

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



مینا عبداللهی، هادی قربانی و مصطفی حیدری*

شاهرود، دانشگاه صنعتی شاهرود، دانشکده کشاورزی، گروه خاکشناسی

تاریخ پذیرش: ۹۵/۱/۱۸

تاریخ دریافت: ۹۴/۶/۲۱

چکیده

به منظور بررسی تأثیر شوری، مولیبدن و قارچ میکوریزا *Glomus versiform* بر رشد و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاه ذرت، آزمایشی گلدانی بصورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در دانشگاه شاهرود اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح شوری ۰، ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر به عنوان عامل اول، سه سطح مولیبدن ۰، 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 میلی‌گرم مولیبدن در کیلوگرم خاک حاصل شد. در این بین شوری و تیمار قارچ میکوریزا با تأثیر معنی‌داری بر فعالیت آنزیم گایاکول‌پر اکسیداز سبب افزایش آن شد. بیشترین مقدار آن در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر و در حضور قارچ میکوریزا بدست آمد. در این آزمایش قارچ میکوریزا و تیمار ۲۰ میلی‌گرم 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 تأثیر معنی‌دار 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 میلی‌گرم مولیبدن در کیلوگرم خاک و شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر برای کلروفیل b و سطح شوری شاهد برای مولیبدن بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: ذرت، شوری، مولیبدن، میکوریزا

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

مقدمه

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 تأثیر شوری قرار می‌گیرند (۲۰).

یکی از خسارات شوری بر گیاهان، تأثیر 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

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 نوع‌های مختلف تحت تأثیر 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 نیمه‌خشک، لذا در بسیاری از مناطق آن محدودیت آب شیرین سبب شده تا کشاورزان

فتوستتزی گیاهان نیاز داشته و در مقابل جذب و انتقال مواد معدنی به گیاه میزبان از آنها کربوهیدرات دریافت می‌کنند (۱۹).

علی‌رغم تحقیقات گسترده‌ای که درباره همزیستی قارچ‌های میکوریزا با گیاهان مختلف زراعی صورت گرفته، هنوز اطلاعات محدودی در رابطه با همزیستی گیاه ذرت وجود دارد. از طرف دیگر بخش‌هایی 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 غلظت‌های مختلف شوری و مولیبدون بر چگونگی رشد، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، تغییرات رنگی‌های فتوستتزی 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 کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود و به صورت گلدانی اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح شوری $S_1=0$ ، $S_2=4$ و $S_3=8$ دسی‌زیمنس بر متر به عنوان عامل اول، سه سطح مولیبدون $Mo_1=0$ ، $Mo_2=10$ و $Mo_3=20$ میلی‌گرم 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 20×26 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 نمونه‌ای از خاک استفاده شده در گلدان‌ها

مولیبدن است. مولیبدن فرآیندهای بیوشیمیایی متعددی را در گیاهان کنترل می‌کند (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 تشکیل‌دهنده آنزیم نیترات ریدکتاز بوده و در اسمیلایون نیترات نقش مهمی بازی می‌کند. به همین دلیل مقادیر جزئی آن تأثیر مثبت و معنی‌داری بر میزان پروتئین گیاه، افزایش رشد و کاهش ترکیبات نیتروژن محلول از جمله نیترات دارد. زمانی که گیاهان در شرایط کمبود مولیبدن قرار می‌گیرند، 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 بهره‌برداری 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، زیست‌محیطی و اجتماعی نیز مثرم‌تر هستند و می‌توانند 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 بهره‌برداری از چنین منابعی استوار است (۲۱). در بین کودهای بیولوژیک، قارچ‌های شاخه‌گلمرومایکوتا که از قابلیت همزیستی بالایی با ریشه اکثر گیاهان زراعی برخوردارند، می‌توانند باعث افزایش رشد در گیاهان شوند. این گونه از قارچ‌ها همچنین با تشکیل هورمون رشد و بالا بردن مقاومت به بیماری‌های خاکزی در گیاهان می‌توانند در بهبود رشد و جذب بهتر عناصر غذایی بخصوص فسفر به گیاهان کمک‌شایان نمایند (۱۰). گیاهان همزیست شده با این گونه قارچ‌ها از تحمل خوبی در مقابل تنش‌های زیستی و غیرزیستی از قبیل خشکی، شوری، عناصر سنگین و پاتوژن‌ها برخوردارند. همچنین این قارچ‌های به کربوهیدرات‌های حاصل از فرآورده‌های

مدت ۲۴ ساعت، میزان وزن خشک بوته اندازه‌گیری و وزن خشک براساس تک بوته محاسبه شدند.

استخراج و سنجش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان:

جهت استخراج آنزیم‌های حذف‌کننده پراکسید هیدروژن، ۰/۲ گرم از بافت سبز برگ از گیاهان برداشت، فریز شدند. سپس در ۲ میلی‌لیتر از بافر فسفات پتاسیم سرد ۱۰۰ میلی‌مولار (اسیدیته = ۷/۵) که محتوی EDTA ۰/۴ میلی‌مولار، آسکوربات ۳ میلی‌مولار و پلی‌ونیل‌پیرولیدین 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 عملیات 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.

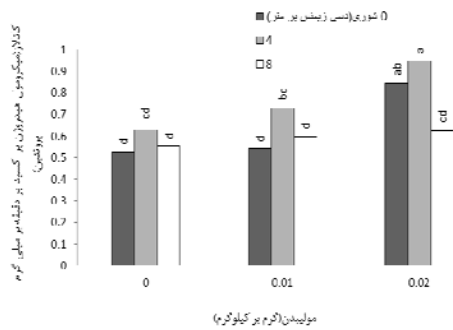
جهت اندازه‌گیری عناصر سدیم و پتاسیم از روش خاکسترگیری خشک استفاده شد. برای این منظور، مقدار ۱ گرم از بافت خشک و پودر شده گیاهان به مدت ۶ ساعت در کوره الکتریکی و در دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد سوزانده شدند. سپس به هر نمونه ۵ سی‌سی اسید کلریدریک ۲ نرمال اضافه و به مدت ۱۵ دقیقه بر روی حمام بن‌ماری در دمای ۸۰ درجه قرار داده شدند. محلول حاصل از کاغذ صافی عبور و با آب مقطر به حجم ۱۰۰ سی‌سی 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 میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک محاسبه شدند (۸). همچنین برای فسفر از روش رنگ‌سنجی، در طول موج ۴۸۰ نانومتر و با دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل JENWAY) و مولیدن با

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

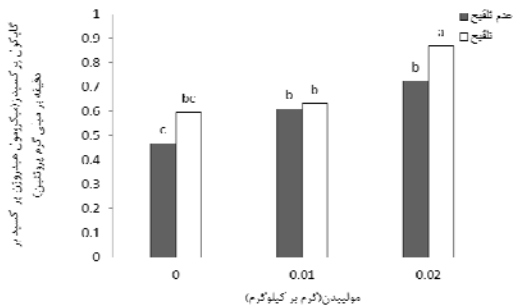
پارامتر	مقدار	واحد
درصد اشباع	۳۰/۶	درصد
هدایت الکتریکی (EC)	۱/۲	دسی‌زیمنس بر متر
اسیدیته (گل اشباع)	۷/۹۸	-
کربن آلی (O.C)	۰/۷۹	درصد
ازت کل	۰/۰۵۷	درصد
فسفر قابل جذب	۱۲	میلی‌گرم بر کیلوگرم
پتاسیم قابل جذب	۱۴۴	میلی‌گرم بر کیلوگرم
ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)	۱۵/۶	سانتی‌مول بر کیلوگرم
رس	۲۳	درصد
شن	۴۵	درصد
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 میکوزیا 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 برگگی و با استفاده از نمک NaCl در غلظت‌های ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر تهیه و براساس نقشه طرح بر گیاهان اعمال شد. مدت اعمال تیمار تا ۳۰ روز ادامه یافت. در پایان دوره آزمایش جهت اندازه‌گیری رنگیزه‌های کلروفیل از جوانترین برگها نمونه برداری صورت گرفت. مقادیر کلروفیل a، b و کارتنوئید با استفاده از روش آرنون (۱۹۶۲)، اندازه‌گیری شدند. برای تعیین میزان کربوهیدرات محلول در برگها از روش اریگون و همکاران (۱۹۹۲) استفاده گردید. در نهایت بوته‌های موجود در سطح هر گلدان برداشت، پس از خشک کردن در آون و در دمای ۷۲ درجه سانی‌گراد به



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 می‌دهد 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 پراکسیداز در برگهای ذرت

رنگدانه های فتوسنتزی و کربوهیدرات محلول برگ: نتایج تجزیه آماری داده‌ها 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 میکوریزا 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.

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 دسی‌زیمنس 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 وزن 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 می‌شود 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 می‌دهد بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز در سطح شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر و کاربرد ۰/۰۲ گرم بر کیلوگرم مولیبدن حاصل شد.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس رنگدانه‌های فتوسنتزی، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و عناصر معدنی ذرت در تیمارهای شوری، مولیبدن و میکوریزا

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک تک بوته	کربوهیدرات محلول برگ	رنگدانه‌های فتوسنتزی			آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان			عناصر معدنی برگ		
				کلروفیل a	کلروفیل b	کارتنوئید	آنزیم کاتالاز	آنزیم گایاکول پراکسیداز	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	

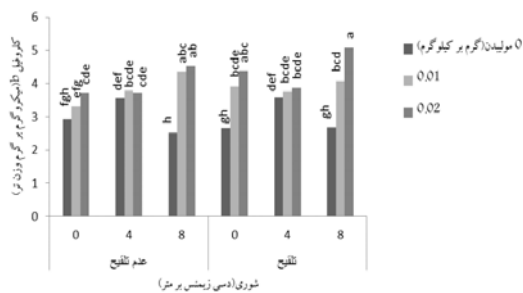
ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های تیمار شوری، مولیبدن و میکوریزا بر رنگدانه‌های فتوسنتزی، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و عناصر معدنی ذرت

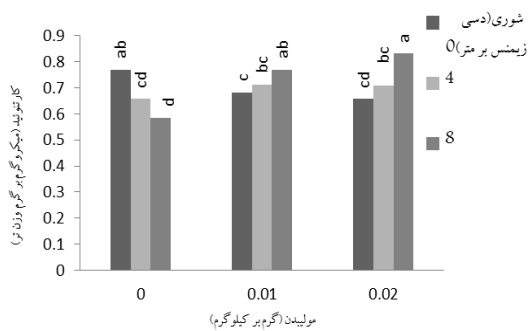
تیمار	رنگدانه‌های فتوسنتزی			آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان			عناصر معدنی برگ		
	کربوهیدرات برگ (میکروگرم گلوکز بر گرم وزن تر)	کلروفیل a	کلروفیل b	کارتنوئید	گایاکول پراکسیداز (میکرو مول هیدروژن پراکسید بر دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین)	کاتالاز (میکرو مول هیدروژن پراکسید بر دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین)	سدیم	پتاسیم	فسفر
۰	۲۲/۴۸a	۱۳/۵۹a	۳/۲۸۹b	۰/۶۳۸ab	۰/۶۳ b	۰/۶۲ b	۲۸/۰۵b	۱۶۱/۸a	۶/۱۶۳a
۴	۱۸/۶۲b	۱۵/۵۰a	۳/۷۷۲ ab	۰/۷۴۳a	۰/۷۶ a	۰/۶۱ b	۳۴/۷۹a	۱۷۲/۱a	۶/۰۹۹a
۸	۲۰/۶۸a	۹/۸۳۸b	۳/۹۳۱a	۰/۵۵۸ b	۰/۵۹ b	۰/۷۰ a	۳۸/۸۲a	۱۳۰/۰b	۶/۰۳۱a
LSD	۱/۸۴۶	۲/۰۹۸	۰/۵۰۰	۰/۱۱۵	۰/۰۶۷	۰/۰۹۸	۴/۵۳۳	۲۱/۳۵	۰/۱۵۴
۰	۲۰/۸۷a	۱۲/۴۵b	۳/۵۸۵ a	۰/۶۵۶a	۰/۵۶ b	۰/۵۳ b	۳۲/۲۶a	۱۷۶/۰ a	۶/۱۴۴a
۰/۰۸	۲۰/۳۷a	۱۴/۸۷a	۳/۴۵۷a	۰/۶۶۱a	۰/۶۲ b	۰/۶۲ b	۳۲/۳۳a	۱۵۲/۹ b	۶/۰۱۴a
۰/۱۶	۲۰/۵۴ a	۱۱/۶۰b	۳/۹۵۱a	۰/۶۲۲a	۰/۸۰ a	۰/۷۹ a	۳۶/۰۷a	۱۳۵/۰ b	A
LSD	۱/۸۴۶	۲/۰۹۸	۰/۵۰۰	۰/۱۱۵	۰/۰۶۷	۰/۰۹۸	۴/۵۳۳	۲۱/۳۵	۰/۱۵۴
عدم تلقیح	۱۹/۹۲۱a	۱۳/۲۱۵a	۳/۵۳۷a	۰/۶۵۷a	۰/۶۹ a	۰/۶۵ a	۳۴/۹۰۱ a	۱۶۲/۰۲۱ a	۶/۱۲۹a
تلقیح	۲۱/۲۶۳a	۱۲/۷۳۴a	۳/۷۹۱a	۰/۶۳۵a	۰/۶۹ a	۰/۶۴ a	۳۲/۸۶۹a	۱۴۷/۲۷۷ a	۶/۰۶۶a
LSD	۱/۸۴۶	۲/۰۹۸	۰/۵۰۰	۰/۱۱۵	۰/۰۶۳ b	۰/۶۲ b	۴/۵۳۳	۲۱/۳۵	۰/۱۵۴

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

کارتونوئید 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، کارتونوئید کاهش یافت. این در حالی است که با افزایش سطح شوری و مولیبدن، کارتونوئید افزایش پیدا کرد. بیشترین مقدار کارتونوئید در سطح ۸ دسی زیمنس بر متر و ۰/۰۲ گرم بر کیلوگرم مولیبدن حاصل شد.



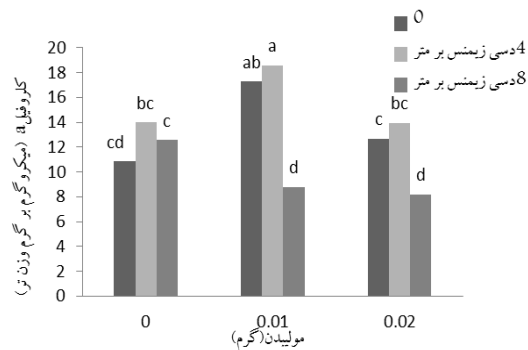
شکل ۴- اثر متقابل سه گانه شوری، مولیبدن و میکوریزا بر میزان کلروفیل b



شکل ۵- اثر متقابل شوری و مولیبدن بر میزان کارتونوئید 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 بر متر دریافت کرده بودند، حاصل شد که معادل ۲۳/۰۱ میکروگرم گلوکز بر گرم وزن تر بود. کمترین مقدار

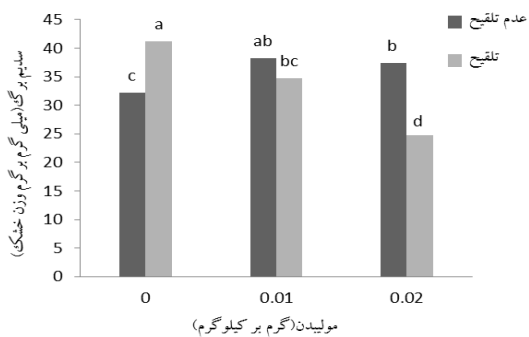
شکل ۳ نشان داد زمانی که گیاه ذرت در معرض ۰/۰۱ گرم در کیلوگرم مولیبدن به همراه شوری ۴ دسی زیمنس بر متر قرار گرفتند بیشترین میزان کلروفیل a در برگها حاصل شد که به میزان ۱۸/۵۷ میکروگرم بر گرم وزن تر بود. این در حالی بود که کمترین میزان کلروفیل a با میانگین ۸/۱۸۷ میکروگرم بر گرم وزن تر بالاترین سطح شوری و سطح مولیبدن بدست آمد. هر چند از نظر آماری با گیاهانی که سطح دوم مولیبدن (۰/۰۱ گرم در کیلوگرم خاک) به همراه ۸ دسی زیمنس بر متر شوری را دریافت کرده بودند (معادل ۸/۷۶ میکروگرم بر گرم وزن تر)، اختلافی معنی‌داری 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 کارتونوئید معنی‌دار بود (جدول ۲). بالاترین میزان کلروفیل b در گیاهانی دیده شد که سطح شوری ۸ دسی زیمنس بر متر، کاربرد میکوریزا و مقدار ۰/۰۲ گرم 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 کردند حاصل شد که معادل ۲/۷۵ میکروگرم بر گرم وزن تر بود (شکل ۴). میزان

مقایسه میانگین داده‌ها در شکل ۸ نشان داد که در سطح گرم در میلی‌گرم در کیلوگرم مولبیدن 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 مولبیدن و با حضور قارچ میکوریزا معادل ۲۴/۷۹ میلی‌گرم بر گرم بود. می‌توان گفت که افزودن سطوح مولبیدن خاک و تلقیح میکوریزایی باعث کاهش سدیم برگ شده است که احتمالاً 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. مولبیدن برگ در گیاه ذرت در این آزمایش تحت تاثیر اثرات متقابل سه گانه شوری، مولبیدن و میکوریزا در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت (جدول ۲). در بین ترکیبات تیماری، کاربرد ۰/۰۲ گرم مولبیدن به همراه عدم شوری و در حضور قارچ میکوریزا بالاترین میزان مولبیدن برگ را به خود اختصاص داد معادل ۹/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک بود. کمترین میزان مولبیدن در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر و عدم حضور قارچ میکوریزا حاصل شد (شکل ۹).

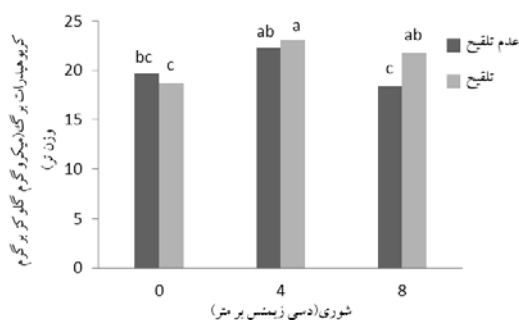


شکل ۹- اثر متقابل مولبیدن و میکوریزا بر سدیم برگ

بحث

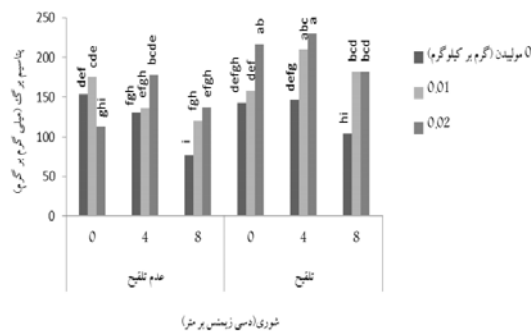
شوری به طریق‌های مختلفی می‌تواند سبب تغییر در رشد و نمو گیاهان شود. به سبب کاهش پتانسیل آب در خاک در اثر تجمع املاح نمک، از جذب آب و عناصر غذایی ممانعت به عمل می‌آید. همچنین شوری سبب ایجاد

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



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

عناصر معدنی (سدیم، پتاسیم، فسفر و مولبیدن): نتایج تجزیه آماری داده‌ها در جدول ۲ نشان داد بجز فسفر، اثر متقابل سه گانه شوری، مولبیدن و میکوریزا در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان سدیم، پتاسیم و مولبیدن برگ در گیاه ذرت معنی‌دار بود. شکل ۷ نشان داد که بیشترین میزان پتاسیم برگ مربوط به شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر همراه با کاربرد بالاترین سطح مولبیدن (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 مولبیدن و عدم تلقیح میکوریزایی بود، کمترین میزان پتاسیم که معادل ۷۶/۸۲ میلی‌گرم بر گرم بود، حاصل گردید.

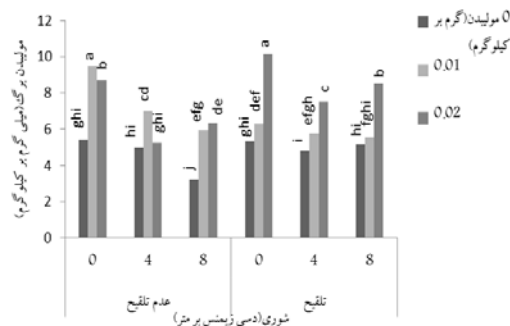


شکل ۷- اثر متقابل شوری، مولبیدن و میکوریزا بر میزان پتاسیم برگ

در سلول بالا می‌رود. از این آنزیم‌ها می‌توان به کاتالاز (CAT)، اسکوربات پراکسیداز (APX) و گایاکول پراکسیداز (GPX) اشاره کرد (۱۰). در این آزمایش مشخص گردید اثر متقابل شوری و مولیدن بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز و گایاکول پراکسیداز معنی‌دار بودند (جدول ۲). در این بین شوری تا سطح ۴ دسی زیمنس بر متر و مصرف مولیدن 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 مولیدن در برگ‌های سویا گزارش کردند.

قارچ‌های میکوریزا به عنوان یکی از مهمترین ریزجانداران (میکورورگانسیم‌های) خاک با برقراری همزیستی با گستره وسیعی از گیاهان به سه شکل اکتومیکوریزا، آندومیکوریزا و اکتاندمیکوریزا سبب بهبود جذب آب و عناصر غذایی در گیاهان میزبان شده، از اینرو بطور غیر مستقیم سبب کاهش اثرات تنش‌های محیطی همانند شوری، خشکی و فلزات سنگین بر گیاه میزبان خود می‌شوند (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 آنتی‌اکسیدان‌ها را گزارش کردند، مطابقت دارد. اثر متقابل مولیدن 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 مولیدن و در حضور قارچ میکوریزا حاصل شد (شکل ۲). اندرسون (۲۰۰۳) گزارش کردند که افزایش مولیدن با افزایش آنتی‌اکسیدان‌ها (نظیر کاتالاز و گایاکول پراکسیداز) ارتباط مستقیم دارد. در بررسی تاثیر بیوپرایمینگ بر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در لویبا (*Phaseolus vulgaris* L.) مشاهده شد که در حضور قارچ برادوریزوبیوم میزان فعالیت این آنزیم‌ها افزایش یافت (۱۳).

سمیت یونی و عدم تعادل عناصر غذایی در گیاهان می‌شود.



شکل ۹- اثر متقابل شوری، مولیدن و میکوریزا بر میزان مولیدن برگ در خاکهای شور حلالیت عناصر کم مصرف نظیر آهن، روی، مس، منگنز و مولیدن کم بوده و گیاهان در این خاکها به خوبی رشد نمی‌کنند. لذا استفاده از این عناصر می‌تواند تا حدی سبب بهبود رشد شوند (۱۰). در این بین مولیدن یکی از عناصر تشکیل دهنده آنزیم نیترات ریدکتاز بوده و در اسیملاسیون نیترات نقش بازی می‌کند. به همین دلیل مقادیر جزئی آن تاثیر مثبت و معنی‌داری بر میزان پروتئین گیاه، افزایش رشد و کاهش 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 مولیدن 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 تنش‌های محیطی می‌تواند سبب تولید رادیکالهای آزاد اکسیژن (ROS) Oxygen Species Reactive همانند سوپر اکسید (O_2^-)، هیدروژن پراکسید (H_2O_2) و رادیکالهای هیدروکسیل (OH^\cdot) در درون سلول شود. این ترکیبات خسارت زیادی را از طریق اکسیداسیون چربی‌ها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک به سلول وارد می‌کنند. جهت کاهش اثرات سوء تنش اکسیداتیو در طی بروز تنش شوری، گاهی میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان

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 در آنها 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 دیپلاریزاسیون غشا منجر می‌شود و در نتیجه، توانایی غشاهای جذب انتخابی برخی از یون‌ها دچار اختلال شده و عدم تعادل یونی غیر قابل اجتناب

یکی از اثرات تنش شوری، تاثیر بر میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی است. تنش شوری سبب کاهش مقدار کلروفیل در گیاهان می‌شود. این کاهش می‌تواند عمدتاً به علت تخریب ساختمان کلروپلاست و دستگاه فتوسنتزی، فتواکسیداسیون کلروفیل‌ها، واکنش آن‌ها با رادیکال آزاد اکسیژن، تخریب پیش ماده‌های سنتز کلروفیل و جلوگیری از بیوسنتز کلروفیل‌های جدید و فعال شدن آنزیم‌های 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 (جدول ۲). 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 رنگریزه‌ها 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 ۰/۰۲ گرم 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 اندام‌های هوایی گیاهان تلقیح شده با قارچ‌های 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

شوری از ۰ به ۸ دسی‌زیمنس بر متر بر میزان فعالیت دو آنزیم آنتی‌اکسیدان GPX و CAT افزوده اما این افزایش برای CAT تنها تا سطح ۴ دسی‌زیمنس بر متر بود. کاربرد مولیبدن در این آزمایش سبب افزایش مقادیر رنگدانه‌های 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 می‌توان 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 دسی‌زیمنس بر متر بکاهد.

خواهد بود (۵). در بررسی تاثیر قارچ میکوریزا بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت و لویا چشم‌بلبلی در کشت مخلوط مشخص گردید که قارچ میکوریزا به واسطه انشعابات میسلومی خود سطحی اضافه را برای جذب آب و عناصر غذایی به وجود می‌آورد و در نتیجه دریافت آب و مواد معدنی افزایش یافته، فرآیند فتوسنتز نیز بهبود می‌یابد (۱). در گیاهان میکوریزایی سرعت فتوسنتز افزایش می‌یابد بنابراین افزایش فتوسنتز توسط قارچ میکوریزا جذب عناصر غذایی را در خاک را افزایش می‌دهد.

نتیجه‌گیری

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 معنی‌دار بر جذب سدیم سبب افزایش غلظت آن در برگ‌های این گیاه گردید. با افزایش سطح

منابع

- ۱- مرزبان، ز. عامریان، م. م. ر. ممرآبادی، م. و عباس دخت، ح. (۱۳۸۹). تاثیر همزیستی توام قارچ میکوریزا آرباسکولار و باکتری element contents, and gas exchange of broad bean and pea plants. *Biol Plantarum*. 36: 75- 81.
- 2- Anderson, S. (2003). Basic Information about molybdenum as plant nutrients. Available: [Http://Cocemmerce.Uvex.Edu](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-Gebarsowska, 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, Mycorrhizae, Salinity