکنش عوامل آزمایشی در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه می باشد (جدول ۲). سطوح مختلف کم آبی تأثیر متفاوتی بر عملکرد دانه داشت، به طوری که بیشترین عملکرد دانه از کرت های بدون تنش و کمترین آنها از کرت های تنش دیده در مرحله زایشی به دست آمد (جدول ۴). این کاهش در مرحله زایشی ۴۵ 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 برگ ها 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 تأثیر قرار داد (Sadeghipour, 2008). محلول پاشی آهن و منگنز گرچه در تمام سطوح تنش باعث افزایش عملکرد دانه شد، ولی این افزایش در شرایط تنش زایشی محسوس تر بود (جدول ۴). به طوری که در تیمار محلول پاشی توأم آهن ۱/۵٪ + منگنز ۱٪، با ۴۸/۸ درصد و همچنین محلول پاشی توأم آهن ۱٪ + منگنز ۵٪، با ۴۵/۷ درصد افزایش نسبت به شاهد (عدم محلول پاشی)، بیشترین افزایش عملکرد را در تنش زایشی به خود اختصاص داد و در یک گروه آماری قرار داشتند. در تنش رویشی تیمارهای محلول پاشی توأم آهن ۱/۵٪ + منگنز ۱٪ و همچنین آهن ۱٪ + منگنز ۰/۵٪ به ترتیب باعث افزایش ۴۵/۲ و ۴۴/۳ درصدی عملکرد دانه نسبت به شاهد شدند و در یک گروه آمار قرار داشتند و در نهایت در شرایط

افزایش عنصر تأثیر کمی روی عملکرد دارد. در همین رابطه چاکر الحسینی و همکاران (۱۳۸۱) گزارش کردند که مصرف آهن در سطوح ۲/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم در خاک سبب افزایش معنی داری در وزن ماده خشک می‌گردد ولی در سطوح بالاتر آهن رشد سویا کاهش می‌یابد. در تحقیقی محلولپاشی با عناصر آهن به اضافه‌ی روی و منگنز دارای بیشترین عملکرد مادة خشک و علوفه‌ی تر و باعث بهبود خصوصیات کیفی ذرت هیرید ۷۰۴ 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 به ترتیب باعث کاهش ۱۵/۱ و ۲۳/۴ 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 فتوستترز کننده) دانست. شواهد زیادی وجود دارد که کاهش فراهمی آب سبب کاهش جذب عناصر غذایی، افت شاخص سطح برگ و توان فتوستترزی 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 سولفات‌آهن 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 ریزمذذی به خصوص عناصر آهن و

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

اثر تیمارهای کم‌آبی و محلولپاشی و برهمنکنش آنها بر عملکرد علوفه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). کم‌آبی در هر دو مرحله رویشی و زایشی باعث کاهش عملکرد علوفه ماش شد. بیشترین عملکرد علوفه مربوط به شاهد (تأمین رطوبت) با میانگین ۲۹۶۵ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار مربوط به تنش خشکی در مرحله رویشی و زایشی به ترتیب با ۲۴۷۵ و ۲۲۲۰ کیلوگرم در هکتار بود که باهم اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول ۴). 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 به طوری که این افزایش در تیمار محلولپاشی توأم آهن و منگنز بیش از سایر تیمارها بود و اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ۴). افزایش وزن خشک کل در تیمار آهن می‌تواند به علت افزایش فتوستترز در نتیجه افزایش غلاظت کلروفیل بویژه کلروفیل a و نیز افزایش فعالیت فسفوanol پیرووات کربوکسیلاز و ریبولوز دی فسفات کربوکسیلاز و نیز نقش مثبت آهن و منگنز در فتوسیستم‌های I و II، که در نتیجه‌ی آن مواد فتوستترزی 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 تجمیلی می‌شود و

تنش در مرحله‌ی رویشی (۲۰/۲ درصد کاهش نسبت به شاهد) باعث کاهش این شاخص گردید (جدول ۴). در تنش مرحله‌ی زایشی به دلیل 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 به طور 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 تأثیر پذیری شاخص برداشت که نشان دهنده میزان تخصیص مواد فتوستزی 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 فتوستز 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 می‌شود 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 فتوستزی و عملکرد دانه بیشتر در این شرایط کاهش داده، شاخص برداشت را افزایش دهد. جدول مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی سولفات آهن و منگنز (جدول ۴) 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 ۴). 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٪+ منگنز ۱٪ و محلول

منگنز سبب کاهش شدید فتوستز 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 آهن ۱٪+ منگنز ۰/۵٪ و تیمار محلول‌پاشی آهن ۱٪ در مرحله رویشی مشاهده شد و باعث افزایش ۱۹ تا ۲۴ درصدی عملکرد بیولوژیک نسیت به تیمار بدون محلول‌پاشی در همین مرحله شدند، درحالی که در تنش مرحله‌ی زایشی تیمار محلول‌پاشی توأم آهن ۱/۵٪+ منگنز ۱٪، عملکرد بیولوژیک را حدود ۲۰ درصد افزایش دهد، که به دلیل تأثیر مثبت منگنز در بیوسنتز اکسین و تأثیر آهن در افزایش فتوستز و رشد قابل انتظار می‌باشد. از طرفی کمترین عملکرد بیولوژیک در تیمار بدون محلول‌پاشی در تنش مرحله‌ی زایشی مشاهده شد (جدول ۴). در یک تحقیق مشخص گردید که تیمارهای محلول‌پاشی با عناصر ریزمغذی در مقایسه با شاهد به طور 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 با توجه 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 فتوستزی و تنفسی (Seifi Nadergoli et al., 2011)، و نقش مثبت این دو عنصر در فتوسیستم‌های I و II و افزوده شدن بر سایر فعالیت‌های متابولیسمی گیاه (Seifi Nadergoli et al., 2011)، هم افزایی این عناصر باعث افزایش غلظت فتوستز و دوام سطح برگ و در نتیجه مقدار فتوستز گیاه می‌گردد که این عوامل می‌تواند در نهایت وزن خشک گیاه را افزایش دهند. همچنین عنصر آهن و منگنز با افزایش جذب عناصر از خاک و افزایش تثیب نیتروژن توسط باکتری‌های هم‌زیست می‌تواند سبب افزایش عملکرد بیولوژیک شوند.

شاخص برداشت تحت تأثیر تیمارهای کم‌آبی و محلول‌پاشی و برهمکنش آن‌ها قرار گرفت (جدول ۲). تنش در مرحله‌ی زایشی (۲۸/۵ درصد کاهش نسبت به شاهد) بیش از

با تأثیر بر صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک ماش سبز منجر به کاهش عملکرد گیاه شد. تحت تأثیر تنفس خشکی، درصد پروتئین دانه و محتوای رنگیزه کلروفیل به شدت کاهش یافت. همچنین تنفس کم‌آبی موجب افزایش شدید پرولین آزاد برگ و رنگیزه کاروتونوئید گردید. محلول‌پاشی سولفات آهن و منگنز به طور قابل توجهی از این تغییرات جلوگیری کرد، و با کاهش اثرات تنفس خشکی باعث کاهش میزان پرولین شد و در کل عملکرد دانه را افزایش داد. به نظر 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 موردنیاز گیاه از خاک شده و در نتیجه گیاه با ذخایر فتوستزی و حجم و طول ریشه بیشتری وارد شرایط تنفس گردیده است. محلول‌پاشی با آهن و منگنز در تمام سطوح تنفس 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 به عنوان یک گیاه پروتئینی و علوفه‌ای در شرایط کم‌آبی را می‌توان با محلول‌پاشی عناصر آهن و منگنز تا حدودی بهبود بخشید.

پاشی توأم آهن $1\% + \text{منگنز } 0.5\%$ با $16/38$ درصد باعث افزایش شاخص برداشت شد و بالآخره در تنفس مرحله‌ی زایشی تیمار محلول‌پاشی آهن $1\% + \text{منگنز } 0.5\%$ با 30 درصد، شاخص برداشت را نسبت به شاهد افزایش دادند. بنابراین چنین به نظر می‌رسد که افزایش مصرف کود ریزمغذی آهن و منگنز در شرایط تنفس خشکی، باعث بهبود توزیع نسبی فرآورده‌های فتوستزی بین مخازن اقتصادی (دانه‌ها) 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. به طورکلی 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 فتوستزی 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

منابع

- بابائیان، م.، حیدری، م. و قنبری، الف. (۱۳۸۴) اثر تنفس خشکی و محلول‌پاشی عناصر کم مصرف بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و جذب عناصر غذایی در آفتابگردان (*Helianthus annus* L.). مجله علوم زراعی ایران. (۴) 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. (۴) ۶: ۹۱-۱۰۰.
- 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. Polyphenoloxidase 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.

- 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., Yoshioka, 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 stress injury to two cool-season turfgrasses in relation to antioxidant 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 (*Phaseolus 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.