تأثیر شوری، مولیبدن و قارچ میکوریزا *Glomus versiform* بر فعالیت آنزیم های اکسایشی و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی ذرت

مینا عبداللهی، هادی قربانی و مصطفی حیدری*

شاهرود، دانشگاه صنعتی شاهرود، دانشکده کشاورزی، گروه خاکشناسی

تاریخ دریافت: ۹۴/۶/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱/۱۸

چکیده

به منظور بررسی تاثیر شوری، مولیبدن و قارچ میکوریزا *Glomus versiform* بر رشد و فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی گیاه ذرت، آزمایشی گلدانی بصورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار در دانشگاه شاهرود اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح شوری ۰، ۴ و ۸ دسی زیمنس بر متر به عنوان عامل اول، سه سطح مولیبدن۰، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم مولیبدن در کیلوگرم خاک به عنوان عامل دوم و دو سطح تلقیح و عدم تلقیح با قارچ *Glomus versiform* به عنوان عامل سوم بودند. نتایج نشان داد بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز در سطح شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر و ۲۰ میلی گرم مولیبدن در کیلوگرم خاک حاصل شد. در این بین شوری و تیمار قارچ میکوریزا با تاثیر معنی داری بر فعالیت آنزیم گایاکول پر اکسیداز سبب افزایش آن شد. بیشترین مقدار آن در سطح شوری ۸ دسی زیمنس بر متر و در حضور قارچ میکوریزا بدست آمد. در این آزمایش قارچ میکوریزا و تیمار ۲۰ میلی گرم مولیبدن در کیلوگرم خاک باعث افزایش جذب پتاسیم و کاهش جذب سدیم در ذرت گردید. اثر متقابل سه گانه شوری، مولیبدن و قارچ میکوریزا در این بررسی، تنها تاثیر معنی دار بر میزان کلروفیل b، سدیم، پتاسیم و مولیبدن برگ داشت. بیشترین مقدار کلروفیل b و غلظت مولیبدن برگ به ترتیب در حضور قارچ، سطح ۲۰ میلی گرم مولیبدن در کیلوگرم خاک و شوری ۸ دسی زیمنس بر متر برای کلروفیل b و سطح شوری شاهد برای مولیبدن بدست آمد.

واژه های کلیدی: ذرت، شوری، مولیبدن، میکوریزا

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۵۵۷۱۰۹۷۲ ، پست الکترونیکی: m_haydari@shahroodut.ac.ir

مقدمه

شوری و تجمع املاح نمک در سطح خاک از جمله معضلات و مشکلات جدی در بخش کشاورزی، بخصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک است که موجب کاهش عملکرد و کاهش سطح زیرکشت می‌شود(۱۰). در ایران مساحت خاک‌هایی که به نوع های مختلف تحت تاثیر شوری قرار دارند، بالغ بر ۳۲ میلیون هکتار برآورد شده که نزدیک به ۳۰ درصد از سطح کل کشور و ۵۵ درصد از اراضی قابل کشت را شامل می‌شود. با توجه قرار گرفتن ایران در منطقه خشک و نیمه خشک، لذا در بسیاری از مناطق آن محدودیت آب شیرین سبب شده تا کشاورزان به منظور تولید محصولات زراعی از آب‌هایی با کیفیت پایین و شور استفاده کنند. بنابراین شوری جزء لاینفک بخش زیادی از مناطق زراعی در ایران است (۱۲). در گیاهان فرآیندهایی از قبیل جوانه‌زنی بذور، رشد دانه، رشد رویشی و گلدهی به عناوین مختلف تحت تاثیر شوری قرار می‌گیرند (۲۰).

یکی از خسارات شوری بر گیاهان، تاثیر سوء بر جذب عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف است. از عناصر کم مصرفی که نقش مهمی در رشد و نمو گیاهان دارند و جذب آن در شرایط شور دچار اختلال می‌شود، عنصر

مولیبدن است. مولیبدن فرآیندهای بیوشیمیایی متعددی را در گیاهان کنترل می کند(۲۵). این عنصر به طور طبیعی در خاک وجود دارد. دامنه غلظت آن در خاک بین ۰/۲ و ۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم است (۹). مولیبدن یکی از عناصر تشکیل دهنده آنزیم نیترات ریدکتاز بوده و در اسمیلاسیون نیترات نقش مهمی بازی می کند. به همین دلیل مقادیر جزئی آن تأثیر مثبت و معنی داری بر میزان پروتئین گیاه، افزایش رشد و کاهش ترکیبات نیتروژن محلول از جمله نیترات دارد. زمانی که گیاهان در شرایط کمبود مولیبدن قرار می گیرند، تبدیل نیترات به پروتئین کاهش یافته و نیترات در بافت‌های گیاهان تجمع می‌یابد (۲۳ و ۱۴).

استفاده از کودهای بیولوژیک در کشاورزی از قدمت بسیار زیادی برخوردار نیست و در گذشته نه چندان دور نیز از آنها استفاده می‌شد. اما بهره برداری علمی از این گونه منابع، امروزه رواج بیشتری پیدا کرده است. بدون تردید کاربرد کودهای بیولوژیک علاوه بر اثرات مثبتی که بر خصوصیات خاک دارند، از جنبه‌های اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی نیز مثمر ثمر هستند و می توانند به عنوان جایگزینی مناسب برای کودهای شیمیایی باشند. در حال حاضر نگرش‌های جدیدی که در ارتباط با کشاورزی تحت عنوان کشاورزی پایدار، ارگانیک و بیولوژیک مطرح است بر مبنای بهره برداری از چنین منابعی استوار است (۲۱). در بین کودهای بیولوژیکی، قارچ‌های شاخه گلومرومایکوتا که از قابلیت همزیستی بالایی با ریشه اکثر گیاهان زراعی برخودارند، می‌توانند باعث افزایش رشد در گیاهان شوند. این گونه از قارچ ها همچنین با تشکیل هورمون رشد و بالا بردن مقاومت به بیمارهای خاکزی در گیاهان می توانند در بهبود رشد و جذب بهتر عناصر غذایی بخصوص فسفر به گیاهان کمک شایان نمایند (۱۰). گیاهان همزیست شده با این گونه قارچ ها از تحمل خوبی در مقابل تنش‌های زیستی و غیرزیستی از قبیل خشکی، شوری، عناصر سنگین و پاتوژنها برخودارند. هم‌چنین این قارچ های به کربوهیدرات‌های حاصل از فرآورده‌های فتوسنتزی گیاهان نیاز داشته و در مقابل جذب و انتقال مواد معدنی به گیاه میزبان از آنها کربوهیدرات دریافت می کنند (۱۹).

علی رغم تحقیقات گسترده‌ای که درباره همزیستی قارچ های میکوریزا با گیاهان مختلف زراعی صورت گرفته، هنوز اطلاعات محدودی در رابطه با همزیستی گیاه ذرت وجود دارد. از طرف دیگر بخش هایی از اراضی زراعی کشور ایران که در منطقه شوری قرار دارند، رشد گیاهان زراعی در این خاک‌ها کاهش چشمگیری دارد. از این رو هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر غلظت های مختلف شوری و مولیبدون بر چگونگی رشد، فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان، تغییرات رنگیزه‌های فتوسنتزی و غلظت عناصر معدنی در گیاه ذرت در حضور و یا عدم حضور قارچ میکوریزا *Glomus versiform* بوده است.

مواد و روشها

این آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملا تصادفی با ۳ تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود و به صورت گلدانی اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح شوری S_1=۰، S_2=۴ و S_3 =۸ دسی زیمنس بر متر به عنوان عامل اول، سه سطح مولیبدن Mo_1=۰ ، Mo_2 =۱۰ و Mo_3= ۲۰ میلی گرم مولیبدن در کیلوگرم خاک از منبع مولیبدات آمونیوم (یا به ترتیب معادل ۰، ۰/۰۱ و ۰/۰۲ گرم در کیلوگرم خاک) به عنوان عامل دوم و دو سطح عدم تلقیح = M_1 و تلقیح = M_2 با قارچ میکوریزا *Glomus versiform*به عنوان عامل سوم بودند. گلدان‌های مورد استفاده از جنس پلاستیک و به ابعاد ۲۰× ۲۶ سانتی‌متر بودند که توسط خاک مزرعه پر شدند. مقدار مولیبدن بر مبنای تیمارهای آزمایش و خاک استفاد شده در سطح هر گلدان محاسبه و قبل از کاشت با خاک مخلوط شدند. به منظور تعیین بافت خاک و وضعیت عناصر غذایی، قبل از اجرای طرح نمونه ای از خاک استفاده شده در گلدان ها

به آزمایشگاه منتقل و مورد تجزیه قرار گرفت. نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

پارامتر	مقدار	واحد
درصد اشباع	۳۰/۶	درصد
هدایت الکتریکی (EC)	۱/۲	دسی زیمنس بر متر
اسیدیته (گل اشباع)	۷/۹۸	-
کربن آلی (O.C)	۰/۷۹	درصد
ازت کل	۰/۰۵۷	درصد
فسفر قابل جذب	۱۲	میلی‌گرم بر کیلوگرم
پتاسیم قابل جذب	۱۴۴	میلی‌گرم بر کیلوگرم
ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)	۱۵/۶	سانتی‌مول $^{+}$ بر کیلوگرم
رس	۲۳	درصد
شن	۴۵	درصد
سیلت	۳۲	درصد
بافت خاک	شنی سیلتی	-
وزن مخصوص ظاهری خاک	۱/۴۲	گرم بر سانتی‌متر مکعب

در این آزمایش رقم ذرت سنگل کراس ۷۰۴ مورد بررسی قرار گرفت. قبل از کاشت، بذور با قارچ میکوریزا تلقیح و سپس اقدام به کشت آنها گردید. در هر گلدان ابتدا ۵ بذر کشت، بعد از جوانه زنی و استقرار تنک و به تعداد ۳ بوته در سطح هر گلدان رسانده شدند. دور آبیاری در مراحل اولیه تا جوانه زنی و استقرار به صورت یک روز در میان و بعد از استقرار به ۴ رور رساند شد. بعد از استقرار کامل گیاهان، اعمال تنش شوری از مرحله دو برگی و با استفاده از نمک NaCl در غلظت های ۴ و ۸ دسی زیمنس بر متر تهیه و براساس نقشه طرح بر گیاهان اعمال شد. مدت اعمال تیمار تا ۳۰ روز ادامه یافت. در پایان دوره آزمایش جهت اندازه گیری رنگیزه های کلروفیل از جوانترین برگها نمونه برداری صورت گرفت. مقادیر کلروفیل a، b و کارتنوئید با استفاده از روش آرنون (۱۹۶۲)، اندازه گیری شدند. برای تعیین میزان کربوهیدرات محلول در برگها از روش اریگون و همکاران (۱۹۹۲) استفاده گردید. در نهایت بوته های موجود در سطح هر گلدان برداشت، پس از خشک کردن در آون و در دمای ۷۲ درجه سانی گراد به مدت ۲۴ ساعت، میزان وزن خشک بوته اندازه گیری و وزن خشک براساس تک بوته محاسبه شدند.

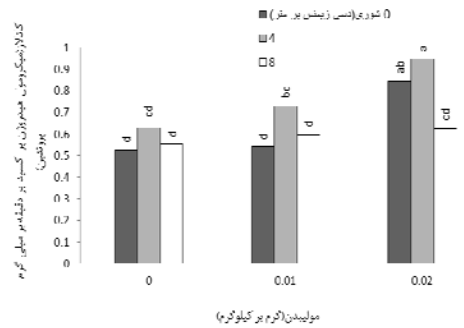
استخراج و سنجش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان: جهت استخراج آنزیم‌های حذف کننده پراکسید هیدروژن، ۰/۲ گرم از بافت سبز برگ از گیاهان برداشت، فریزز شدند. سپس در ۲ میلی لیتر از بافر فسفات پتاسیم سرد ۱۰۰ میلی مولار (اسیدیته= ۷/۵) که محتوی EDTA ۰/۴ میلی‌مولار، آسکوربات ۳ میلی‌مولار و پلی ونیل پیرولیدن ۵ درصد (وزن حجمی) بود، ساییده و بصورت همگن در آورده شدند. سپس نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۱۶۰۰۰ سانتریفوژ گردیدند. در نهایت فاز بالایی به عنوان عصاره پروتئینی برای سنجش فعالیت آنزیمی مورد استفاده قرار گرفت. همه این عملیاتها در دمای ۴ درجه سانتیگراد انجام گرفت. در نهایت جهت اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز(CAT) از روش بیرز و سیزر(۱۹۵۲) و گایاکول پراکسیداز (GPX) از روش اوربانک و همکاران (۱۹۹۱) استفاده شدند.

جهت اندازه گیری عناصر سدیم و پتاسیم از روش خاکستر گیری خشک استفاده شد. برای این منظور، مقدار ۱ گرم از بافت خشک و پودر شده گیاهان به مدت ۶ ساعت در کوره الکتریکی و در دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد سوزانده شدند. سپس به هر نمونه ۵ سی سی اسید کلریدریک ۲ نرمال اضافه و به مدت ۱۵ دقیقه بر روی حمام بن ماری در دمای ۸۰ درجه قرار داده شدند. محلول حاصل از کاغذ صافی عبور و با آب مقطر به حجم ۱۰۰ سی سی رسانده شدند. بعد از کالیبره کردن، مقادیر سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه فلم فتومتر مدل JENWAY PEP7 قرائت گردید. در نهایت پس از تهیه منحنی استاندارد، مقادیر سدیم و پتاسیم براساس میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک محاسبه شدند (۸). همچنین برای فسفر از روش رنگ سنجی، در طول موج ۴۸۰ نانومتر و با دستگاه اسپکتروفتومتر (مدلJENWAY) و مولیبدن با

استفاده از دستگاه اتمیک ابزوبشن مدل Solar S Series (ساخت شرکت Thermal Elemental کشور انگلستان) استفاده شدند. در نهایت داده های حاصله با استفاده از نرم افزار آماری SAS و MSTATC تجزیه و مقایسه میانگین-ها براساس LSD در سطح ۵٪ انجام شد.

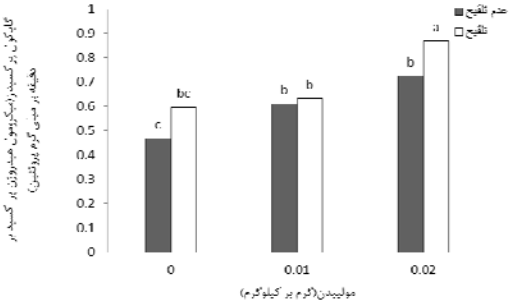
نتایج

فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان (کاتالاز و گایاکول پراکسیداز) و وزن خشک تک بوته: نتایج تجزیه آماری داده‌ها در جدول ۲ نشان داد اثرات اصلی شوری، مولیبدن و قارچ میکوریزا تاثیر معنی داری بر وزن خشک تک بوته و میزان فعالیت آنزیم کاتالاز داشت. در این بین شوری در بالاترین سطح (۸ دسی زیمنس بر متر) به میزان ۳۷/۵ درصد سبب کاهش و مولیبدون به مقدار ۳۶/۸ درصد و تلقیح با قارچ میکوریزایی به میزان ۲۳/۱ درصد سبب افزایش ورن خشک تک بوته شدند. در این بین اثر متقابل شوری و مولیبدن در سطح احتمال ۱ درصد تنها بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز و اثر متقابل مولیبدن و میکوریزا در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز معنی دار بود. در جدول ۳ مشاهده شد که تلقیح میکوریزایی نیز تاثیر مثبتی بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز داشت و سبب افزایش ۹/۴۴ درصدی آن نسبت به تیمار عدم تلقیح گردید. در شکل ۱ مشاهده می شود با افزایش میزان مصرف مولیبدن از شاهد به سطح Mo_3، بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز افزوده شد. در این بین، افزایش شوری تا سطح ۴ دسی‌زیمنس بر متر توانست سبب افزایش فعالیت این آنزیم شود. در غلظت‌های بالاتر شوری، از مقدار فعالیت کاتالاز کاسته شد. نتایج در شکل ۱ نشان می دهد بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز در سطح شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر و کاربرد ۰/۰۲ گرم بر کیلوگرم مولیبدن حاصل شد.



شکل ۱- اثر متقابل شوری و مولیبدن بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در برگهای ذرت

نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که آنزیم گایاکول پراکسیداز تحت تاثیر مولیبدن در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل مولیبدن و میکوریزا در سطح احتمال ۵ درصد قرار گرفت (جدول ۲). شکل ۲ نشان می دهد اثر متقابل مولیبدن و میکوریزا منجر به افزایش میزان فعالیت این آنزیم شد. به طوری که بیشترین فعالیت آن در سطح ۰/۰۲ گرم بر کیلوگرم مولیبدن و در حضور قارچ میکوریزا حاصل شد.



شکل ۲- اثر متقابل مولیبدن و میکوریزا بر میزان فعالیت آنزیم گایاکول پر اکسیداز در برگهای ذرت

رنگدانه های فتوسنتزی و کربوهیدرات محلول برگ: نتایج تجزیه آماری داده ها در جدول ۲ نشان داد در بین رنگدانه های فتوسنتزی، اثر متقابل شوری و مولیبدن تاثیر معنی داری بر میزان کلروفیل a و کارتنوئید و اثر متقابل شوری و میکویزا تاثیر معنی داری بر میزان کلروفیل b در برگهای ذرت دارا بودند. در این بین اثر متقابل سه گانه شوری، مولیبدن و میکوریزا تنها تاثیر معنی داری بر مقادیر کلروفیل b و کارتنوئید دارا بودند.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس رنگدانه های فتوسنتزی، آنزیم های آنتی اکسیدان و عناصر معدنی ذرت در تیمارهای شوری، مولیبدن و میکوریزا

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک تک بوته	کربوهیدرات محلول برگ	رنگدانه های فتوسنتزی: کلروفیل a	کلروفیل b	کارتنوئید	آنزیم های آنتی اکسیدان: آنزیم کاتالاز	آنزیم گایاکول پراکسیداز	عناصر معدنی برگ: سدیم	پتاسیم	فسفر	مولیبدن
شوری	۲	۲/۲**	۱۷/۷۰	۱/۱۶	۰/۱۶	۰/۰۱	۰/۱۹	۰/۰۱	۱۹/۲۹	۴۸۴/۹۴	۰/۲۶*	۲۳/۱۵**
مولیبدن	۲	۰/۶۵*	۵۷/۶۵**	۱۴۹/۲۷**	۰/۶۸*	۰/۰۴	۰/۱۵**	۰/۰۴	۶۵۵/۶۲**	۶۷۳۹/۸۷۹**	۰/۰۷۸	۱۸/۰۱**
میکوریزا	۲	۲۱/۱۳**	۲۱/۷۹	۵۱/۵۶**	۲/۳۸**	۰/۳۲**	۰/۲۷**	۰/۳۲**	۱۷۹/۳۵**	۱۲۳۲۰/۴۷**	۰/۰۹۴	۳۹/۰۵**
شوری × مولیبدن	۱	۰/۱۳	۴/۲۸	۴۵/۳۴**	۰/۲۸	۰/۰۵۶*	۰/۰۴۸*	۰/۰۰۱	۷۴/۸۱*	۲۰۲۴۳/۵۹**	۰/۰۵۳	۱/۱۴۷*
شوری × میکوریزا	۴	۰/۴۵	۹/۲۴	۳/۱۲	۱/۶۲**	۰/۰۲	۰/۰۴۱**	۰/۰۲	۲۲۱/۵۳**	۱۶۵۹/۸۷*	۰/۱۰۰	۲/۹۴**
مولیبدن × میکوریزا	۲	۰/۱۶	۲۶/۳*	۹/۴۰	۰/۱۷۲	۰/۰۱۲	۰/۰۳	۰/۰۱۲	۵۱۷/۹۳**	۶۰۱/۳۷	۰/۰۷۷	۳/۹۳۶**
شوری× مولیبدن× میکوریزا	۲	۰/۲۰	۱۹/۲۶	۳/۸۱	۲/۸۵**	۰/۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۸*	۵۳۶/۱۳**	۳۵۸۰/۱۰**	۰/۰۶۱	۱۴/۶۶۱**
خطا	۴	۰/۱۵	۷/۵۶	۱۰/۶۹	۱/۳۱۴**	۰/۰۱۷	۰/۰۰۷	۰/۰۱۷	۲۶/۰۴	۲۵۳۴/۰۰۶**	۰/۰۷۱	۰/۸۳**
ضریب تغییرات(٪)		۱۹/۶۱	۱۳/۳	۲۳/۸	۲۰/۱	۲۲/۶	۱۴/۹	۲۲/۶	۱۰/۹	۱۶/۳	۳/۷	۷/۱

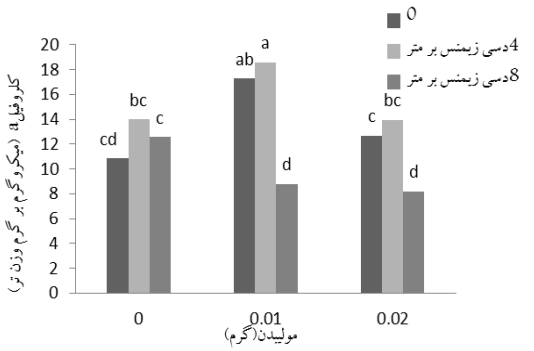
ns، *و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های تیمار شوری، مولیبدن و میکوریزا بر رنگدانه های فتوسنتزی، آنزیم های آنتی اکسیدان و عناصر معدنی در ذرت

تیمار	کربوهیدرات برگ (میکروگرم گلوکز بر گرم وزن تر)	رنگدانه های فتوسنتزی: کلروفیل a	کلروفیل b	کارتنوئید (میکروگرم برگرم وزن)	آنزیم های آنتی اکسیدان: کاتالاز	گایاکول پراکسیداز	سدیم	عناصر معدنی برگ: پتاسیم	فسفر	مولیبدن
					(میکرو مول هیدروژن پراکسید بر دقیقه بر میلی گرم پروتئین)		(میلی گرم در گرم ماده خشک)			(میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک)
شوری (دسی زیمنس بر متر)										
۰	۲۲/۴۸a	۱۳/۵۹a	۳/۲۸۹b	۰/۶۳۸ab	۰/۶۳ b	۰/۶۲ b	۲۸/۰۵b	۱۶۱/۸a	۶/۱۶۳a	۷/۵۶۶ a
۴	۱۸/۶۲b	۱۵/۵۰a	۳/۷۷۲ ab	۰/۷۴۳a	۰/۷۶ a	۰/۶۱ b	۳۴/۷۹a	۱۷۲/۱a	۶/۰۹۹a	۵/۸۸۳b
۸	۲۰/۶۸a	۹/۸۳۸b	۳/۹۳۱a	۰/۵۵۸ b	۰/۵۹ b	۰/۷۰ a	۳۸/۸۲a	۱۳۰/۰b	۶/۰۳۱a	۵/۷۸۶b
LSD	۱/۸۴۶	۲/۰۹۸	۰/۵۰۰	۰/۱۱۵	۰/۰۶۷	۰/۰۹۸	۴/۵۳۳	۲۱/۳۵	۰/۱۵۴	۰/۳۰۷
مولیبدن(گرم در کیلوگرم خاک)										
۰	۲۰/۸۷a	۱۲/۴۵b	۳/۵۸۵ a	۰/۶۵۶a	۰/۵۶ b	۰/۵۳ b	۳۲/۲۶a	۱۷۶/۰ a	۶/۱۴۴a	۵/۷۰۳ b
۰/۰۸	۲۰/۳۷a	۱۴/۸۷a	۳/۴۵۷a	۰/۶۶۱a	۰/۶۲ b	۰/۶۲ b	۳۲/۳۳a	۱۵۲/۹ b	۶/۰۱۴a	۶/۶۶۹ a
۰/۱۶	۲۰/۵۴ a	۱۱/۶۰b	۳/۹۵۱a	۰/۶۲۲a	۰/۸۰ a	۰/۷۹ a	۳۶/۰۷a	۱۳۵/۰ b	A	۶/۸۶۳ a
LSD	۱/۸۴۶	۲/۰۹۸	۰/۵۰۰	۰/۱۱۵	۰/۰۶۷	۰/۰۹۸	۴/۵۳۳	۲۱/۳۵	۰/۱۵۴	۰/۳۰۷
میکوریزا										
عدم تلقیح	۱۹/۹۲۱a	۱۳/۲۱۵a	۳/۵۳۷a	۰/۶۵۷a	۰/۶۹ a	۰/۶۵ a	۳۴/۹۰۱ a	۱۶۲/۰۲۱ a	۶/۱۲۹a	۶/۵۱۹ a
تلقیح	۲۱/۲۶۳a	۱۲/۷۳۴a	۳/۷۹۱a	۰/۶۳۵a	۰/۶۹ a	۰/۶۴ a	۳۲/۸۶۹a	۱۴۷/۲۷۷ a	۶/۰۶۶a	۶/۳۰۵ a
LSD	۱/۸۴۶	۲/۰۹۸	۰/۵۰۰	۰/۱۱۵	۰/۶۳ b	۰/۶۲ b	۴/۵۳۳	۲۱/۳۵	۰/۱۵۴	۰/۳۰۷

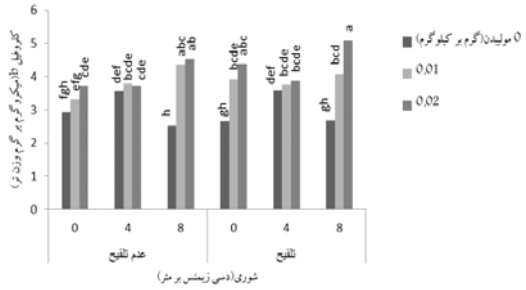
در هر ستون و برای هر تیمار، دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

شکل ۳ نشان داد زمانی که گیاه ذرت در معرض ۰/۰۱ گرم در کیلوگرم مولیبدن به همراه شوری ۴ دسی زیمنس بر متر قرار گرفتند بیشترین میزان کلروفیل a در برگها حاصل شد که به میزان ۱۸/۵۷ میکروگرم بر گرم وزن تر بود. این در حالی بودکه کمترین میزان کلروفیل a با میانگین ۸/۱۸۷ میکروگرم برگرم وزن تر بالاترین سطح شوری و سطح مولیبدن بدست آمد. هر چند از نظر آماری با گیاهانی که سطح دوم مولیبدن (۰/۰۱ گرم در کیلوگرم خاک) به همراه با ۸ دسی زیمنس بر متر شوری را دریافت کرده بودند (معادل ۸/۷۶ میکروگرم بر گرم وزن تر)، اختلافی معنی داری نداشت.

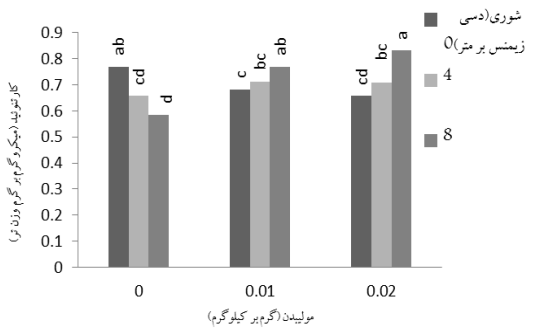


شکل ۳- اثر متقابل شوری و مولیبدن بر میزان کلروفیل a برگ

در این آزمایش نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد اثر متقابل سه گانه شوری، مولیبدن و میکوریزا در سطح ۱ درصد بر میزان کلروفیل b و کارتنوئید معنی‌دار بود (جدول۲). بالاترین میزان کلروفیل b در گیاهانی دیده شد که سطح شوری ۸ دسی زیمنس بر متر، کاربرد میکوریزا و مقدار ۰/۰۲گرم در کیلوگرم مولیبدن را دریافت کرده بودند. میزان کلروفیل b در این حالت معادل ۵/۰۸ میکروگرم بر گرم وزن تر بود. کمترین میزان کلروفیل b در گیاهانی که بالاترین سطح شوری (۸ دسی زیمنس بر متر) و عدم کاربرد مولیبدن و میکوریزا دریافت کردندحاصل شد که معادل ۲/۷۵ میکروگرم بر گرم وزن تر بود (شکل ۴). میزان کارتنوئید در گیاه ذرت در این آزمایش تحت تاثیر مولیبدن در سطح ۱ درصد و اثر متقابل شوری و مولیبدن قرار گرفت (جدول ۲). شکل ۵ نشان داد که در سطح صفر مولیبدن با افزایش شوری، کارتنوئید کاهش یافت. این در حالی است که با افزایش سطح شوری و مولیبدن، کارتنوئید افزایش پیدا کرد. بیشترین مقدار کارتنوئید در سطح ۸ دسی زیمنس بر متر و ۰/۰۲ گرم بر کیلوگرم مولیبدن حاصل شد.



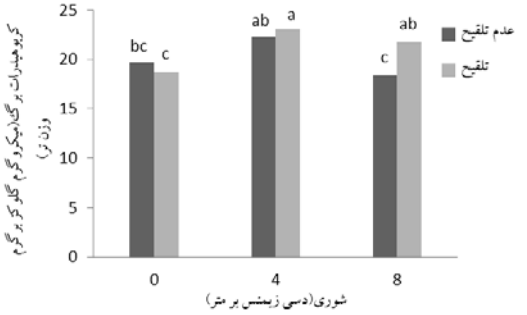
شکل۴- اثر متقابل سه گانه شوری، مولیبدن و میکوریزا بر میزان کلروفیل b



شکل۵- اثر متقابل شوری و مولیبدن بر میزان کارتنوئید برگ

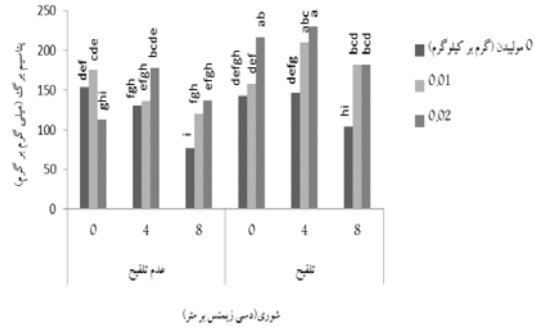
نتایج تجزیه آماری داده‌ها در جدول ۲ نشان داد که میزان کربوهیدرات محلول برگ تحت تاثیر شوری (در سطح ۱ درصد) و اثر متقابل شوری و میکوریزا (در سطح ۵ درصد) قرار گرفت. بالاترین مقدار کربوهیدرات برگ در گیاهانی که با میکوریزا تلقیح شده بودند و شوری در سطح ۴ دسی زیمنس برمتر دریافت کرده بودند، حاصل شد که معادل ۲۳/۰۱ میکروگرم گلوکز بر گرم وزن تر بود. کمترین مقدار

کربوهیدرات برگ در گیاهانی که با میکوریزا تلقیح شده و شوری ۸ دسی زیمنس بر متر دریافت کرده بودند، حاصل شدکه معادل ۱۸/۴۱ میکروگرم گلوکز بر گرم وزن تر بود (شکل ۶).



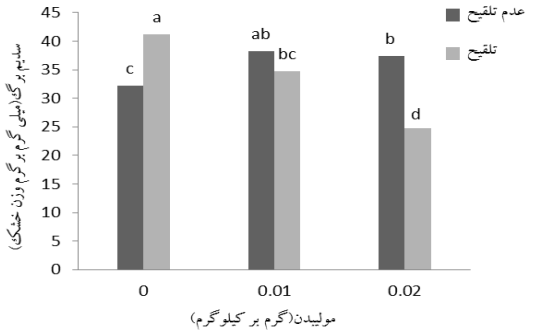
شکل ۶- اثر متقابل شوری و میکوریز بر میزان کربوهیدرات محلول در برگ

عناصر معدنی (سدیم، پتاسیم، فسفر و مولیبدن): نتایج تجزیه آماری داده ها در جدول ۲ نشان داد بجز فسفر، اثر متقابل سه گانه شور، مولیبدن و میکوریزا در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان سدیم، پتاسیم و مولیبدن برگ در گیاه ذرت معنی دار بود. شکل ۷ نشان داد که بیشترین میزان پتاسیم برگ مربوط به شوری ۴ دسی زیمنس بر متر همراه با کاربرد بالاترین سطح مولیبدن (۰/۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و در حضور قارچ میکوریزا بود که معادل ۲۳۰/۱ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک برگ بود. زمانی که بالاترین سطح شوری همزمان با سطح صفر مولیبدن و عدم تلقیح میکوریزایی بود، کمترین میزان پتاسیم که معادل۷۶/۸۲ میلی‌گرم بر گرم بود، حاصل گردید.



شکل ۷- اثر متقابل شوری، مولیبدن و میکوریزا بر میزان پتاسیم برگ

مقایسه میانگین داده ها در شکل ۸ نشان داد که در سطح ۰/۰۲ گرم در میلی‌گرم در کیلوگرم مولیبدن خاک و در حضور قارچ میکوریزا کمترین میزان سدیم معادل ۴۱/۲۴ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک حاصل شد. این در حالی است که بالاترین میزان این عنصر در سطح صفر مولیبدن و با حضور قارچ میکوریزا معادل ۲۴/۷۹ میلی‌گرم بر گرم بود. می‌توان گفت که افزودن سطوح مولیبدن خاک و تلقیح میکوریزایی باعث کاهش سدیم برگ شده است که احتمالا این امر منجر به تعدیل اثرات تنش شوری در گیاه شده است. در این پژوهش شوری باعث افزایش مقدار سدیم و کاهش میزان پتاسیم اندام هوایی شد. مولیبدن برگ در گیاه ذرت در این آزمایش تحت تاثیر اثرات متقابل سه گانه شوری، مولیبدن و میکوریزا در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت (جدول ۲). در بین ترکیبات تیماری، کاربرد ۰/۰۲ گرم مولیبدن به همراه عدم شوری و در حضور قارچ میکوریزا بالاترین میزان مولیبدن برگ را به خود اختصاص داد معادل ۹/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک بود. کمترین میزان مولیبدن در سطح شوری ۸ دسی زیمنس بر متر و عدم حضور قارچ میکوریزا حاصل شد (شکل ۹).

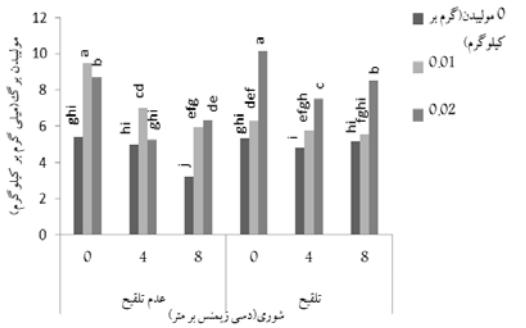


شکل ۸- اثر متقابل مولیبدن و میکوریزا بر سدیم برگ

بحث

شوری به طریق های مختلفی می تواند سبب تغییر در رشد و نمو گیاهان شود. به سبب کاهش پتانسیل آب در خاک در اثر تجمع املاح نمک، از جذب آب و عناصر غذایی ممانعت به عمل می آید. همچنین شوری سبب ایجاد

سمیت یونی و عدم تعادل عناصر غذایی در گیاهان می‌شود.



شکل ۹- اثر متقابل شوری، مولیبدن و میکوریزا بر میزان مولیبدن برگ

در خاکهای شور حلالیت عناصر کم مصرف نظیر آهن، روی، مس ، منگنز و مولیبدون کم بوده و گیاهان در این خاکها به خوبی رشد نمی کنند. لذا استفاده از این عناصر می تواند تا حدی سبب بهبود رشد شوند (۱۰). در این بین مولیبدن یکی از عناصر تشکیل دهنده آنزیم نیترات ریدکتاز بوده و در اسیمیلاسیون نیترات نقش بازی می کند. به همین دلیل مقادیر جزیی آن تاثیر مثبت و معنی داری بر میزان پروتئین گیاه، افزایش رشد وکاهش ترکیبات نیتروژنه محلول از جمله نیترات دارد (۱۷). در این آزمایش، هر چند شوری سبب کاهش رشد و میزان ماده خشک در ذرت گردید اما استفاده از مولیبدن منجر به بهبود رشد و افزایش میزان ماده خشک تولیدی گردید. بطوریکه تیمار Mo_3 سبب افزایش ۳۶/۸ درصد ماده خشک نسبت به تیمار شاهد (Mo_1) گردید (جدول ۲).

شوری همانند دیگر تنش های محیطی می تواند سبب تولید رادیکالهای آزاد اکسیژن (Reactive Oxygen Species (ROS همانند سوپر اکسید (O_2^-)، هیدروژن پر اکسید (H_2O_2) و رادیکالهای هیدروکسیل (OH^-) در درون سلول شود. این ترکیبات خسارت زیادی را از طریق اکسیداسیون چربی ها، پروتئین و اسیدهای نوکلئیک به سلول وارد می کنند. جهت کاهش اثرات سوء تنش اکسیداتیو در طی بروز تنش شوری، گاها میزان فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان در سلول بالا می رود. از این آنزیم ها می توان به کاتالاز (CAT)، اسکوربات پراکسیداز (APX) و گایاکول پراکسیداز (GPX) اشاره کرد (۱۰). در این آزمایش مشخص گردید اثر متقابل شوری و مولیبدن بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز و گایاکول پراکسیداز معنی دار بودند (جدول ۲). در این بین شوری تا سطح ۴ دسی زیمنس برمتر و مصرف مولیبدن تا سطح Mo_3، بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز افزود شکل (۱). در این بین لی و همکاران (۲۰۰۵) افزایش فعالیت پراکسیداز و کاتالاز را تحت تیمار مولیبدن در برگ‌های سویا گزارش کردند.

قارچ های میکوریزا به عنوان یکی از مهمترین ریزجانداران (میکروارگانیسم های) خاک با برقراری همزیستی با گستره وسیعی از گیاهان به سه شکل اکتومیکوریزا، آندومیکوریزا و اکتاندومیکوریزا سبب بهبود جذب آب و عناصر غذایی در گیاهان میزبان شده، از اینرو بطور غیر مستقیم سبب کاهش اثرات تنش های محیطی همانند شوری، خشکی و فلزات سنگین بر گیاه میزبان خود می شوند (۱۴). در جدول ۳ این آزمایش مشاهده شد تلقیح میکوریزایی تاثیر مثبتی بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در ذرت دارد، سبب افزایش ۹/۴۴ درصدی آن نسبت به تیمار عدم تلقیح گردید. این نتایج با نتایج مرزبان و همکاران (۱) که با آغشته کردن بذور گیاه ذرت با قارچ تریکودرما، افزایش آنتی اکسیدان‌ها را گزارش کردند، مطابقت دارد. اثر متقابل مولیبدن و میکوریزا نیز منجر به افزایش میزان فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز در ذرت شد. به طوری که بیشترین فعالیت آن در سطح ۰/۰۲ گرم بر کیلوگرم مولیبدن و در حضور قارچ میکوریزا حاصل شد (شکل ۲). اندرسون (۲۰۰۳) گزارش کردند که افزایش مولیبدن با افزایش آنتی-اکسیدان‌ها (نظیر کاتالاز و گایاکول پر اکسیداز) ارتباط مستقیم دارد. در بررسی تاثیر بیوپرایمینگ بر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) مشاهده شد که در حضور قارچ برادوریزوبیوم میزان فعالیت این آنزیم‌ها افزایش یافت (۱۳).

یکی از اثرات تنش شوری، تاثیر بر میزان رنگدانه های فتوسنتزی است. تنش شوری سبب کاهش مقدار کلروفیل در گیاهان می شود. این کاهش می‌تواند عمدتا به علت تخریب ساختمان کلروپلاست و دستگاه فتوسنتزی، فتواکسیداسیون کلروفیل ها، واکنش آن‌ها با رادیکال آزاد اکسیژن، تخریب پیش ماده‌های سنتز کلروفیل و جلوگیری از بیوسنتزکلروفیل‌های جدید و فعال شدن آنزیم های تجزیه کننده کلروفیل از جمله کلروفیلاز و اختلالات هورمونی باشد (۲۲). در این آزمایش نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد اثر متقابل سه گانه شوری، مولیبدن و میکوریزا در سطح ۱ درصد بر میزان کلروفیل b و کارتنوئید معنی‌دار بود (جدول۲). در این پژوهش با افزایش سطح مولیبدن در طی بروز تنش شوری، افزایش کارتنوئید حاصل شد. القای سنتز کارتنوئیدها در شرایط تنش می‌تواند به علت نقش حفاظتی آن‌ها در تشکیلات فتوسنتزی باشد. زیرا این رنگیزه‌ها مسئول خاموش کردن رادیکال آزاد اکسیژن و جلوگیری از پراکسیداسیون لیپیدها و در نهایت تنش اکسیداتیو هستند (۴). همچنین بالاترین میزان کلروفیل b در این آزمایش دیده شد در سطح شوری ۸ دسی زیمنس بر متر، کاربرد میکوریزا و مقدار ۰/۰۲گرم در کیلوگرم مولیبدن بود. در تنش شوری به چند دلیل دیگر ممکن است مقدار کلروفیل کاهش یابد. یکی از آنها اثرات آنتاگونیستی سدیم با منیزیم است. از آنجا که میکوریزاها در بعضی موارد به جذب منیزیم در گیاه کمک می‌کنند می‌توانند سنتز کلروفیل را افزایش دهند. افزایش میزان کلروفیل می‌تواند ناشی از کاهش غلظت سدیم در اندام-های هوایی گیاهان تلقیح شده با قارچ های میکوریزایی نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی باشد. یعنی در گیاه میکوریزایی تاثیر سمیت سدیم روی سنتز کلروفیل کاهش می‌یابد (۲۶).

از اثرات دیگر شوری، تداخل در جذب عناصر معدنی و از جمله پتاسیم است. در این آزمایش اثر متقابل سه گانه شوری، مولیبدن و میکوریزا در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان سدیم، پتاسیم و مولیبدن برگ در گیاه ذرت معنی دار بود. شکل ۷ نشان داد که بیشترین میزان پتاسیم برگ مربوط به شوری ۴ دسی زیمنس بر متر همراه با کاربرد بالاترین سطح مولیبدن (۰/۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و در حضور قارچ میکوریزا بود که معادل ۲۳۰/۱ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک برگ بود. قارچهای میکوریزایی توانایی دفع عناصر سنگین و تولید مواد محرک رشد را در گیاهان دارند (۲۶). از این رو سبب افزایش مقاومت گیاه میزبان به شوری می‌شوند. شاید بتوان این‌طور نتیجه گرفت که در این آزمایش قارچ میکوریزا به گیاه کمک کرده است که با بالا بردن میزان کربوهیدرات برگ خود، شرایط تنش را بهتر تحمل کند در نتیجه جذب عناصر معدنی درآنها بهبود یابد. در این بین پتاسیم عنصری ضروری برای گیاهان و دارای نقش کلیدی در فرآیندهای فیزیولوژیک و رشد گیاه، سنتز پروتئین و نشاسته، انتقال قندها و فعال شدن بسیاری از آنزیم‌ها در برخی فرآیندهای فتوسنتز و تنفس است. این عنصر همچنین در باز و بسته شدن روزنه و نیز تنظیم اسمزی در ریشه گیاهان زراعی نقش دارد (۱۸). گزارش شده که از بارزترین آثار تنش شوری، کاهش میزان پتاسیم و افزایش جذب سدیم می‌باشد (۵).

علت کاهش میزان پتاسیم در گیاه در محیط شوری این است که وجود غلظت‌های بالای سدیم در محیط‌های خارجی باعث ایجاد رقابت با پتاسیم برای ورود به داخل سلول می‌شود و چون این دو یون دارای شعاع هیدراته مشابهی هستند، پروتئین‌های انتقال دهنده، ممکن است در تشخیص آن‌ها دچار اشتباه شوند. بنابراین سدیم به راحتی از طریق ناقل‌های با تمایل کم به پتاسیم و یا با تمایل زیاد به پتاسیم وارد سلول شده و جذب پتاسیم کاهش می‌یابد. از سوی دیگر، انتقال سدیم به قسمت‌های مختلف گیاه و برگ‌ها باعث جایگزینی آن‌ها با کلسیم در فضای آپوپلاستی شده که به دپلاریزاسیون غشا منجر می‌شود و درنتیجه، توانایی غشاها برای جذب انتخابی برخی از یون-ها دچار اختلال شده و عدم تعادل یونی غیر قابل اجتناب

خواهد بود (۵). در بررسی تاثیر قارچ میکوریزا بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت و لوبیا چشم بلبلی در کشت مخلوط مشخص گردیدکه قارچ میکوریزا به واسطه انشعابات میسلیومی خود سطحی اضافه را برای جذب آب و عناصر غذایی به وجود می آورد و در نتیجه دریافت آب و مواد معدنی افزایش یافته، فرآیند فتوسنتز نیز بهبود می-یابد(۱). در گیاهان میکوریزایی سرعت فتوسنتز افزایش می یابد بنابراین افزایش فتوسنتز توسط قارچ میکوریزا جذب عناصر غذایی را در خاک را افزایش میدهد.

نتیجه گیری

نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد شوری سبب کاهش میزان کلروفیل **b**، کارتنوئید، پتاسیم برگ و مولیبدن در برگهای گیاه ذرت رقم سنگل کراس ۷۰۴ شد. در این بین شوری با تاثیر معنی دار بر جذب سدیم سبب افزایش غلظت آن در برگهای این گیاه گردید. با افزایش سطح شوری از ۰ به ۸ دسی زیمنس بر متر بر میزان فعالیت دو آنزیم آنتی اکسیدان GPX و CAT افزوده اما این افزایش برای CAT تنها تا سطح ۴ دسی زیمنس بر متر بود. کاربرد مولیبدن در این آزمایش سبب افزایش مقادیر رنگدانه های فتوسنتزی کلروفیل **b** و کارتنوئید و نیز افزایش میزان فعالیت آنزیم CAT شد. در این بین بر میزان پتاسیم و مولیبدن در برگها افزوده و از مقدار سدیم آنها کاسته شد. تلقیح میکوریزایی هم در این بررسی هر چند سبب افزایش میزان کلروفیل **b**، کارتنوئید، پتاسیم، مولیبدن برگ و نیز افزایش فعالیت آنزیم GPX شد، اما از میزان انتقال سدیم به بخش هوایی و برگهای ذرت کاست. در نهایت می توان بیان کرد که کاربرد میکوریزا و مولیبدن می‌تواند تا حدی از اثرات سوء شوری بر گیاه ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ بخصوص تا سطح شوری ۴ دسی زیمنس بر متر بکاهد.

منابع

۱- مرزبان، ز. عامریان، ، م. ر. ممرآبادی، م. و عباس دخت، ح. (۱۳۸۹). تاثیر همزیستی توام قارچ میکوریزا آرباسکولار و باکتری ریزوبیوم برکشت مخلوط ذرت ولوبیا. کنفرانس ملی حفاظت از تنوع زیستی و دانش بومی. تهران.

2- Andrson, S. (2003). Basic Information about molybdenum as plant nutrients. Available: Http:// Cocemmerce.Uvex.Edu.

3- Al-karaki, G.N., Hammad, R. (2001). Mycorrhiza influence on fruit yield and mineral content of tomato grown under salt stress. J. Plant Nutr. 24:1311-1323.

4- Al-karaki, G.N., Al-Omoush, M. (2002). Wheat response to phosphogypsum and mycorrhizal fungi in alkaline soil. J. Plant Nutr. 25:873-883.

5- Aqueel Ahmad, M.S., Javed, F., Ashraf, M. (2007). Iso osmotic effect of NaCl and PEG on growth, cations and free proline accumulation in callus tissue of two indica rice (*Oryzasativa* L.) genotypes. Plant Growth Reg. 53:53-63.

6- Arnon, A.N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. J. Agron. 23:112-121.

7- Beers, G.R., Sizer, I.V. (1952). A spectrophotometric method for measuring the breakdown of hydrogen peroxide by catalase. Biol Chem. 195:133-140.

8- Hamada, A.M., EL-Enany, A.E. (1994). Effect of NaCl salinity on growth, pigment and mineral element contents, and gas exchange of broad bean and pea plants. Biol Plantarum. 36: 75- 81.

9- He, Z.L.L., Yang, X.E., Stoffella, P.J. (2005). Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment. J.Trace Elements in Medicine and Biology. 19(2-3): 125-140.

10- Heidari, M. (2009). Antioxidant activity and osmolyte concentration of sorghum (*Sorghum bicolor*) and wheat (*Triticum aestivum*) genotypes under salinity stress. Asian J Plant Sci. 8 (3):240-244.

11- Irrigoyen, J.H., Emerich, D.W., Sanchez Diaz, M. (1992). Water stress induced changes in concentration of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa plant. Physiol. Panta. 84: 55-66.

12- Kafi, M., Shariat Jafari, M.H., Moayedi, A. (2013). The Sensitivity of Grain Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) Developmental Stages to Salinity Stress: An Integrated Approach. J. Agr. Sci. Tech. 15: 723-736.

13- Khan, M.S., Zaidi, A., Amil, M, (1997).

Associative effect of *Bradyrhizobium sp.*(vigna) and phosphate solubilizing bacteria on mungbean (*Vigna radiata* (L.). Bio J. 9: 101-110.

14- Keiser, B.N., Gridley, K., Brady, J.N., Philips, T., Tyerman, S.D. (2005). The role of molybdenum in agricultural plant production. Ann. Bot. 96:745-754.

15- Koyro, H.W. (2006). Effect of salinity on growth, photosynthesis, water relations and solute composition of potential cash crop halophyte *Plantago coronopus* L. Envir Bot. 56: 136-149.

16- Liu, P., Yang, Y.S., Xu, G,D., Fang, Y.H,, Yang, Y.A. (2005). The response of antioxidant enzymes of three soybean varieties to molybdenum and boron in soil with a connection to plant quality. Plant, Soil and Envir. 51(8): 351-359.

17- Rabbi, A.K.M.Z., Paul, A.K., Sarker, J.R. (2011), Effect of nitrogen and molybdenum on the growth and yield of garden pea (*Pisum sativum* L.). Plant Resour. Manage. 2(2): 230-235.

18- Rahnama. H., Ebrahimizadeh, H. (2004). The effect of NaCl on proline accumulation in potato seedlings and calli. Acta Physio Planta. 26(3):263-270.

19- Ruiz-Lonzo, J.M. (2003). Arbuscular mycorrhiza symbiosis and alleviation of osmotic stress. New perspectives for molecular studies. Mycorrhiza.13: 309-317.

20- Sairam, R.K., Tyagi, A. (2004). Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. Current Sci.86: 407-420.

21- Saleh Rastin, N. (2001). Biofertilizers and their role in order to reach to sustainable agriculture. A compilation of papers of necessity for the production of biofertilizers in Iran. 1-54 pp.

22- Sultana, N., Ikeda, T., Itoh, R. (1999). Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. Envir and Exp Bot. 42(3): 211-220.

23- Tuzel, I.H., Tuze, Y., Gul, A., Meric, M.K., Yavu, O., Eltez, R.Z. (2001). Comparison of open and closed systems on yield, water and nutrient consumption and their environmental impact. Acta Hort. 554:221-228.

24- Urbanek, H., Kuzniak–Gebarowska, E., Herka, K, (1991). Elicitation of defense responses in bean leaves by *Botrytis cinerea* polyglacturonase. Acta Physiol Plant.13: 43–50.

25- Williams, R.L., Frausto Da Silva, J.J.R. (2002). The involvement of molybdenum in life. Bioch and Biophysical Res Communication. 292(2): 293-299.

26- Zaidi, A., Khan, M.S., Amil, M. (2003). Interactive effects of rhizotrophic microorganisms on yield and nutrient uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Eur. J. Agron., 19, 15.

Effects of Salinity, molybdenum and mycorrhizal fungi (*Glomus versiform*) on the oxidative enzymes activity and some physiological characteristics in corn

Abdollahi M., Ghorbani H. and Heidari M.

Soil Sciences Dept., Agricultural Collage, Shahrood University of Technology, Shahrood, I.R. of Iran

Abstract

To evaluate the effects of salinity, molybdenum and mycorrhizal fungi (*Glomus versiform*) on growth and antioxidant enzymes activity in corn, a plot experiment was conducted as factorial in a completely randomized design with three replications at the University of Shahrood in 2014. The experimental treatments were consist of three levels of salinity included: 0, 4 and 8 dS/m as the first treatment, three levels of molybdenum 0,10 and 20 mg Mo/kg soil as the second and two levels of inoculation and without inoculation with the mycorrhizal fungi (*Glomus versiform)* as the third treatment. The results showed that, the highest activity of catalase was obtained at the 4 ds/m of salinity treatment and 20 mg Mo/kg. Therefore the highest activity of guaiacol peroxidase was in the 8 ds/m salinity treatment and at the presence of mycorrhizal fungi. The interaction between the three treatments of salinity, molybdenum and mycorrhizal fungi had significant effect on the amount of chlorophyll "b", sodium, potassium and molybdenum content in leaves. The highest content of molybdenum in leaves was obtained at the presence of the fungus, the highest level of molybdenum and the 0 salinity treatment. In this experiment, the results showed that, the highest amount of chlorophyll "b" was obtained at the 20 mg Mo/kg , 8 ds/m of salinity and at the presence of mycorrhizal fungi. As well as the inoculation of mycorrhizal fungi and use of 20 mg Mo/kg caused of increasing potassium and decreasing of sodium absorption corn

Key words: Corn, Molybdenum, Mycorhizae, Salinity