

اثر محلول‌پاشی آهن و منگنز بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش سبز در شرایط تنش کم آبی

سجاد اقدسی^۱، سید علی محمد مدرس ثانوی^{۲*}، مجید آقاعلیخانی^۳، حامد کشاورز^۴

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۷/۰۱

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۹/۲۵

- ۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران
 - ۲- استاد و عضو هیئت علمی گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران
 - ۳- دانشیار و عضو هیئت علمی گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران
 - ۴- دانشجوی دکتری زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران
- * مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Modaresa@modares.ac.ir

چکیده

تنش کم آبی از جمله عواملی است که مقدار جذب عناصر غذایی را به شدت کاهش می‌دهد. برای بررسی اثر محلول‌پاشی آهن و منگنز بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش سبز (*Vigna radiata* L.) رقم پرتو در شرایط تنش کم آبی آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل اعمال تنش به صورت قطع آبیاری در سه سطح [بدون آبیاری (شاهد)، یک نوبت قطع آبیاری در مرحله رویشی و یک نوبت قطع آبیاری در مرحله زایشی] و کرت‌های فرعی با هشت سطح محلول‌پاشی [شاهد (بدون محلول-پاشی)، محلول‌پاشی آب خالص، محلول‌پاشی سولفات آهن یک درصد، محلول‌پاشی سولفات آهن یک و نیم درصد، محلول‌پاشی سولفات منگنز نیم درصد، محلول‌پاشی سولفات منگنز یک درصد، محلول‌پاشی توأم سولفات آهن یک درصد + سولفات منگنز نیم درصد و محلول‌پاشی توأم سولفات آهن یک و نیم درصد + سولفات منگنز یک درصد] طی مراحل قطع آبیاری در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که اعمال تیمار تنش کم آبی در دو مرحله رویشی و زایشی اثر معناداری بر عملکرد و کلیه اجزای عملکرد دانه این رقم از ماش سبز داشته و بیشترین تأثیر تنش کم آبی در مرحله زایشی بود. محلول‌پاشی توأم آهن و منگنز به طور معناداری عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته، وزن هزار دانه، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ و غلظت آهن و منگنز دانه را افزایش داد. هرچند که تنش کم آبی باعث کاهش صفات مورد مطالعه شد اما محلول‌پاشی آهن و منگنز با ایجاد تحمل در گیاه باعث شد که گیاه دیرتر با شرایط تنش کم آبی مواجه شده و عملکرد بهتری داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: تنش کم آبی، سولفات آهن، سولفات منگنز، عملکرد پروتئین

Effect of Foliar Application of Iron and Manganese on Yield and Yield Components of Mungbean under Water Deficit Stress

S Aghdasi¹, SAM Modares Sanavy^{1,2*}, M Aghaalikhani³, H Keshavarz⁴

Received: 15 September 2015 Accepted: 21 May 2016

¹Former M.Sc. Graduate Student, Dept. of Agronomy, Faculty of Agric., Tarbiat Modares Univ., Iran

²Prof., Dept. of Agronomy, Faculty of Agric., Tarbiat Modares Univ., Iran

³Assoc., Prof. Dept. of Agronomy, Faculty of Agric., Tarbiat Modares Univ., Iran

⁴PhD. Student., Dept. of Agronomy, Faculty of Agric., Tarbiat Modares Univ., Iran

*corresponding Author, Email: Modaresa@modares.ac.ir

Abstract

Water stress is one of the factors which reduces the amount of nutrient uptake, greatly. In order to study the effect of foliar application of iron and manganese on yield and yield components of the mung bean (*Vigna radiata* L. Parto) under water deficit stress, an experiment was conducted as a complete randomized block design with split plot arrangement in three replications. Main plots were three levels of irrigation stoppings (With out stopping irrigation, with one irrigation turn stopping at each of the primary growth and the production stages, respectively) and submain plots were combination of foliar iron and manganese applications. The levels of foliar application were no foliar application (as control), water foliar application, iron sulfate 1%, iron sulfate 1.5%, manganese sulfate 0.5%, manganese sulfate 1%, iron sulfate 1%+ manganese sulfate 0.5% and iron sulfate 1.5%+ manganese sulfate 1%. The results showed that the treatment of water deficit stress at the vegetative and production stages had a significant effect on yield and yield components of the varieties of the mung bean. The highest effect of water stress was related to the production stage. The combined foliar application of the iron and manganese significantly increased the grain yield, number of the pods per plant, grain weight, plant height, leaf area index, and grain iron and manganese content. However, drought stress reduced the studied traits, but foliar application of iron and manganese resulted in plant resistance that caused delay in appearance of the water stress in plant and thus improved the production performance.

Keywords: Water deficit stress, Ferrous sulfate, Manganese sulfate, Protein

مقدمه

حبوبات از منابع مهم تأمین‌کننده پروتئین در اکثر کشورها به ویژه کشورهای در حال توسعه بوده و از نظر اقتصادی از پروتئین حیوانی ارزان‌تر است. حبوبات غنی از کربوهیدرات‌ها، برخی ویتامین‌ها و مواد معدنی ضروری بوده و در تناوب‌های زراعی نیز به عنوان حاصلخیزکننده‌ی زمین و کود مورد استفاده قرار می‌گیرد (خلیل‌زاده و همکاران ۲۰۱۲). ماش سبز (*Vigna radiata* L. Wilczek) بومی هندوستان بوده و دانه آن سرشار از فسفر و پروتئین می‌باشد. ارزش غذایی بالا، قابلیت تثبیت نیتروژن هوا، کوتاهی دوره رشد و عملکرد نسبتاً بالا، ضرورت تحقیق همه جانبه به منظور به دست آوردن بهترین مدیریت زراعی را برای این گیاه آشکار می‌سازد (ایزدی و همکاران ۱۳۹۴).

گیاهان با طیف وسیعی از تنش‌های زیستی و غیرزیستی در طی دوره رشد خود مواجه هستند که به روش‌های مختلفی با آن‌ها مقابله می‌کنند. شرایط محیطی مانند نور، خشکی، دما، شوری و غیره بر رشد، نمو و عملکرد گیاهان تأثیر می‌گذارد (کشاورز و همکاران ۲۰۱۶). خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی محدودکننده تولید در گیاهان زراعی در سرتاسر جهان است (واکریم و همکاران ۲۰۰۵). ماش گرچه نسبت به نخود و لوبیا مقاومت بیشتری به دوره‌های کوتاه مدت خشکی دارد اما محدودیت آب یکی از عوامل اصلی کاهش دهنده عملکرد آن در اکثر نقاط دنیا می‌باشد (دی کوستا و همکاران ۱۹۹۹). به‌طورکلی تنش آب از طریق کاهش سطح برگ، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش قابلیت هدایت روزنه‌ها، کاهش آبیگری کلروپلاست و سایر بخش‌های پروتوپلاسم و کاهش ساخت پروتئین و کلروفیل، سبب تقلیل فرآیند فتوسنتز و در نهایت سبب کاهش رشد و عملکرد گیاه می‌شود (کشاورز و همکاران ۱۳۹۳؛ واکریم و همکاران ۲۰۰۵). در تنش خشکی جذب مواد غذایی از طریق ریشه، به دلیل کاهش حجم آب خاک و همچنین کاهش توزیع مواد غذایی در خاک کاهش یافته و انتقال مواد غذایی از ریشه‌ها به بخش هوایی نیز کم می‌شود؛ بنابراین کمبود مواد غذایی یکی از مهمترین عوامل محدودکننده رشد در شرایط

تنش‌خشکی است (خان و همکاران ۲۰۰۳). با کاهش رطوبت، سرعت و مقدار جذب عناصر غذایی به شدت کاهش می‌یابد. با توجه به محدودیت جذب عناصر در شرایط تنش خشکی و کمبود آب، محلول‌پاشی یک روش مناسب در تغذیه گیاه مطرح می‌گردد (کک مک ۲۰۰۸). محلول‌پاشی یکی از روش‌های معمول تأمین نیاز غذایی گیاهان عالی است که کارایی آن در شرایط نامناسب خاک برای دسترسی عناصر، بیشتر از مصرف خاکی کود می‌باشد (کک مک ۲۰۰۸). محلول‌پاشی عناصر غذایی کم‌مصرف (با غلظت سه میلی‌گرم در لیتر) در سویا باعث افزایش عملکرد، کیفیت، مقاومت به آفات و بیماری‌ها و تنش خشکی گردیده و محلول‌پاشی در مرحله شروع گلدهی به‌طور معناداری باعث افزایش عملکرد شد (اودلی و آنیماشون ۲۰۰۷). ایشان گزارش دادند نقش اساسی عناصر غذایی کم‌مصرف به‌ویژه آهن، مس، بور، روی و منگنز در تشکیل جدار سلولی و مقاومت گیاهان به آفت‌ها، بیماری‌ها و تنش‌های محیطی نقش مهمی دارند. در مطالعه پالگراو (۱۹۸۶) محلول‌پاشی آهن، روی و منگنز سبب افزایش درصد پروتئین، عملکرد علوفه، ارتفاع بوته، تعداد پنجه در بوته و سطح برگ سورگوم گردید. مهمترین نقش منگنز در گیاه در مرحله فتوسنتز و تولید اکسیژن (واکنش هیل) می‌باشد، که منگنز در همان مرحله ابتدای فتوسنتز در سیستم نوری II نقش گیرنده و انتقال دهنده الکترون را ایفا می‌کند. منگنز همچنین در ساخت قندها مؤثر است که با کمبود آن مقدار قند تولید شده در فرآیند فتوسنتز کاهش می‌یابد. همچنین کمبود آهن منجر به کاهش غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی از قبیل کلروفیل و کاروتنوئید در واحد سطح برگ شده که به دنبال آن میزان فتوسنتز برگ به دلیل کاهش تعداد واحدهای فتوسنتزی و همچنین کاهش کارایی فتوشیمیایی سیستم فتوسنتزی II، در واحدهای باقیمانده دچار کاهش می‌گردد (پالگراو ۱۹۸۶).

بخش قابل توجهی از دوره رشد گیاه ماش در تابستان قرار داشته و احتمال کمبود آب در این دوره زیاد بوده و با توجه به اینکه عناصر غذایی کم‌مصرف در ایجاد تحمل به خشکی در گیاهان مختلف تأثیر

های زراعی و باغی به ترتیب ۱۰-۷ و ۳۰۰-۲۵۰ میلی-گرم در کیلوگرم می‌باشد (گوتیرز و رویز دایز ۲۰۱۵، ملکوتی و تهرانی ۱۳۸۴). کود نیتروژنه به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار از منبع 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 ۹ متر مربع [۱] $LAI = LA/Ga$ در نظر گرفته شد.

LA = سطح برگ اندازه‌گیری شده (سانتی‌متر مربع)
 Ga = سطح زمینی که نمونه‌برداری از آن انجام شده (سانتی‌متر مربع).

برای تعیین عملکرد دانه بعد از حذف حاشیه، بوته‌های واقع در یک متر مربع (۱۶ بوته) وسط هر کرت برداشت شدند. غلظت عناصر غذایی کم‌مصرف آهن و منگنز با استفاده از روش خشک سوزانی تعیین شد. عصاره تهیه شده با این روش برای اندازه‌گیری عناصر مختلف غیر از نیتروژن، بر و سیلیس قابل استفاده است (بابائیان و هکاران ۱۳۸۹).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم افزار SAS و ترسیم نمودارها با نرم افزار Excel و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنش کم-آبی و محلول‌پاشی بر ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد معنادار شد ولی اثر متقابل تنش کم‌آبی در محلول‌پاشی بر ارتفاع بوته معنادار نبود. (جدول ۱). مقایسه میانگین‌های تیمارها نشان داد که تنش خشکی در مرحله رویشی بیشترین تأثیر را بر ارتفاع بوته گذاشته و باعث کاهش ۲۷/۷ درصدی ارتفاع بوته نسبت به شاهد گردید. محلول‌پاشی آهن و منگنز موجب افزایش ارتفاع ساقه اصلی شد (جدول ۲). تیمار محلول-پاشی توأم آهن یک و نیم درصد و منگنز یک درصد بیشترین تأثیر (۳۱ درصد افزایش نسبت به عدم

بسزایی دارد، محلول‌پاشی آهن و منگنز می‌تواند باعث کاهش اثرات تنش در این گیاه و بهبود رشد و عملکرد آن شود. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر محلول-پاشی سولفات آهن و منگنز بر عملکرد کمی و کیفی ماش در شرایط تنش کم‌آبی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران انجام گرفت. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. گیاهان کشت شده تا مرحله جوانه‌زنی به صورت کرتی آبیاری شدند. بعد از آن تا پایان دوره کشت آبیاری به وسیله سیستم قطره‌ای انجام شد. از کنترل برای کنترل آب مصرفی استفاده شد. کرت‌های اصلی شامل اعمال تنش به صورت قطع آبیاری در سه سطح، شامل: بدون قطع آبیاری (شاهد)، یک نوبت قطع آبیاری در مرحله رویشی (مرحله دو، رشد اولیه) تا مرحله سریع تشکیل برگ (مرحله سه)، یک نوبت قطع آبیاری در مرحله زایشی (مرحله چهار، گلدهی) تا مرحله شکل‌گیری اولین غلاف (مرحله چهارم). کرت‌های فرعی شامل هشت سطح محلول‌پاشی بصورت: تیمار شاهد (بدون محلول‌پاشی)، محلول‌پاشی آب خالص، محلول‌پاشی سولفات آهن یک درصد، محلول‌پاشی سولفات آهن یک و نیم درصد، محلول‌پاشی سولفات منگنز نیم درصد، محلول‌پاشی سولفات منگنز یک درصد، محلول‌پاشی توأم سولفات آهن یک درصد + سولفات منگنز نیم درصد و محلول‌پاشی توأم سولفات آهن یک و نیم درصد + سولفات منگنز یک درصد طی مراحل قطع آبیاری در نظر گرفته شد. آهن از منبع سولفات آهن $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ و منگنز از منبع سولفات منگنز $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ تهیه شد (موسوی و رونقی ۲۰۱۲). نتایج آزمایش خاک نشان داد که خاک مزرعه از نوع لومی شنی بوده و با توجه به غنی بودن خاک مزرعه از فسفر و پتاسیم، نیازی به کوددهی در زمان تهیه بستر نبود. حد بحرانی فسفر و پتاسیم در خاک-

داشتند و باعث افزایش ۴۱ تا ۴۸ درصدی شاخه فرعی در این مرحله شدند. نتایج نشان داد که تأثیر محلول-پاشی آهن و منگنز در کرت‌های تنش دیده بیشتر از کرت بدون تنش (شاهد) بود. دلیل تأثیر بیشتر عنصر منگنز نسبت به آهن، احتمالاً به دلیل نقش این عنصر در تولید هورمون اکسین در گیاه می‌باشد. در همین رابطه تیسدال (۱۹۹۰) بیان داشت که منگنز نقش مهمی در سیستم‌های آنزیمی مؤثر در تولید اکسین و سوخت و ساز نیتروژن داشته و باعث افزایش تعداد شاخه فرعی می‌شود. تعداد شاخه فرعی در گیاهان یک صفت ژنتیکی است که تا حدودی نیز تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد (کوچکی و بنایان ۱۳۷۲). ترکیب آهن و منگنز توانست از این نظر تفاوت معناداری با شاهد ایجاد کند. به نظر می‌رسد تعداد شاخه‌ها برای گیاه اهمیت زیادی دارد و این اهمیت بیشتر از ارتفاع است چرا که پس از رفع تنش در مراحل اولیه رشد رویشی این صفت را خیلی سریع جبران کرده است.

تعداد برگ در بوته تحت تأثیر تنش کم‌آبی، محلول‌پاشی و برهمکنش کم‌آبی در محلول‌پاشی قرار گرفت (جدول ۱). بیشترین تأثیر تنش کم‌آبی بر تعداد برگ در بوته در مرحله رویشی بر گیاه مشاهده گردید و باعث کاهش ۳۶/۶ درصدی تعداد برگ نسبت به شاهد شد و تنش در مرحله زایشی با کاهش معادل ۳۲/۶ درصد در تعداد برگ نسبت به شاهد قرار داشت. در ابتدای رشد گیاه، آغازه‌های برگ به مقدار زیاد شکل می‌گیرد و در شرایط مطلوب و ایده‌آل همه آن‌ها پتانسیل ایجاد برگ را دارند، اما شرایط نامناسب رشدی و تنش‌های محیطی سبب مرگ آغازه‌های برگ‌ها می‌شوند، تعداد برگ و همچنین از سطح برگ گیاهان کاسته می‌شود (کوچکی و سرمندیا ۱۳۸۲). هرچند که گیاه در ادامه رشد قادر به افزایش سطح برگ خود می‌باشد اما به دلیل از بین رفتن جوانه‌های برگ در ابتدای رشد سریع، گیاه قادر به جبران آن نمی‌باشد.

محلول‌پاشی آهن و منگنز باعث افزایش تعداد برگ گردید و این افزایش در تیمار محلول‌پاشی توأم آهن و منگنز بیشتر مشاهده شد. بعضی از محققان بر این باورند که این عناصر بر تعداد برگ تأثیری ندارند و

محلول‌پاشی) را بر ارتفاع گیاه داشت هرچند که با تیمارهای محلول‌پاشی آهن یک درصد + منگنز نیم درصد و همچنین تیمار محلول‌پاشی منگنز یک درصد در یک گروه آماری قرار داشتند (جدول ۲). افزایش ارتفاع به واسطه‌ی این دو نوع کود مربوط به نقش این عناصر در فتوسنتز است که باعث افزایش ساخت کلروفیل در برگ‌های جوان و افزایش تنظیم‌کننده‌های رشد می‌شوند، در نتیجه فتوسنتز افزایش می‌یابد و مواد فتوسنتزی بیشتری به نقاط مختلف گیاه از جمله ساقه‌ها وارد می‌شود و در نهایت، ارتفاع گیاه افزایش می‌یابد (کک مک ۲۰۰۸، پالگراو ۱۹۸۶).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که شاخه‌های جانبی تحت تأثیر تیمارهای کم‌آبی، محلول‌پاشی و برهمکنش آن‌ها قرار گرفت (جدول ۱). کم‌آبی سبب کاهش معنادار تعداد شاخه جانبی در بوته گردید، به طوری که در تیمار کم‌آبی در مرحله زایشی تعداد شاخه جانبی ۲۹/۸ درصد و در تیمار کم‌آبی در مرحله رویشی ۲۱/۹ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت (جدول ۳). کاهش شاخه جانبی در گیاه در شرایط تنش رطوبتی را می‌توان به اختلال در فتوسنتز به واسطه کمبود آب و کاهش تولید مواد فتوسنتزی جهت ارائه به بخش‌های در حال رشد گیاه و در نهایت عدم دستیابی گیاه به پتانسیل ژنتیکی از نظر تعداد شاخه جانبی در بوته نسبت داد (سعیدی ابواسحق و همکاران ۱۳۹۳). تنش خشکی به خصوص قطع آبیاری در مرحله گلدهی و خورجین‌دهی در کلزا تعداد شاخه‌های فرعی را کاهش داد (پازکی ۱۳۷۹).

محلول‌پاشی آهن و منگنز توانست صدمات ناشی از کمبود رطوبت را در تمام سطوح کم‌آبی جبران نماید (جدول ۳). محلول‌پاشی توأم آهن یک درصد + منگنز نیم درصد و همچنین تیمارهای منفرد منگنز نیم درصد و منگنز یک درصد بیشترین تأثیر را بر تعداد شاخه جانبی گیاهان تحت تنش گذاشت و باعث افزایش ۴۶ درصدی شاخه فرعی نسبت به شاهد در این مرحله شدند (جدول ۳). در تنش مرحله زایشی تیمارهای محلول‌پاشی توأم آهن یک و نیم٪ + منگنز یک٪، آهن یک٪ + منگنز نیم٪ و منگنز یک٪ بیشترین تأثیر را

غلاف می‌شود. بنابراین این‌گونه بنظر می‌رسد که عناصر آهن و منگنز به‌صورت غیر مستقیم باعث افزایش طول غلاف می‌شوند. افزایش تعداد دانه در غلاف و طول غلاف در کلزا با افزایش مصرف نیتروژن گزارش شده است (زنگانی ۱۳۸۰).

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که صفت تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر تیمار تنش کم‌آبی و محلول-پاشی در سطح احتمال یک درصد معنادار شد اما برهمکنش اثر کم‌آبی و محلول‌پاشی بر تعداد دانه در غلاف معنادار نبود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تعداد دانه در غلاف متأثر از کمبود رطوبت بوده به‌طوری‌که این صفت در تنش زایشی و ریشی در یک گروه آماری قرار دارند هرچند که هر دو نسبت به شرایط فراهمی رطوبت کاهش حدود هشت درصدی را نشان می‌دهند (جدول ۲). عدم تأمین مواد فتوسنتزی لازم برای رشد جنین و تکامل بذر، یکی از دلایل عمده کاهش تعداد دانه در بوته در شرایط تنش خشکی می‌باشد (کوچکی و بنایان ۱۳۷۲). در لوبیا چشم بلبلی نیز بیشترین تعداد بذر در غلاف در شرایط بدون تنش رطوبتی حاصل شد (رضایی و حقیقی ۱۳۸۸). در این باره پازکی (۱۳۷۹) نشان داد که هم‌زمانی مرحله زایشی کلزا با تنش خشکی، موجب کاهش اکثر صفات وابسته به عملکرد نظیر تعداد غلاف در بوته، وزن هزاردانه و تعداد دانه درغلاف می‌گردد که کاهش عملکرد دانه، عمدتاً از طریق کاهش تعداد غلاف و تعداد دانه در غلاف می‌باشد. تعداد دانه در غلاف باثبات‌ترین جزء عملکرد در حبوبات محسوب شده و کم‌تر تحت تأثیر عوامل به-زراعی و محیطی قرار می‌گیرد (رضایی و حقیقی ۱۳۸۸).

کاربرد آهن و منگنز تا حدودی منجر به افزایش تعداد دانه در غلاف شد. هرچند که تیمارهای محلول-پاشی در یک گروه آماری قرار داشتند اما تیمار محلول-پاشی آهن یک و نیم درصد و تیمار محلول‌پاشی توأم آهن یک درصد + منگنز نیم درصد به ترتیب با میانگین ۱۱/۲ و ۱۱ بیشترین تأثیر را بر تعداد دانه در غلاف داشتند (جدول ۲). با توجه به نقش آهن و منگنز در

تعداد برگ، بیشتر تحت تأثیر تراکم گیاه قرار می‌گیرد (خلیلی محله و رشدی ۱۳۸۷)، اما در مقابل بعضی دیگر معتقدند که این عناصر در تعداد برگ نقش مثبتی ایفا می‌کنند (مورتود ۱۹۸۶). از آنجا که آهن در سیستم‌های فتوسنتزی برای تنفس و ساخت کلروفیل نقش دارد (کوچکی و سرمدنیا ۱۳۸۲)، در نتیجه باعث افزایش فتوسنتز برگ‌ها شده و به دنبال آن به تولید برگ‌های بیشتر در گیاه می‌انجامد (مورتود ۱۹۸۶).

اثر تیمارهای کم‌آبی و محلول‌پاشی بر اندازه طول غلاف معنادار شد اما برهمکنش اثر کم‌آبی در محلول-پاشی بر این صفت معنادار نبود (جدول ۱). تنش خشکی باعث کاهش معنادار طول غلاف در ماش سبز شد، هرچند که که طول غلاف در سطوح تنش باهم تفاوت معناداری نداشتند ولی این کاهش در تنش زایشی بیشتر از تنش ریشی بود (جدول ۲). بیشترین و کمترین طول غلاف به ترتیب مربوط به تیمارهای بدون تنش با میانگین ۷/۱۷ سانتی‌متر و تنش خشکی در مرحله زایشی با میانگین ۶/۹۸ سانتی‌متر به‌دست آمد. کاهش طول غلاف در اثر تنش خشکی در لوبیا قرمز، مشاهده شده و اثر مستقیم طول غلاف بر عملکرد دانه، مثبت ولی کم است (ناصرغفوری و همکاران ۱۳۹۱). به‌نظر می‌رسد که در شرایط آبیاری افزایش تعداد و اندازه دانه‌ها در غلاف، بر طول غلاف اثر گذاشته و باعث افزایش طول غلاف می‌شود.

محلول‌پاشی آهن و منگنز باعث افزایش طول غلاف شده و بیشترین تأثیر مربوط به تیمار محلول-پاشی آهن یک٪ + منگنز نیم درصد بود که با تیمارهای آهن یک و نیم٪ + منگنز یک٪ و تیمار منگنز یک٪ در یک گروه آماری قرار داشت. زمانی که عناصر غذایی به مقدار کافی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد، فتوسنتز به خوبی انجام و تجمع آسیمیلات‌ها به میزان کافی صورت خواهد گرفت. با توجه به نقش عناصر آهن و منگنز در متابولیسم نیتروژن و افزایش فعالیت گره‌های تثبیت کننده نیتروژن، می‌توان اینگونه استنباط نمود که میزان جذب نیتروژن افزایش یافته است. این امر منجر به افزایش رشد سبزیگی گیاه و افزایش وزن و طول

افزایش سطح برگ می‌توان نتیجه گرفت افزایش سطح برگ راندمان فتوسنتزی را افزایش داده در نهایت با تأثیری که بر وزن خشک گیاه می‌گذارد افزایش تعداد دانه در غلاف را به دنبال خواهد داشت.

اثر رژیم آبیاری و محلول پاشی در سطح احتمال یک درصد و برهمکنش رژیم آبیاری در محلول پاشی در سطح احتمال پنج درصد بر صفت تعداد غلاف در بوته معنادار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تنش خشکی در مرحله رویشی و زایشی سبب کاهش معنادار تعداد غلاف در بوته نسبت به عدم تنش گردید اما تأثیر آن در مرحله زایشی شدیدتر بود به طوری که بیشترین و کمترین تعداد غلاف در بوته در تیمارهای بدون تنش و تنش خشکی در مرحله زایشی به دست آمد (جدول ۳). بررسی اثر متقابل رژیم آبیاری در محلول پاشی نشان داد که محلول پاشی در شرایط وجود و عدم وجود تنش خشکی باعث افزایش تعداد غلاف در بوته می‌شود. در بین تیمارهای رژیم آبیاری، بیشترین تعداد غلاف در بوته مربوط به تیمار تنش در مرحله رویشی و محلول پاشی توأم آهن یک و نیم درصد + منگنز یک درصد و کمترین تعداد غلاف در بوته مربوط به تیمار تنش در مرحله زایشی و بدون محلول پاشی و محلول-پاشی آب خالص به دست آمد (جدول ۳). اعمال تنش خشکی بعد از شروع مرحله تشکیل غلاف با کاهش تشکیل و همچنین افزایش ریزش غلاف‌ها در بدو تشکیل دانه همراه است. در گیاهان رشد نامحدودی مانند لوبیا، اگر گیاه در شرایط تنش قرارگیرد، تعداد غلاف کم‌تری فرصت تشکیل دارند (گوئیترز و رویز دایز ۲۰۱۵).

همچنین برخی محققان نیز گزارش کردند که محلول پاشی منگنز در شرایط تنش خشکی موجب افزایش تعداد طبق در آفتابگردان می‌شود (بابائیان و همکاران ۱۳۸۴).

شاخص سطح برگ تحت تأثیر تیمارهای کم‌آبی، محلول پاشی و برهمکنش آن‌ها ($P \leq 0.01$) قرار گرفت (جدول ۱). سطح برگ تعیین کننده میزان تشعشع جذب شده توسط گیاه و بنابراین تعرق و تولید ماده خشک می‌باشد (جلیل و همکاران ۲۰۰۹). محلول پاشی آهن و منگنز توانست اثرات تنش را کاهش دهد و بیشترین

تأثیر مربوط به محلول پاشی توأم آهن و منگنز بود، به طوری که محلول پاشی با تیمار آهن یک و نیم درصد + منگنز یک درصد در شرایط تأمین رطوبت (شاهد)، تنش رویشی و تنش زایشی به ترتیب ۶۲/۵، ۵۳/۸ و ۳۶/۳ درصد شاخص سطح برگ را افزایش داد (جدول ۳). در مطالعه در گیاه یونجه و گندم، کمبود آهن باعث کاهش سطح برگ، وزن خشک ریشه و اندام هوایی شد (ریباس کاربو و همکاران ۲۰۰۵، وانگ ۲۰۰۹).

وزن خشک برگ تحت تأثیر تیمارهای کم‌آبی و محلول پاشی و اثرات متقابل آن‌ها قرار گرفت (جدول ۱). جدول مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش وزن خشک برگ گردید و تنش در مرحله زایشی (۱۹/۶ درصد کاهش) بیش از مرحله رویشی (۱۱/۹ درصد کاهش) وزن خشک برگ را کاهش داد و بیشترین وزن خشک برگ هم مربوط به تیمار آبیاری کامل (شاهد) بود (جدول ۲). جلیل و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که بالا بودن مقدار وزن خشک برگ از اجزای مهم و تأثیرگذار در عملکرد و گزینش گیاهان علوفه‌ای می‌باشد. با افزایش تنش خشکی وزن خشک برگ به طور معناداری کاهش و از دلایل اصلی این افت، کم شدن سطح برگ در شرایط تنش بود (جلیل و همکاران ۲۰۰۹). محلول پاشی با آهن و منگنز در هر دو سطح تنش منجر به کاهش اثرات ناشی از تنش بر وزن خشک برگ شده اما در تنش رویشی این تأثیر بیشتر بود و بالاترین تأثیر مربوط به تیمارهای محلول پاشی توأم آهن یک درصد + منگنز نیم درصد و محلول پاشی توأم آهن یک و نیم درصد + منگنز یک درصد به ترتیب با ۲۳ و ۲۰ درصد افزایش نسبت به شاهد (بدون محلول پاشی) در مرحله تنش رویشی بود که با تیمار آهن یک درصد در یک گروه آماری قرار داشتند (جدول ۳). تنش در مرحله زایشی، استفاده از محلول پاشی توأم آهن یک و نیم درصد + منگنز یک درصد و تیمار آهن یک درصد به ترتیب با ۱۹ و ۱۶ درصد، وزن خشک برگ را نسبت به شاهد (بدون محلول پاشی) افزایش دادند، دیگر تیمارهای محلول پاشی با تیمار آب مقطر تفاوت معناداری نداشتند. احتمالاً در مرحله زایشی به علت گرمای هوا و بروز توأم تنش خشکی و گرما بر گیاه ماش، کاهش بیشتر سطح برگ

منگنز به‌طور معناداری باعث افزایش وزن هزار دانه در گندم شده و عملکرد دانه در گندم را افزایش داده است (بایبوردی ۲۰۰۵).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر رژیم‌های آبیاری و محلول‌پاشی ($P \leq 0.01$) و برهمکنش آن‌ها ($P \leq 0.05$) بر غلظت منگنز دانه معنادار بود (جدول ۱). کمترین میزان منگنز دانه در تیمار تنش مرحله زایشی با کاهش ۱۵ درصدی نسبت به شاهد (تأمین رطوبت) به‌دست آمد (جدول ۳).

علت کاهش انتقال منگنز به اندام‌های هوایی در بوته‌های تنش دیده به‌علت نقصان رطوبت و بالتبع اختلال در جذب و انتقال می‌باشد، برای این‌که مکانیسم‌های جذب و انتقال عناصر غذایی در گیاهان، نظیر جریان توده‌ای، انتشار و یا جذب و انتقال به‌وسیله 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. منگنز موجب افزایش معناداری مقدار منگنز دانه ذرت گردیده است (عارف ۲۰۱۱)، محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف آهن و منگنز باعث افزایش غلظت منگنز دانه در شرایط کمبود رطوبت شد. به‌نظر می‌رسد تنش در 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 ($P \leq 0.01$) بر غلظت آهن دانه معنادار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد تیمار کم‌آبی در مرحله زایشی بیشترین تأثیر (کاهش شش درصدی نسبت به شاهد) را بر غلظت آهن دانه داشته 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 ۴۴/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد (جدول ۲).

را به‌دنبال داشته که این امر منجر به کاهش بیشتر وزن خشک برگ نسبت به تنش خشکی در مرحله رویشی شده است. آهن با تولید کلروفیل و افزایش غلظت کلروفیل باعث افزایش سطح برگ و وزن برگ می‌شود. کمبود آهن، وزن برگ، سطح برگ، غلظت آهن و کلروفیل را کاهش می‌دهد (ماریوتی و همکاران ۱۹۹۶). باتوجه به نقش آهن و منگنز در افزایش سطح برگ، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش سطح برگ باعث افزایش وزن خشک برگ شده که نتایج حاصل نیز چنین افزایشی را در وزن خشک برگ نشان می‌دهد. محلول‌پاشی در زمان رشد رویشی با افزایش سطح برگ باعث افزایش تشعشع دریافتی گردیده است. چون رابطه بین تشعشع دریافتی با تولید ماده خشک خطی است و وزن خشک برگ نیز افزایش می‌یابد (جلیل و همکاران ۲۰۰۹). سطوح مختلف تنش کم‌آبی باعث کاهش معناداری در وزن هزار دانه گردید اما برهمکنش اثر رژیم آبیاری و محلول‌پاشی بر وزن هزار دانه معنادار نشد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کم‌آبی در هر دو مرحله رویشی و زایشی باعث کاهش معنادار وزن هزار دانه نسبت به شاهد گردید. در تیمار تنش در مرحله زایشی وزن هزار دانه دارای کمترین میزان (۳۳/۹ گرم) و در تیمار شاهد (بدون تنش) وزن هزار دانه دارای بیشترین مقدار (۳۸/۱ گرم) بود (جدول ۲). محلول‌پاشی بر مقدار وزن هزار دانه تأثیر مثبتی داشته، به‌طوری که در تیمار محلول‌پاشی توأم آهن یک و نیم درصد + منگنز یک درصد بیشترین وزن هزار دانه با میانگین (۳۷/۵ گرم) به‌دست آمد. تنش در مرحله زایشی با کاهش حرکت مواد ذخیره‌ای به دانه اثر می‌گذارد که علت آن می‌تواند محدودیت آب و یا کاهش سهم فتوسنتزی جاری برگ‌ها در مرحله پر شدن دانه و وزن هزار دانه باشد (وانگ ۲۰۰۹). مطالعات نشان داده است که مرحله نموی شروع غلاف‌دهی تا دانه‌بندی کامل در تعیین وزن هزاردانه بیشترین تأثیر را دارد. همچنین تحقیقات گذشته نشان داد که با مصرف خاکی سکوسترین آهن، وزن هزار دانه نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (بابائیان و همکاران ۱۳۸۹). گزارش شده که

جدول ۱- جدول تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک، عملکرد، اجزای عملکرد، صفات کیفی و غلظت عناصر آهن و منگنز دانه ماش سبز.

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد شاخه فرعی	تعداد برگ	طول غلاف	تعداد دانه	شاخص برگ	وزن خشک برگ	وزن هزار دانه	منگنز دانه	آهن دانه	عملکرد دانه
تکرار	۲	۱۲/۰۵ ^{ns}	۱۳/۷ ^{ns}	۷/۵ ^{ns}	۰/۰۰۵۴ ^{ns}	۲/۷ ^{ns}	۰/۰۰۵ ^{ns}	۱/۵ ^{ns}	۲/۴ ^{ns}	۰/۳ ^{ns}	۰/۳۴ ^{ns}	۱۳۷/۵ ^{ns}
رژیم آبیاری	۲	۱۷۸/۰۱ ^{**}	۱۵۰۲/۹ ^{**}	۲۲۱۷/۵ ^{**}	۰/۲۴ ^{**}	۲۸۴۲/۵ ^{**}	۳/۳ ^{**}	۶۶/۲ ^{**}	۱۱۵/۳ ^{**}	۲۵/۱ [*]	۵۹/۴ ^{**}	۱۹۵۳۵۳۲/۵ [*]
خطای اصلی	۴	۱۴/۱۳	۱۲/۹	۴/۱	۰/۰۱	۲۴/۸	۰/۰۸۸	۱/۳	۴/۵	۰/۵	۰/۶۹	۳۴۵۸/۴
خطای پاشی	۷	۱۹۷/۷ ^{**}	۲۰۷/۹ ^{**}	۱۹۴/۴ ^{**}	۰/۸۱ ^{**}	۷۳۶/۲ ^{**}	۰/۶ ^{**}	۱۲/۵ ^{**}	۱۹/۳ ^{**}	۷/۷ ^{**}	۶۲/۸ ^{**}	۱۲۸۷۶۶/۷ ^{**}
رژیم آبیاری × محلول پاشی	۱۴	۶/۰۱ ^{ns}	۱۸/۹ ^{**}	۱۸/۹ ^{**}	۰/۰۱ ^{ns}	۳۴/۵ [*]	۰/۰۰۷۸ ^{**}	۱/۷ ^{**}	۲/۳ ^{ns}	۰/۴ [*]	۱/۲ ^{**}	۱۴۲۵۱/۸ ^{**}
خطای فرعی	۴۲	۹/۵	۱۱/۹	۲/۹	۰/۰۰۷۴	۱۷/۷	۰/۰۲۸	۰/۶۷	۱/۹	۰/۸۹	۰/۴۶	۲۰۴۰/۹
ضریب تغییرات	۶/۳	۸/۱	۴/۷	۱/۲	۱/۲	۵/۸	۱۰/۲۶	۵/۵	۳/۹	۳/۵	۱/۴	۵

ns و علامت های * و ** به ترتیب به معنای عدم وجود و وجود تفاوت معنادار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ می باشد.

جدول ۲- مقایسه میانگین های صفات مورفولوژیک، عملکرد، اجزای عملکرد و صفات کیفی ماش سبز تحت اثرات اصلی عوامل مورد بررسی.

عامل	ارتفاع بوته (cm)	طول غلاف (cm)	تعداد دانه در غلاف	وزن هزار دانه (g)
رژیم آبیاری	بدون تنش	۵۸/۸a	۱۱/۱۲a	۳۸/۱a
	تنش خشکی در مرحله رویشی	۴۲/۵c	۷/۰۳b	۳۴/۹b
سطوح محلول پاشی	تنش خشکی در مرحله زایشی	۴۵/۸b	۶/۹۸b	۳۳/۹b
	بدون محلول پاشی	۴۱/۴d	۶/۸۵c	۳۲/۷c
سطوح محلول پاشی	آب خالص	۴۳/۶d	۶/۹۲c	۳۴/۵d
	آهن یک درصد	۴۷/۶c	۷/۰۸b	۳۵/۲cd
	آهن یک و نیم درصد	۴۸/۳c	۷/۱۱ab	۳۶/۲abc
	منگنز نیم درصد	۵۰/۴bc	۷/۱۷a	۳۶/۱bc
	منگنز یک درصد	۵۲/۵ab	۷/۰۸b	۳۶/۵ab
	آهن یک درصد و منگنز نیم درصد	۵۳/۷a	۷/۱۷a	۳۶/۲abc
	آهن یک و نیم درصد و منگنز یک درصد	۵۴/۳a	۷/۱۵ab	۳۷/۵a

اعداد با حروف لاتین مشابه در هر ستون از هر بخش بر اساس آزمون دانکن (p<0.05) تفاوت معناداری ندارد.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های صفات مورفولوژیک، عملکرد اجزای عملکرد و صفات کیفی ماش سبز تحت اثرات اصلی عوامل مورد بررسی.

عملکرد دانه (kg ha ⁻¹)	آهن دانه (mg kg ⁻¹)	مگنکز دانه (mg kg ⁻¹)	وزن خشک (g)	شاخص سبج برگ	تعداد غلاف در بوته	تعداد برگ	تعداد شاخه فرعی	محلول پاشی	تنش خشکی
۹۴۷/۳cd	۳۸/۷i	۱۲/۲۴f-h	۱۴/۷۴j-z	۱/۴g-i	۷۱fg	۲۵/۷e-g	۴۲e-g	بدون محلول پاشی	
۹۵۷/۳cd	۳۸/۶i	۱۲/۲۴e-h	۱۴/۶۴j-z	۱/۴i-l	۷۳/۷e-g	۴۱d	۴۹b-d	آب خالص	
۱۳۲۷/۳a	۵۵/۲a	۱۳/۴b-d	۱۷/۶bc	۲/۳bc	۹۱ab	۴۵/۷c	۵۶/۷a	آهن یک درصد	
۱۲۸۸/۳b	۵۴/۹a	۱۳/۶bc	۱۹/۳a	۲/۳cd	۹۱/۶ab	۵۱/۷b	۵۴ab	آهن یک و نیم درصد	بدون تنش (شاهد)
۱۲۹۰/۳b	۵۲/۸cd	۱۴/۴a	۱۵/۹d-f	۲/۱c-e	۹۰/۳b	۴۶/۷c	۵۰/۷bc	مگنکز نیم درصد	
۱۲۹۸/۳ab	۵۲/۶cd	۱۴ab	۱۵/۱e-g	۱/۸e-g	۸۰/۶cd	۵۰/۷b	۵۲ab	مگنکز یک درصد	
۱۳۲۸/۳ab	۵۴/۵ab	۱۳/۵b-d	۱۸/۸ab	۲/۵ab	۷۷c-f	۵۴/۷a	۵۴/۳ab	آهن یک درصد و مگنکز نیم درصد	
۱۳۲۲/۳ab	۵۳/۶bc	۱۳/۷a-c	۱۸/۳ab	۲/۶a	۹۷/۳a	۵۶/۳a	۵۲/۳ab	آهن یک و نیم درصد و مگنکز یک درصد	
۶۹۲f-h	۴۶/۸j	۱۰/۷ij	۱۳/۴i-l	۱/۳j-m	۵۶/۷ij	۲۴/۳m	۳۱i	بدون محلول پاشی	
۷۲۶/۳e-g	۴۷j	۱۰/۸ij	۱۳/۶h-l	۱/۳i-m	۵۹i	۲۷/۳kl	۳۱/۳i	آب خالص	
۸۸۴d	۵۱/۹d-f	۱۱/۹h	۱۵/۳d-g	۱/۸f-h	۸۰c-e	۳۲/۳hi	۳۹/۷e-g	آهن یک درصد	
۷۹۹/۷e	۵۲/۴d	۱۲gh	۱۴/۸e-h	۱/۵h-j	۸۰/۳c-e	۲۹/۷i-k	۳۸/۷f-h	آهن یک و نیم درصد	تنش خشکی در مرحله رویشی
۷۸۹/۷e	۵۰/۹f-h	۱۳/۳c-e	۱۴/۴g-j	۱/۵i-k	۷۰/۷fg	۲۸/۳j-l	۴۵/۳c-e	مگنکز نیم درصد	
۷۵۱ef	۵۰/۹f-h	۱۲/۹d-f	۱۴/۵g-j	۱/۵h-j	۷۲/۳fg	۲۸/۳kl	۴۵/۳c-e	مگنکز یک درصد	
۱۰۰۰/۳c	۵۲/۲d	۱۲/۳ f-h	۱۶/۵cd	۱/۸f-h	۷۱fg	۳۶ef	۴۵/۳c-f	آهن یک درصد و مگنکز نیم درصد	
۱۰۰۶c	۵۲/۸de	۱۲/۲f-h	۱۶/۷de	۲d-f	۸۱/۳c	۳۵/۳e-g	۴۴d-f	آهن یک و نیم درصد و مگنکز یک درصد	
۵۳۶j	۴۴/۵k	۹/۵k	۱۲/۴l	۱/۸m	۵۱/۳j	۲۶/۳lm	۲۹i	بدون محلول پاشی	
۵۸۴/۷ij	۴۴/۶k	۱۰/۷jk	۱۲/۸kl	۱/۷lm	۵۱/۳j	۲۸kl	۳۰/۳i	آب خالص	
۷۲۷/۳e-g	۵۱/۸e-h	۱۰/۶ij	۱۴/۵g-j	۱/۳i-m	۷۵/۳c-f	۳۳/۷e-h	۳۱/۷i	آهن یک درصد	
۶۶۳/۷gh	۵۰/۹f-h	۱۱/۸i	۱۳/۴j-l	۱/۵i-k	۷۴d-g	۳۳gh	۳۳/۳hi	آهن یک و نیم درصد	تنش خشکی در مرحله زایشی
۶۱۴/۷hi	۵۰/۹f-h	۱۲/۷e-g	۱۳kl	۱/۳k-m	۵۹i	۳۲/۴f-h	۲۸gh	مگنکز نیم درصد	
۶۶۴/۷gh	۵۰/۵h	۱۲/۶e-g	۱۲/۸kl	۱/۳j-m	۵۹/۲i	۳۱/۳j-i	۴۱e-g	مگنکز یک درصد	
۷۸۱/۳e	۵۱/۷d-g	۱۲/۲f-h	۱۴/۲g-k	۱/۴i-l	۶۱/۷hi	۳۵/۷e-g	۴۲/۷e-g	آهن یک درصد و مگنکز نیم درصد	
۷۹۷/۳e	۵۲/۲de	۱۲/۵e-h	۱۴/۸h-i	۱/۵h-k	۶۷/۲gh	۳۶/۳e	۴۳e-g	آهن یک و نیم درصد و مگنکز یک درصد	

اعداد با حروف لاتین مشابه در هر ستون از هر بخش بر اساس آزمون دانکن ($p < 0.05$) تفاوت معناداری ندارد.

بر اساس نظر برخی محققان (موحدی دهنوی ۱۳۸۳) تنش خشکی در مرحله زایشی انتقال عناصر آهن و منگنز به دانه را محدود می‌کند. محلول‌پاشی آهن و منگنز باعث افزایش آهن دانه شد و تیمارهای محلول-پاشی آهن در هر دو سطح یک و نیم و یک درصد و تیمارهای محلول‌پاشی توأم آهن یک و نیم درصد + منگنز یک درصد و آهن یک درصد + منگنز نیم درصد بیشترین تأثیر را بر غلظت آهن دانه داشت (جدول ۳). افزایش میزان آهن را هنگام استفاده از عناصر غذایی کم‌مصرف گزارش شده است (بابائیان و همکاران ۱۳۸۹، سعید الاهل و محمد ۲۰۱۰). محلول‌پاشی منگنز به صورت منفرد تأثیر کمی در افزایش غلظت آهن دانه داشته ولی به صورت ترکیبی با آهن قادر به افزایش مقدار آهن دانه شده، و این روند به ویژه در سطوح کم-آبی بیشتر مشهود بود (جدول ۳). به نظر برخی محققین، مصرف عناصر غذایی کم‌مصرف می‌تواند مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی نظیر خشکی و شوری را افزایش دهد (بابیوردی ۲۰۰۵). در این آزمایش مصرف آهن به صورت منفرد و توأم با منگنز باعث افزایش غلظت آهن دانه شد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که، اثر رژیم آبیاری، محلول‌پاشی و اثر متقابل رژیم آبیاری و محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه ماش معنادار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن بود که بیشترین عملکرد دانه از تیمارهای بدون تنش و کمترین آن‌ها از تیمارهای تنش دیده در مرحله زایشی به دست آمد (جدول ۳). از دلایل کاهش عملکرد در این مرحله می‌توان به کاهش طول دوره پر شدن دانه‌ها و پیری زودرس برگ‌ها اشاره کرد (وانگ ۲۰۰۹). همچنین استفاده از غلظت‌های مختلف عناصر غذایی کم‌مصرف به صورت منفرد و ترکیبی باعث تغییراتی در عملکرد دانه گردید، میزان عملکرد زمانی که عناصر به صورت ترکیبی مصرف شدند بیش از حالات منفرد آن‌ها بود و بیشترین عملکرد دانه از تیمار محلول‌پاشی توأم آهن یک و نیم درصد + منگنز یک درصد و محلول‌پاشی توأم آهن یک درصد + منگنز نیم درصد و کمترین میزان عملکرد دانه از تیمار بدون

محلول‌پاشی و محلول‌پاشی آب خالص به دست آمد و تفاوت معناداری باهم نداشتند (جدول ۳). در شرایط اعمال رژیم‌های آبیاری در هر یک از مراحل رویشی و زایشی گیاه، عناصر غذایی کم مصرف باعث تغییرات معناداری در عملکرد دانه شدند و این افزایش در شرایط تنش زایشی محسوس‌تر بود. به طوری که در تیمار محلول‌پاشی توأم آهن یک و نیم درصد + منگنز یک درصد، با ۴۸/۸ درصد و همچنین محلول‌پاشی توأم آهن یک درصد + منگنز نیم درصد، با ۴۵/۷ 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 تیمار محلول‌پاشی توأم آهن یک و نیم درصد + منگنز یک درصد و همچنین آهن یک درصد + منگنز نیم درصد به ترتیب باعث افزایش ۴۵/۲ و ۴۴/۳ درصدی عملکرد دانه نسبت به شاهد شد و در یک گروه آماری قرار داشتند و در نهایت در شرایط تأمین رطوبتی تیمار محلول‌پاشی آهن یک درصد با ۴۴/۸ درصد عملکرد دانه را افزایش داد (جدول ۲).

تنش در مرحله رویشی با کاهش سطح برگ و فتوسنتز به طور غیر مستقیم بر تعداد بذر و عملکرد مؤثر است، اما تنش در مرحله پر شدن دانه با کاهش طول دوره و اختلال در انتقال مواد به دانه و اثر بر وزن دانه به عنوان جزء دیگر عملکرد موجب کاهش عملکرد دانه می‌گردد (وانگ ۲۰۰۹). کمبود آهن موجب کاهش میزان کلروفیل و تشدید کلروز در گیاه می‌شود و از طریق افزایش تعداد و توسعه سطح برگ، مشارکت در فتوسنتز، افزایش ماده خشک گیاه زمینه تشکیل و توسعه اجزاء عملکرد و در نتیجه عملکرد دانه را فراهم می‌آورد (وانگ ۲۰۰۹). منگنز در متابولیسم کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها نقش داشته و محلول‌پاشی آن، فتوسنتز، جذب خالص، رشد نسبی و عملکرد دانه را افزایش می‌دهد (عارف ۲۰۱۱). لذا چنین به نظر می‌رسد که محلول-پاشی آهن و منگنز از طریق تأثیر بر افزایش سطح برگ منجر به بهبود فتوسنتز گیاه در شرایط تنش گردیده و در نتیجه عملکرد دانه در این شرایط افزایش یافته است.

نتیجه‌گیری کلی

از نتایج به‌دست آمده در این آزمایش می‌توان استنباط کرد که تنش کم‌آبی در هر دو مرحله رویشی و زایشی اثر معناداری بر کاهش عملکرد دانه ماش رقم پرتو داشت. اثر تنش کم‌آبی در مرحله زایشی بیشتر بود، که علت اصلی آن را می‌توان کاهش سطح برگ و ریزش غلاف‌ها در این مرحله دانست. از طرفی محلول‌پاشی

منابع

- آهن و منگنز موجب بهبود برخی صفات مورد اندازه‌گیری، تحت شرایط تنش خشکی گردید. بنابراین، محلول‌پاشی بطور همزمان با غلظت آهن یک درصد و منگنز نیم درصد تحت شرایط تنش رطوبتی در مزرعه، روی این رقم ماش سبز توصیه می‌شود.
- Aref F, 2011. The effect of boron and zinc application on concentration and uptake of nitrogen, phosphorous and potassium in corn grain. *Indian Journal Science Technology* 4: 785–791.
- Babaeian M, Heidari M and Ghanbari A, 2010. Effect of water stress and foliar micronutrient application on physiological charactersitics and nutrient uptake in sunflower (*Helianthus annus L.*). *Iranian Journal of Crop Sciences* 12 (4): 377-391. (In Persian).
- Baybordi A, 2005. Effect of zinc, iron, manganese and copper on wheat quantity and quality under salt stress conditions. *Journal Water Soil* 140: 150-170.
- Cakmak I, 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic bio fortification. *Plant Soil* 302: 1-17.
- De Costa WA, Shanmigathasan KN and Joseph KD, 1999. Physiology of yield determination of mung bean (*Vigna radiata L.*) under various irrigation regimes in the dry and intermediate Zones of Sri Lanka. *Field Crops Research* 61: 1-12.
- Gutierrez MN and Ruiz Diaz DA, 2015. Evaluation of secondary and micronutrients for soybean production in Kansas. *Kansas Agriculture Experiment Station Research Reports* 1 (3): 1-6.
- Izadi Y, Modarres Sanavy SAM and Tahmasebi Sarvestani Z, 2016. Effect of Foliar application of nano-chelated Iron and Manganese on yield and yield components of (*Vigna Radiata L.* Wilczek parto variety) under water dificit stress. Master's degree in agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University.
- Jaleel CA, Manivannan P, Wahid A, Farrooq M and Dmjm H, 2009. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. *Journal Agriculture Biology* 11: 100-105.
- Keshavarz H, Modarres Sanavy SAM and Zarin Kamar F, 2014. Differences in antioxidant responses of autumn and spring rapeseed (*Brassica napus L.*) cultivars affected by salicylic acid under the field condition. *Journal of Plant Researches (Iranian Journal of Biology)* 24 (2): 288- 298.
- Keshavarz H, Modarres Sanavy SAM and Sadeghgholmoghadam R, 2016. Impact of foliar application with salicylic acid on biochemical characters of canola plants under cold Stress condition. *Notulae Science Biology*. DIO: 10.15835/nsb.8.19766.
- Khalili Mahalleh J and Roshdi M, 2008. Effect of foliar application of micro nutrients on quantitative and qualitative characteristics of 704 silage corn in Khoy. *Seed and Plant Improvement Journal* 24 (2): 281-292.
- Khalilzadeh R, Tajbakhsh M and Jalilian J, 2012. Growth characteristics of mung bean (*Vigna radiata L.*) affected by foliar application of urea and bio-organic fertilizers. *International Journal Agriculture Crop Science* 4 (10): 637-642.
- Khan H R, McDonald GK and Rengel Z, 2003. Zn fertilization improves water use efficiency, grain yield and seed Zn content in chickpea. *Plant Soil* 249 (2): 389-400.
- Koocheki A and Banayan Aval M, 1993. Pulse crops. Jihad Daneshgahi of Mashhad press. 236 p.
- Koocheki, A and Sarmadnia, GH, 2003. Crop Physiology (translated). Jihad Daneshgahi of Mashhad press. 400 p.
- Malakouti MJ and Tehrani MM, 2005. The role of micronutrients in yield increasing and improving quality of agricultural products: Micronutrient with macro-effects, 3rd edition. Tarbiyat Modarres University Press. 398 p.
- Mariotti M, Ercoli L and Masoni A, 1996. Spectral properties of iron deficient corn and sunflower leaves. *Remote Sensing of Environment* 58 (3): 282-288.

- Moosavi, AA and Ronaghi A, 2011. Influence of foliar and soil applications of iron and manganese on soybean dry matter yield and iron-manganese relationship in a calcareous soil. *American Journal of Cultural Sociology* 5(12): 1550-1556.
- Movahedy Dehnavi M, Modarres Sanavy SAM, Sorooshzadeh A and Jalali M, 2004. Effect of Zn and Mn micronutrients Foliar application on yield and yield components of three winter Safflower under drought stress in Isfahan. Pp. 260. Abstracts Proceedings of the Eighth Iranian Congress of crop production and plant Breeding, 24-28 August, Rasht. Iran.
- Mortvedt JJ, 1986. Iron sources and management practices for correcting iron chlorosis problems. *Journal Plant Nutrient* 9:961-974.
- Naseh-ghafoori I, Bihanta M, Afzali M and Dori H, 2012. Comparison of seed yield and related traits in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties under normal and water deficit conditions. *Iranian Journal of Pulses Research* 3 (1): 93-104.
- Odeley F and Animashaun MO, 2007. Effects of nutrient foliar spray on soybean growth and yield (*Glycine max* L.) in south west Nigeria. *Australian Journal Crop Science* 41: 1842-1850.
- Palgrave DA, 1986. Focus on liquids. The Fertilizer Manufacturers Association Limited. Pp. 17-19. In: Review 1986. London.
- Pazouki A, 2000. An Investigation and measurement on water stress on physiological characteristics and various indices of drought resistance of two cultivars of rapeseed. *Crops Physiology*. Ph.D. degree in Agricultur, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Ahvaz.
- Rezaei, AR and kamgar Haghighi, AA, 2009. Effect of water stress on yield of Cowpea at different growth stages. *Iranian Journal of Soil Research* 23 (1): 117-124.
- Ribas Carbo, M Robinson SA, and Giles L, 2005. The application of the oxygen-isotope technique to assess respiratory pathway partitioning. Pp: 31-42. In: Lambers H and Ribas-Carbo M (eds). *Advances in Photosynthesis and Respiration* on volume 18: Plant Respiration: From Cell to Ecosystem. Springer, Dordrecht.
- Saeidi Aboueshaghi R, Yadavi A, Movahhedi Dehnavi M, Baluchi H, 2014. Effect of irrigation intervals and foliar application of iron and zinc on some physiological and morphological characteristics of red bean (*Phaseolous vulgaris* L.). *Journal of Plant Process and Function* 3 (7): 27-42.
- Said-Al ahl HAH and Mahmoud AA, 2010. Effect of zinc and / or iron foliar application on growth and essential oil of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) under salt stress. *Ozean Journal Application Science* 3(1): 97-111.
- Tisdale SL, 1990. Soil Fertilizers, Hardiness and Survival of Winter Rape and Winter Turnip Rape. Department of plant Husban Dry. Sweden.
- Wakrim R, Wahabi S, Tahi H, Aganchich B and Serraj R, 2005. Comparative effect of partial root drying (PRD) and regulated deficit irrigation (RDI) on water relation and water use efficiency in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agriculture Ecosystem Enviroment* 106: 275-287.
- Wong HM, 2009. Probing the interactions between iron nutrition, salinity and ultraviolet-B radiation on the physiological responses of wheat (*Triticum aestivum* L.). Master of Applied Science Thesis, Lincoln University, NZ. 230 p.
- Zangani E, 2001. An Investigation on Effect of different levels of nitrogen on growth process and quantitative and qualitative grain yield in two canola cultivars for autumn cultivation in ahvaz region Master's degree in agronomy, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz.