

تأثیر محلول پاشی سلنیوم بر پایداری غشاء سلولی ارقام ذرت تحت شرایط تنش کم آبیاری

Effect of foliar application of selenium on stability of cell membrane in zea maize cultivars under water-deficit stress conditions

محمد میرزاخانی^{۱*}، زهرا همتی^۲، نورعلی ساجدی^۳

۱. گروه زراعت، واحد فراهان، دانشگاه آزاد اسلامی، فراهان، ایران، (نگارنده مسئول)
۲. دانشجوی علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور اراک.
۳. گروه زراعت، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۲۷ - شناسانه برنمود رقمی: aj.2023.360670.1629/10.22092

چکیده

میرزاخانی، م، همتی، ز، ساجدی، ن، ع. . تأثیر محلول پاشی سلنیوم بر پایداری غشاء سلولی ارقام ذرت تحت شرایط تنش کم آبیاری
نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۵- شماره ۲- پیاپی ۱۳۵ تابستان ۱۴۰۱ صفحه: ۱۲۱-۱۰۶

تنش خشکی می تواند تأثیر زیادی بر خصوصیات زراعی و فیزیولوژیکی گیاهان داشته باشد. جهت بررسی تأثیر محلول پاشی سلنیوم بر هدایت الکتریکی شیره سلولی در ارقام ذرت تحت شرایط تنش خشکی، آزمایشی در سال ۱۳۹۰ به صورت کرت های دوبار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه آموزشی تحقیقاتی دانشگاه پیام نور استان مرکزی (شهرستان اراک) اجرا شد. تنش کم آبیاری به عنوان عامل اصلی در سه سطح، آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه (شاهد)، آبیاری به میزان ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه، آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه، در کرت های اصلی و سه رقم ذرت ($V_1=KSC 500$ ، $V_2=KSC 520$ ، $V_3=KSC 700$) در کرت های فرعی و تیمار محلول پاشی سلنیوم به عنوان عامل فرعی فرعی در دو سطح شامل، عدم مصرف و مصرف ۲۰ گرم در هکتار سلنیوم در کرت های فرعی قرار گرفتند. صفاتی مانند ارتفاع بلال از سطح زمین، طول گل آذین، تعداد بلال در متر مربع، ارتفاع ساقه، عملکرد علوفه و ناپایداری غشای سلولی مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که اثر تیمار تنش آبی بر صفات ارتفاع ساقه (در سطح پنج درصد)، عملکرد علوفه و ناپایداری غشای سلولی (در سطح یک درصد) معنی دار بود. همچنین تفاوت ارقام ذرت نیز از نظر صفات تعداد بلال در متر مربع، عملکرد علوفه و ناپایداری غشای سلولی معنی دار بود. بیشترین و کمترین مقدار ناپایداری غشای سلولی با میانگین ۱۷۵۹ و ۱۴۵۶ میکروزیمنس بر سانتیمتر به ترتیب متعلق به تیمار آبیاری بر اساس ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه و تیمار آبیاری شاهد بود. در بین ارقام مختلف ذرت نیز بیشترین و کمترین مقدار ناپایداری غشای سلولی با میانگین ۱۶۷۵ و ۱۵۸۷ میکروزیمنس بر سانتیمتر به ترتیب متعلق به رقم KSC 700 و KSC 500 بود. مصرف سلنیوم اثر مثبتی بر کاهش مقدار ناپایداری غشای سلولی داشت به طوری که میانگین ناپایداری غشای سلولی در تیمار عدم مصرف سلنیوم از ۱۶۸۷ به ۱۶۰۱ میکروزیمنس بر سانتیمتر در تیمار مصرف سلنیوم کاهش یافت.

واژه های کلیدی: ارتفاع گیاه، عملکرد، کمبود آب، هدایت الکتریکی.

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: mmirzakhani@iau-farahan.ac.ir

مقدمه

و گلايسين بتائين ميزان فعاليت آنزيم هاي آنتي اکسيدان را در مقايسه با تيمار شاهد به طور معنی داری افزایش داده است (Yazdandoost, Hamedani et al., 2022).

سليوم يك عنصر كمياب و ضروري است، كه اثرات وسيعی بر سلامت انسان و صفات فيزيولوژیکی گیاهان دارد (Rayman, 2017). گرچه ضرورت سليوم برای گیاهان عالی هنوز به اثبات نرسیده است، با این وجود، به دلیل نقش سودمندی كه در بسیاری از گونه های گیاهی ایفا نموده است، مورد توجه متخصصان زیست شناسی و كشاورزی است (El-Ramady et al., 2015). اخیراً اثرات سودمند سليوم بر متابولیسم كربوهیدرات و رشد گیاهان توسط محققان مختلف گزارش شده است (Manpreet et al., 2018). نتایج تحقیقات نشان داد كه استفاده از كودهای سليوم يك استراتژی مناسب برای افزایش تحمل گیاهان به تنش های محیطی مانند تنش خشکی است. سليوم با افزایش ظرفیت آنتی اكسيدانی گیاه (آنزيم ها و تركيبات آنتی اكسيدانی) تحمل گیاه را در برابر تنش های محیطی افزایش می دهد (Lan et al., 2019).

سليوم می تواند باعث تأخير پيري و تحريك جوانه زنی گردد. تيمار دانه رست های (گیاهچه های) چاودار تحت تنش خشکی با سليوم باعث افزایش گشودگی روزنه ها، بیشینه كارایی فتوسيستم II و بهره وری آب می شود (Jiang et al., 2017). کاربرد سليوم در گیاه ذرت کاهش سطح مالون دی آلدئید و پراكسيد هیدروژن و نیز افزایش هموستازی یون ها را در شرایط شور موجب شد (Ashraf et al., 2018). محققان

نیاز آبی نسبتاً زیاد ذرت در مناطق گرمسیری از عوامل محدود كننده توسعه كشت آن محسوب می شود، لذا معرفی هیبریدهای ذرت كه در شرایط كم آبی تحمل بیشتری داشته باشند، برای توسعه كشت این گیاه در مناطق ذكر شده اهمیت زیادی دارد (Corcoles et al., 2017; Rudnick et al., 2019). نتایج تحقیقی در ذرت افزایش فعاليت آنزيم پراكسيداز در اثر تنش خشکی را نشان داد (Ghobadi, 2018). در مطالعه دیگری اثر تيمارهای آبیاری و هیبرید ذرت بر عملکرد و شاخص های فيزيولوژیك معنی دار بود و کاهش سطح آبیاری در مقایسه با تيمار شاهد، سبب کاهش عملکرد، مقدار محتوای نسبی آب و غلظت كلروفیل در برگ شد (Farrokhi et al., 2019). نتایج تحقیقی در ذرت نشان داد كه اثر تنش كمبود آب بر فعاليت آنزيم پراكسيد هیدروژن، محتوای رطوبت نسبی، عملکرد بلال و آسكوریك پراكسيداز معنی دار بود (Khalilvand Behrouzfar et al., 2019). بررسی تأثیر تنش آبی بر ارقام ذرت نشان داد كه با افزایش فاصله دور آبیاری غلظت كلروفیل در برگ کاهش معنی داری یافت كه این امر موجب کاهش عملکرد دانه و در نهایت كارایی مصرف آب شد. در این شرایط شاخص های فيزيولوژیك برای رقم KSC 705 بیشتر از ارقام دیگر بود و همچنین عملکرد مطلوبتری با مصرف آب كمتر ایجاد كرد (Farrokhi et al., 2019). پژوهشگران اظهار داشتند كه در شرایط كم آبیاری، محلول پاشی تركيبات شیمیایی از قبیل سليوم، سالیسیلیك اسید، آبسيزيك اسید

گندم نداشت. ضمناً غلظت های زیاد سلنیوم نه تنها تأثیر سودمندی بر صفات مورد بررسی نداشت بلکه باعث کاهش غلظت رنگدانه های فتوستنتزی، فعالیت آنزیمی و وزن خشک ساقه گردید (Atarodi *et al.*, 2019). برخی محققان تأثیر سلنیوم را در گیاه ذرت در معرض تنش کادمیم مطالعه کردند. نتایج بررسی آنان نشان داد مصرف سلنیوم، میزان رنگدانه های فتوستنتزی و فعالیت کاتالاز گیاهان شاهد و همچنین گیاهان در معرض غلظت های پایین کادمیم را افزایش داد. با این حال در غلظت های زیاد کادمیم (۱۰۰ میکرومولار) سلنیوم قادر نبود اثرات منفی این عنصر بر رنگدانه های فتوستنتزی را خنثی کند (Qutab *et al.*, 2017). در آزمایشی مصرف همزمان سلنیوم و سالیسیلیک اسید موجب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد نخود شد (Nourouzi *et al.*, 2018). در پژوهشی مشخص شد که میزان عملکرد دانه در اثر مواجه شدن گیاه با گرمای آخر فصل در تیمار شاهد ۴۹/۳، تیمار برگ پاشی سلنیوم ۴۹/۹ و تیمار برگ پاشی با سولفات روی ۲۰/۱۹ درصد کاهش یافت (Noroozi *et al.*, 2020).

در نتیجه مطالعه ای گزارش شده است که با افزایش غلظت سلنیوم از صفر تا ۳ میلی گرم در لیتر افزایش معنی داری در میانگین اکثر صفات اندازه گیری شده کینوآ مشاهده شد و با افزایش غلظت سلنیوم بیشتر از ۳ میلی گرم در لیتر روندی کاهشی در میانگین های صفات مشاهده شد (Gholami & AminiDehaghi, 2022). کاربرد سلنیوم در غلظت های ۵ و ۱۰ میکرومولار هر چند باعث افزایش ترکیبات آنتی اکسیدان

گزارش کردند که سلنیوم اثر مثبت و معنی داری در بهبود وزن خشک ریشه، اندام هوایی، کلروفیل کل، فتوستنتز خالص، تعرق، هدایت روزنه ای و جذب پتاسیم کاهش یافته در اندام هوایی در معرض کلرید سدیم و کادمیوم داشت و سبب بهبود محتوای کلروفیل کل، فتوستنتز و رشد گیاه در حضور کلرید سدیم و کادمیوم شد (Gharehbaghli & Sepehri, 2018).

تیمار محلول پاشی گیاهان با سلنات سدیم موجب افزایش سلنیوم دانه در کلیه ارقام مورد آزمایش شد. می توان نتیجه گرفت که محلول پاشی با سلنیوم می تواند موجب غنی سازی دانه غلات و افزایش کیفیت آن ها گردد (Montazeri *et al.*, 2016). گزارش شد که پرایمینگ با سلنیوم باعث جوانه زنی و افزایش واکنش های آنتی اکسیدانی در کدو تلخ شد (Ullah *et al.*, 2019). در پژوهشی کاربرد توأم سلنیوم و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش نسبت به عدم مصرف و یا مصرف مستقل هر یک از آنها موجب افزایش رشد و عملکرد گندم شد (Sajedi, 2017). در تحقیقی پیش تیمار با سلنیوم در غلظت ۳ میلی گرم در لیتر بیشترین درصد جوانه زنی (۹۴ درصد) را با افزایشی ۵۸ درصدی نسبت به تیمار عدم پرایمینگ و تنش شدید نشان داد. همچنین اثر پرایمینگ با سلنیت سدیم بستگی به غلظت سلنیوم هم دارد در واقع با افزایش غلظت سلنیوم در غلظت های بالا برای برخی صفات اثری منفی را نشان داد (Gholami *et al.*, 2022).

پژوهشگران گزارش کردند که سلنیوم تأثیر مثبتی بر غلظت کاروتنوئید و وزن خشک ساقه

مواد و روش ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۰ در مزرعه آموزشی - تحقیقاتی دانشگاه پیام نور استان مرکزی (شهرستان اراک) با خصوصیات خاک زراعی شنی لومی، اجرا گردید. این منطقه دارای تابستان های نسبتاً ملایم و زمستان های سرد است. آزمایش به صورت کرت های دوبار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. کرت های اصلی به تنش خشکی در سه سطح شامل، $I_0 =$ آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه (شاهد)، $I_1 =$ آبیاری به میزان ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه، $I_2 =$ آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه و کرت های فرعی به سه رقم ذرت (KSC 500) $V_1 =$ ، $V_2 =$ (KSC 520) ، $V_3 =$ (KSC 700) و کرت های فرعی فرعی به محلول پاشی سلیوم شامل دو سطح عدم مصرف به عنوان (شاهد) و مصرف ۲۰ گرم در هکتار سلیوم از منبع سلیت سدیم اختصاص یافتند. هر کرت آزمایشی شامل چهار خط کاشت به طول پنج متر بود. کاشت در تاریخ ۵ خرداد ماه انجام شد بصورتی که فاصله بین ردیف های کاشت ۵۰ سانتیمتر و فاصله بوته ها روی ردیف ها ۲۵ سانتیمتر در نظر گرفته شد. کود های نیتروژن و فسفر به ترتیب به مقدار ۳۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از منابع کودی اوره و سوپر فسفات تریپل در اختیار گیاهان قرار گرفت. عمق کاشت بذور سه تا پنج سانتی متر در نظر گرفته شد. مبارزه با علف های هرز به موقع و به روش دستی انجام شد. در زمان برداشت تعداد ۲۰ بوته از هر کرت آزمایشی با در نظر گرفتن اثرات حاشیه ای به طور کاملاً تصادفی انتخاب شدند و صفاتی

مانند فنل های آزاد) و فعالیت بعضی از آنزیم های سیستم آنتی اکسیدان در آفتابگردان گردید ولی نتوانست باعث افزایش موثر تمام ترکیبات فعال اسمزی مورد مطالعه شود و اثر منفی شوری بر رشد را کاهش دهد (Abedini *et al.*, 2019). در تحقیقی مصرف ۲۰ گرم در هکتار سلیوم موجب افزایش صفات رشدی و عملکرد گندم شد (Gholami *et al.*, 2013). پژوهشگران اظهار داشتند که محلول پاشی ۱۸ گرم سلیوم در هکتار باعث افزایش صفاتی مانند عملکرد دانه، عملکرد زیستی و درصد پروتئین دانه گندم شد (Yousefi Rad & Safa, 2021). کاربرد سلیوم به صورت معنی داری محتوای سلیوم دانه را نسبت به عدم کاربرد آن افزایش داد. به طوری که بیشترین مقدار سلیوم دانه (۱۴/۰ قسمت در میلیون) در بالاترین سطح محلول پاشی سلیوم (۳۴ میلی گرم در لیتر سلیت سدیم) و کمترین محتوای سلیوم دانه (۱۲/۰ قسمت در میلیون) در عدم کاربرد آن مشاهده شد (Khodaei *et al.*, 2018). نتایج پژوهشی نشان داد که محلول پاشی ۱۸ گرم سلیوم یا ۱۵۰ میکرومول اسید سالیسیلیک موجب بهبود عملکرد دانه و اجزای عملکرد گلرنگ در شرایط تنش و حتی عدم تنش شد، به طوری که افزایش عملکرد ناشی از تیمارهای مورد بررسی شامل محلول پاشی اسید سالیسیلیک، سلیوم و ترکیب آنها به ترتیب ۲۶، ۳۰ و ۳۱ درصد بود (Yousefi Rad & Sharifi, 2019). هدف از این آزمایش بررسی محلول پاشی سلیوم بر هدایت الکتریکی شیره سلولی ارقام ذرت تحت شرایط تنش آبی بود.

در آن است (Ashkani et al., 2007). همچنین برای تعیین عملکرد علوفه، در هر کرت پس از حذف اثرات حاشیه‌ای از دوخط میانی مساحت چهار متر مربع برداشت، توزین و عملکرد علوفه هر کرت برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه و ثبت شد. پس از تجزیه داده ها، میانگین ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند و معنی دار بودن آنها به وسیله نرم افزار MSTATC تعیین گردید.

نتایج و بحث

ارتفاع بلال از سطح زمین

صفت ارتفاع بلال از سطح زمین تحت تأثیر تیمارهای تنش آبی، ارقام ذرت و مصرف سلنیوم قرار نگرفت (جدول-۱). ولی در جدول مقایسه میانگین های اثرات اصلی، بیشترین ارتفاع بلال از سطح زمین با میانگین ۵۱/۷ سانتی متر مربوط به تیمار آبیاری شاهد و کمترین آن با میانگین ۴۷/۹ سانتی متر مربوط به تیمار تنش آبی شدید (آبیاری بر اساس ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه) بود. همچنین تیمار محلول پاشی با سلنیوم باعث افزایش ارتفاع بلال از سطح زمین از ۴۹/۷ سانتیمتر در تیمار شاهد به ۵۱/۱ سانتیمتر در تیمار مصرف ۲۰ گرم سلنیوم در هکتار شد (جدول-۲). محققان اظهار داشتند که عوامل ژنتیکی، مدیریت زراعی و محیطی تعیین کننده ارتفاع بلال از سطح زمین در بوته های ذرت هستند که در این میان نقش عامل ژنتیکی پررنگ تر از سایر عوامل موثر می باشد. اثر تیمار تنش خشکی بر صفت ارتفاع بلال از سطح زمین معنی دار شد و تیمار تنش خشکی ملایم با میانگین ۹۱/۲۷ سانتیمتر و تیمار تنش

چون ارتفاع ساقه، تعداد بلال در متر مربع، طول گل آذین، ارتفاع بلال از سطح زمین، عملکرد علوفه و ناپایداری غشای سلولی اندازه گیری و ثبت شد. نحوه اعمال تنش (حجم آب مصرفی بر حسب متر مکعب) با استفاده از فرمول زیر (Alizadeh & Kamali, 2007) محاسبه گردید:

$$60 = \left\{ \frac{\text{دبی آب ورودی}}{\text{ارتفاع تبخیر از تشتک}} \times \text{حجم تشتک تبخیر} \times \text{راندمان آبیاری} \times \text{مساحت کرت} \times \text{ضریب گیاهی} \times 1000 \right\}$$

در این فرمول برای جایگذاری اعداد، از تشتک تبخیر کلاس A و آمارهای روزانه ایستگاه هواشناسی شهرستان اراک استفاده گردید. دبی آب ورودی سیفون ها محاسبه شد و ضریب گیاهی از جدول کتاب نیاز آبی گیاهان در ایران به دست آمد سپس با توجه به اعداد به دست آمده و میزان اعمال تنش، اقدام به آبیاری ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاهان شد.

جهت تعیین ناپایداری غشای سلولی، ابتدا به تعداد کرت های آزمایش لوله های آزمایشگاهی ۱۵ میلی لیتری انتخاب و داخل هر یک ۱۰ میلی لیتر محلول مانیتول با پتانسیل اسمزی ۲- اتمسفر ریخته شد. سپس ده دیسک به قطر یک سانتی متر از پهنک برگ های گیاهان هر تیمار تهیه و به مدت ۲۴ ساعت داخل لوله های آزمایش قرار داده شد. پس از گذشت مدت زمان لازم مقدار هدایت الکتریکی محلول هر لوله آزمایش به طور جداگانه با دستگاه هدایت سنج الکتریکی اندازه گیری و ثبت شد. محلول هر لوله آزمایشی که هدایت الکتریکی بیشتری را نشان دهد، بیانگر تخریب بیشتر غشای سلولی بافت گیاهان موجود

میانگین ها تیمار محلول پاشی ۱۸ گرم سلیوم در هکتار با میانگین ۱/۹۱ سانتیمتر و تیمار عدم مصرف سلیوم با میانگین ۱/۸۵ سانتیمتر به ترتیب بیشترین و کمترین طول پدانکل را داشتند. (Sajedi et al., 2012).

تعداد بلال در متر مربع

صفت تعداد بلال در متر مربع برای ارقام مختلف ذرت و تحت تأثیر تیمار مصرف سلیوم به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی دار شد. به طوری که رقم KSC 700 با میانگین ۶/۵۸ عدد و رقم KSC 520 با میانگین ۶/۲۳ عدد به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد بلال در متر مربع را به خود اختصاص دادند (جدول-۲). ارقام اصلاح شده ذرت به طور معمول یک بلال در هر بوته تولید می کنند و چنانچه عوامل تولید برای ذرت مطلوب نباشد، میانگین تعداد بلال در واحد سطح کاهش خواهد یافت. نتایج این بررسی نیز نشان داد که به دلیل وجود شرایط تنش کم آبیاری، موجب کاهش دسترسی بوته ها، به منابع و نهاده های تولید شده است و قبل از اینکه بتوانند رشد رویشی مناسبی داشته باشند وارد فاز زایشی شده اند و از این رو میانگین تعداد بلال های تولید شده کمتر از تعداد بوته ها در واحد سطح گردیده است

اثر تیمار تنش خشکی بر صفت تعداد بلال در بوته نیز معنی دار شد و تیمار آبیاری شاهد با میانگین ۰/۸۸ عدد و تیمار تنش خشکی شدید با میانگین ۰/۷۷ عدد به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد بلال را داشتند (Mahrokh et al., 2011). سایر محققان گزارش نمودند که تیمار آبیاری شاهد با میانگین ۷/۷۲ عدد و تیمار آبیاری پس

خشکی شدید با میانگین ۷۸/۳۹ سانتیمتر به ترتیب بیشترین و کمترین ارتفاع بلال از سطح زمین را به خود اختصاص دادند (Mahrokh et al., 2011). صفت ارتفاع تحت تأثیر تیمار تنش آبی قرار گرفت و در سطح آماری یک درصد معنی دار شد. تیمار آبیاری شاهد با میانگین ۲۷۶/۷۵ سانتیمتر و تیمار قطع آبیاری در مرحله رشد رویشی با میانگین ۲۴۸/۵۹ سانتیمتر به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار ارتفاع گیاه را به خود اختصاص دادند (Rabbani & Emam, 2011).

طول گل آذین

در جدول تجزیه واریانس صفات، اثر تیمار محلول پاشی سلیوم بر صفت طول گل آذین ذرت در سطح احتمال پنج درصد معنی دار شدند (جدول-۱). به طوری که با مقایسه میانگین های سطوح تیمار سلیوم، بیشترین مقدار طول گل آذین با میانگین ۴۳/۲ سانتیمتر مربوط به تیمار مصرف ۲۰ گرم در هکتار سلیوم و کمترین مقدار آن با میانگین ۴۱/۲ سانتیمتر مربوط به تیمار عدم مصرف سلیوم بود (جدول-۲). از آنجایی که عنصر سلیوم می تواند به عنوان یک آنتی اکسیدانت گیاهی عمل نماید و باعث کاهش و یا حذف اثرات سوء رادیکال های آزاد به وجود آمده در گیاه در اثر تنش های محیطی می شود، بنابراین می توان اظهار داشت که در این آزمایش مصرف سلیوم توانسته تا حدی اثرات سوء تنش آبی را کاهش دهد. محققان گزارش کردند که اثر تیمار محلول پاشی سلیوم بر صفت طول پدانکل گندم در سطح آماری پنج درصد معنی دار شد. در جدول مقایسه

Table 2. Means comparison for the levels of the main effects, consisting of drought stress, hybrid and selenium application

تیمار Treatment	پایداری غشای سلولی Un-stability of cell membrane (µm cm ⁻¹)	عملکرد علوفه Forage yield (ton ha ⁻¹)	تعداد پلان در متر مربع Number of ear m ²	طول گل آذین Panicke length (cm)	ارتفاع پلان و سطح زمین Ear height (cm)
Drought stress					
کنترل Control	1456 ^b	39.00 ^a	7.33 ^a	42.88 ^a	51.72 ^a
۷۸٪ نیتروژن 78% N	1717 ^a	35.94 ^a	6.89 ^{ab}	40.65 ^a	51.59 ^a
80% water requirement					
۷۹٪ نیتروژن 79% N	1759 ^a	29.89 ^b	6.11 ^b	43.28 ^a	47.98 ^a
60% water requirement					
Hybrids					
(KSC 500) V ₁	1587 ^b	32.83 ^b	6.52 ^b	43.88 ^a	49.68 ^a
(KSC 520) V ₂	1670 ^a	34.06 ^b	6.23 ^b	40.71 ^a	51.72 ^a
(KSC 700) V ₃	1675 ^a	37.94 ^a	7.58 ^a	42.23 ^a	49.88 ^a
Selenium					
کنترل Control	1687 ^a	34.11 ^a	6.57 ^b	41.25 ^b	49.73 ^a
۲۰٪ سولفور 20% S	1601 ^b	35.77 ^a	6.98 ^a	43.28 ^a	51.13 ^a

در هر سطر ویژگی های که دارای حروف متنوع هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی داری دارند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using Duncan's multi-range Test

(al., 2018)

ناپایداری غشاء سلولی

همانطور که در جدول تجزیه واریانس نشان داده شده است، صفات مورد بررسی صفت ناپایداری غشاء سلولی بطور معنی داری تحت تأثیر تیمار سطوح مختلف آبیاری و محلول پاشی سلنیوم ($p < 0.01$) و همچنین ارقام ذرت ($p < 0.05$) قرار گرفت (جدول-۱). بیشترین مقدار ناپایداری غشاء سلولی با میانگین ۱۷۵۹ میکروزیمنس بر سانتیمتر از تیمار تنش خشکی شدید (آبیاری بر اساس ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه) و کمترین مقدار آن از تیمار آبیاری نرمال با میانگین ۱۴۵۶ میکروزیمنس بر سانتیمتر بدست آمد (جدول-۲). به نظر می رسد که قرار گرفتن بافت ها و سلول های گیاهی در معرض تنش خشکی باعث تخریب غشاء سلولی شده و کنترل ورود و خروج مواد (بسته به شدت تنش وارده به گیاه) کاهش و یا به طور کلی از بین خواهد رفت و در آنصورت با اندازه گیری میزان هدایت الکتریکی شیره سلولی می توان به میزان تخریب غشاء سلول پی برد. در این آزمایش مصرف سلنیوم باعث کاهش تخریب غشاء سلولی شد. زیرا سلنیوم می تواند به عنوان یک آنتی اکسیدانت گیاهی عمل نماید و باعث نابودی و یا تقلیل اثر رادیکال های آزاد که در پی بروز شرایط تنش ایجاد می شوند و اثر تخریب کنندگی روی غشاء های سلول دارند، شود. تیمار مصرف سلنیوم با میانگین ۱۶۰۱ میکروزیمنس بر سانتیمتر کمترین و تیمار عدم مصرف سلنیوم با میانگین ۱۶۸۷ میکروزیمنس بر سانتیمتر بیشترین مقدار ناپایداری غشاء سلول

معنی دار شدند (جدول-۱). در جدول مقایسه میانگین ها، بیشترین مقدار عملکرد علوفه با میانگین ۳۹ تن در هکتار مربوط به تیمار آبیاری شاهد و کمترین مقدار آن با میانگین ۲۹/۸ تن در هکتار مربوط به تیمار تنش شدید (آبیاری بر اساس ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه) بود (جدول-۲). از عوامل مهم و اساسی برای رسیدن به حداکثر عملکرد علوفه، دسترسی گیاه به مقادیر کافی از منابع آبی و همچنین وضعیت پتانسیل فیزیولوژیکی رقم مورد نظر جهت استفاده حداکثر از شرایط مطلوب رشد می باشد. در این آزمایش رقم KSC 700 که از گروه ذرت های دیررس با طول دوره رشد طولانی تر نسبت به سایر ارقام مورد بررسی در این آزمایش است، ضمن استفاده از شرایط محیطی مناسب با میانگین عملکرد علوفه ۳۷/۹ تن در هکتار توانسته بیشترین مقدار از پتانسیل عملکرد خود را تولید نماید. در ارتباط با برهم کنش دور آبیاری و ارقام ذرت، محققان گزارش نمودند که بیشترین میزان وزن خشک گیاه با میانگین ۱/۶۵ کیلوگرم بر متر مربع در دور آبیاری هفت روز (شاهد) از رقم ۷۰۳ و کمترین مقدار آن مربوط به دور آبیاری ۱۴ روز و از رقم ۷۰۴ با میانگین ۰/۵۷ کیلوگرم بر متر مربع ثبت شد (Farrokhi et al., 2019). نتایج تحقیقی نشان داد که بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک آفتابگردان تحت تأثیر سلنیوم به ترتیب از تیمار ۱۷ میلی گرم در لیتر ۱۷۳۰۸/۵۹ کیلوگرم در هکتار و تیمار ۳۴ میلی گرم در لیتر ۱۵۸۹۱/۴۹ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (Khodaei et

را نشان دادند (جدول-۲).

در یک پژوهش اثر محلول پاشی اسید سالیسیلیک و سلیوم و اثر متقابل آن ها بر میزان نشت یونی (ناپایداری غشاء سلول) نخود معنی دار نشد. اما با کاربرد ۱۲ و ۱۸ گرم در هکتار سلیوم، میزان نشت یونی سلول برگ نسبت به شاهد به ترتیب ۱۱/۶ و ۱۸/۸ درصد کاهش یافت (Cheraghi *et al.*, 2014). محققان گزارش نمودند که کمترین درصد ناپایداری غشاء سلولی (نشت یونی) از تیمارهای محلول پاشی با سلیوم به تنهایی و پرایمینگ با ۲ میلی گرم در لیتر سلیوم حاصل شد. پرایمینگ با آب مقطر، محلول پاشی با سلیوم و پرایمینگ با ۲ میلی گرم در لیتر سلیوم، درصد نشت یونی را نسبت به تیمار شاهد به ترتیب به میزان ۱۰، ۱۲/۵ و ۱۱ درصد کاهش دادند (Sajedi, 2018). اثر تیمار تنش خشکی بر صفت پایداری غشاء سلولی در مرحله گلدهی ذرت در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد و بیشترین مقدار پایداری غشاء سلولی با میانگین ۸۱/۹۳ درصد مربوط به تیمار آبیاری پس از ۱۰۵ میلیمتر تبخیر از تشتک تبخیر و کمترین مقدار آن با میانگین ۸۰/۰۹ درصد مربوط به تیمار آبیاری پس از ۱۴۰ میلیمتر تبخیر از تشتک تبخیر بود (Khadem *et al.*, 2010).

نتیجه گیری کلی

با بررسی نتایج این پژوهش مشخص شد که با تغییر رژیم آبیاری از شرایط نرمال به آبیاری بر اساس ۶۰ درصد نیاز آبی ذرت، عملکرد علوفه حدود ۲۳/۳۵ درصد کاهش یافت. کاربرد ۲۰ گرم سلیوم در هکتار موجب افزایش ۴/۸۶

عملکرد علوفه ارقام ذرت شد. همچنین عدم مصرف سلیوم در شرایط تنش خشکی، کاهش ۵/۳۷ درصدی پایداری غشای سلول های گیاهی ارقام ذرت را به همراه داشت.

سپاسگزاری

از تمامی مسئولان و همکاران محترم دانشگاه پیام نور شهرستان اراک که ما را در اجرای این پژوهش یاری نمودند، تشکر و قدردانی می شود.

تعارض منافع

نویسندگان اظهار می دارند که هیچگونه تعارض منافی در خصوص نشر این مقاله وجود ندارد.

References

- Abedini, M., Habibi, G.H., and Arezomand, S. 2020. Evaluation of the biochemical reaction of sunflower seedlings to selenium levels in saline conditions. *Plant Productions*, 43(3), 443-454 (In Persian with English Summary).
- Alizadeh, A., and Kamali, G.H. 2007. Crops water requirement in Iran. Astan Ghodse Razavi Publisher. 227 Pages (In Persian with English Summary).
- Ashkani, J., Pakniyat, H., Emam, Y., Assad, M.T., and Bahrami, M.J. 2007. The evaluation and relationships of some physiological traits in spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under stress and non-stress water regimes. *Journal of Agricultural Sciences and Technology*, 9: 267-277 (In Persian with English Summary).
- Ashraf, M.A., Akbar, A., Parveen, A., Rasheed, R., Hussain, I., and Iqbal, M. 2018. Phenological application of selenium differentially improves growth, oxidative defense and ion homeostasis in maize under salinity stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 123: 268-280.
- Atarodi, B., Fotovat, A., Khorassani, R., and Keshavarz, P. 2019. Study of wheat (*Triticum aestivum* L.) response to selenium application under cadmium stress. *Environmental Stresses in Crop sciences*, 12(1), 291-305 (In Persian with English Summary).
- Cheraghi, A.M., Sajedi, N.A., and Gomarian, M. 2014. The effect of foliar application of salicylic acid and selenium on agronomic, physiological and quality characteristics of chickpea in rainfed condition. *Iranian Journal of Pulses Research*, 5(2), 31-42 (In Persian with English Summary).
- Corcoles, H. L., Juan, J. A. D., and Picornell, M. R. 2017. Comparison of yield components and quality factors of sweet corn under different irrigation scheduling strategies. *Journal of Outlook on Agriculture*, 46 (3), 203-212.
- Di Paolo, E., and Rinaldi, M. 2008. Yield response of corn to irrigation and nitrogen fertilization in a Mediterranean environment. *Field Crops Research*, 105: 202-210.
- El-Ramady, H., Abdalla, N., Alshaal, T., El-Henawy, A., Faizy, S. E. D. A., Shams, M. S., Shalaby, T., Bayoumi, Y., Elhawat, N., Shehata, S., Sztrik, A., Prokisch,

- J., Fari, M., Pilon- Smits, E. A., and Domokos-Szabolcsy, E. 2015. Selenium and its role in higher plants. In “Pollutants in Buildings, Water and Living Organisms” (E. Lichtfouse, J. Schwarzbauer and D. Robert, eds.), pp. 235-296. *Springer International Publishing, Cham*.
- Farrokhi, G.H., Moaveni, P., Mozafari, H., Majidi Heravan, E., and Sani, B. 2019. Investigation the effect of irrigation cut off in different irrigation periods on yield and physiological indicators of four maize cultivars. *Scientific Journal of Crop Physiology*, 11(43): 25-45 (In Persian with English Summary).
- Gharehbaghli, N., and Sepehri, A. 2018. Effect of selenium on cadmium uptake, growth and photosynthetic characteristics of garlic (*Allium sativum* L.) seedlings exposed to cadmium and sodium chloride under hydroponic conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 11(2): 435-448 (In Persian with English Summary).
- Ghobadi, R. 2018. Interaction effects of water and nitrogen on ecophysiological traits and gap of corn yield. Ph. D. Thesis in crop physiology. Razi University. Kermanshah. Iran. 194 pp. (in Persian with English Summary)
- Gholami, M., Sajedi N.A., and Gomarian, M. 2013. Agronomical characteristics responses of durum wheat to super absorbent polymers, zinc and selenium compounds application. *New Finding in Agriculture*, 7 (2), 137-147 (In Persian with English Summary).
- Gholami, S.H., and AminiDehaghi, M. 2022. The effect of priming with different concentrations of selenium on germination indices of quinoa seeds and seedlings. *Journal of Crops Improvement*, 24(1), 85-95 (In Persian with English Summary).
- Gholami, S.H., Amini Dehaghi, M., and Rezazadeh, A.R. 2022. Effect of different concentrations of selenium on germination characteristics and proline content of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd) under drought stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 14(4), 1029-1040 (In Persian with English Summary).
- Jiang, C., Zu, C., Lu, D., Zheng, Q., Shen, J., Wang, H., and Li, D. 2017. Effect of exogenous selenium supply on photosynthesis, Na⁺ accumulation and

- antioxidative capacity of maize (*Zea mays* L.) under salinity stress. *Scientific Reports*, 7, 42039.
- Khadem, S. A., Galavi, M., Ramrodi, M., Mousavi, S.R., Rousta, M.J., and Rezvani-moghadam, P. 2010. Effect of animal manure and superabsorbent polymer on corn leaf relative water content, cell membrane stability and leaf chlorophyll content under dry condition. *Australian Journal of Crop Science*. 4(8), 642-647.
- Khalilvand Behrouzfar, E., Yarnia, M., and Ghasemi, A. 2019. Effect of foliar application of titanium dioxide nanoparticles on maize yield and some antioxidant enzymes of sweet maize (*Zea mays var saccharata*) under water deficit tension conditions. *Scientific Journal of Crop Physiology*, 11(43), 105-118. (In Persian with English Summary).
- Khodaei, F., Abdali Mashhadi, A.R., Lotfi Jalal Abadi, A., and Koochekzadeh, A. 2018. Effect of mulch and selenium and boron foliar spraying on some quantitative and qualitative characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in saline soil. *The Electronic Journal of* □□□□ □□□□□□□□□□, 11(3): 43-59. (In Persian with English Summary).
- Lan, C.Y., Lin, C.Y.K.H., Huang, W.D., and Chen, C.C. 2019. Protective effects of selenium on wheat seedlings under salt stress. *Agronomy Journal*, 9(6), 272-286.
- Mahrokh, A., Azizi, F., Sadeghi, A., and Karimi, A. 2011. Effect of application of streptomyces bacterium on grain yield and its components of maize cv. KSC 260 under drought stress conditions. *Seed and Plant Production Journal*. 27(2), 165-181 (In Persian with English Summary).
- Manpreet, K., Sucheta, S., and Dhanwinder, S. 2018. Influence of selenium on carbohydrate accumulation in developing wheat grains. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 49: 1650-1659.
- Montazeri Takhti, N., Khajouee Nejad, G.H.R., and Arvin, S.M.J. 2016. Respones of hordeum cultivars to salicylic acid and selenium under drought stress condition. *Journal of Crops Improvement*, 18(2), 431-441 (In Persian with English Summary).

- Norouzi, H., Nabipour, M., Rahnama Ghahfarokhi, A., and Roshanfekar, H. 2020. The influence of foliar application of zinc sulfate and selenium compounds on reduction of heat exhaustion effects on two wheat cultivars. *Journal of Crops Improvement*, 22(1), 1-12 (In Persian with English Summary).
- Norouzi, M., Sajedi, N.A., and Gomarian, M. 2018. Effects of salicylic acid and selenium at growth stages on yield and yield components of chick pea (*Cicer arietinum L.*) under dry land farming condition. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 11 (3), 579-589 (In Persian with English Summary).
- Qutab, S., Iqbal, M., Rasheed, R., Ashraf, M.A., Hussain, I., and Akram, N.A. 2017. Root zone selenium reduces cadmium toxicity by modulating tissue-specific growth and metabolism in maize (*Zea mays L.*). *Archives of Agronomy and Soil Science*, 63: 1900-1911.
- Rabbani, J., and Emam, Y. 2011. Yield response of maize hybrids to drought stress at different growth stages. *Journal of Crop Production and Processing*, 1(2), 65-78 (In Persian With English Summary).
- Rayman, M. 2017. P6 - Selenium intake and status in health & disease. *Free Radical Biology and Medicine*, 112: 5.
- Rudnick, D., Irmak, S.C.H., Ray, J., Schneekloth, M., Schipanski, I., Kisekka, A., Schlegel, J., Aguilar, D., Rogers, D., Mitchell, C.H., West, T.H., Marek, Q., Xue, W., and Porter, D. 2017. Deficit irrigation management of corn in the high plains: A Review. Proceedings of the 29th Annual Central Plains Irrigation Conference. Feb. 21-22. Burlington. Colorado. USA, pp. 66-84.
- Sajedi, N.A., Skandari, H., and Tahmasebi, R. 2012. Effects of selenium and salicylic acid on agronomic characteristics of the dry land wheat cultivars. *Journal of Agronomy Sciences*, 3(7), 53-65 (In Persian With English Summary).
- Sajedi, N.A. 2017. Evaluation of selenium and salicylic acid effect on physiological and qualitative characteristics of dry-land wheat cultivars. *Iran Agricultural Research*, 36 (2), 91-100 (In Persian With English Summary).
- Sajedi, N.A. 2018. Effect of seed priming and foliar application of selenium on physiological traits and Stink bug injury percentage of rainfed wheat Azar 2 cultivar. *Journal of Plant Ecophysiology*, 10(33), 200-211 (In Persian with

English Summary).

- Ullah, A., Shahzad, B., Tanveer, M., Nadeem, F., Sharma, A., Lee, D. J., and Rehman, A. 2019. Abiotic stress tolerance in plants through presowing seed treatments with mineral elements and growth regulators. *In Priming and Pretreatment of Seeds and Seedlings*, 427-445. Springer, Singapore.
- Yazdandoost Hamedani, M., Ghobadi, M., Ghobadi, M. E., Jalali-Honarmand, S., and Saeidi, M. 2022. The effect of foliar application of some chemical compounds on antioxidant enzymes activity and chlorophyll fluorescence of sunflower in different irrigation conditions. *Journal of Crops Improvement*, 24(1), 1-14 (In Persian with English Summary).
- Yousefi Rad, M., and Safa, H. 2021. Effect of foliar application of salicylic acid and selenium on yield and yield components of dry land wheat. *Cereal Research*, 11(1), 31-41.
- Yousefi Rad, M., and Sharifi, M. 2019. Effect of salicylic acid and selenium foliar application on physiological and agronomic characteristics of safflower (*Carthamus tictorius L.*) in drought stress. conditions. *Crop Physiology Journal*, 11 (41), 29-46. (In Persian with English Summary).

Effect of foliar application of selenium on stability of cell membrane in zeo maize cultivars under water-deficit stress conditions

Mohammad Mirzakhani^{1*}, Zahra Hemati², Nor Ali Sajedi³

1. Associate Professor, Department of Agriculture, Farahan Branch, Islamic Azad University, Farahan, Iran. . (Corresponding author)
2. Student of Agricultural Sciences, Payam noor University of Arak, Iran.
3. Associate Professor, Department of Agriculture, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran.

Received: November 2022 Accepted: April 2023- DOI: 10.22092/aj.2023.360670.1629

Extended Abstract

M., Mirzakhani, Z., Hemati, N., A., Sajedi. Effect of foliar application of selenium on stability of cell membrane in zeo maize cultivars under water-deficit stress conditions
Applied Research in Field Crops Vol 35, No. 2, 2022 17-19: 106-121(in Persian)

Introduction:

Drought stress can have a wide range of detrimental effects on the agronomic and physiological characteristics of plants. Corn is of nutritional importance to both humans and animals. It contains 60-72% starch and 8-11% protein (Darrah *et al.*, 2019). The high water requirement of corn is one of the most important restrictive factors in the growth of its cultivation area. Therefore, it is very important to introduce new corn hybrids that can tolerate drought stress (Corcoles *et al.*, 2019). Selenium is an essential and rare element, which has many effects on human health and physiological characteristics of plants (Rayman, 2017). The research results have shown that the use of selenium as fertilizers is a suitable solution to increase the tolerance of plants to environmental stresses such as drought stress. The application of selenium in corn can decrease the level of malondialdehyde and hydrogen peroxide under saline conditions. The researchers reported that selenium had a positive and significant effect on improving the dry weight of roots, shoot weight, total chlorophyll, net photosynthesis, transpiration, stomatal conductance
Email address of the corresponding author: mmirzakhani@iau-farahan.ac.ir

and reduced potassium absorption in aerial parts exposed to sodium chloride and cadmium and improved the total chlorophyll content, photosynthesis and plant growth in the presence of sodium chloride and cadmium. This research was conducted to investigate the effect of selenium foliar spraying on the electrical conductivity of cell sap in corn cultivars under drought stress conditions.

Materials & Methods:

This experiment was conducted in 2011 in a two-fold split-plot arrangement of the treatments in a randomized complete block design with three replications at an experimental-research farm at Payam Noor University of Central Province (Arak city). Drought stress treatments (I_0 = Control irrigation, I_1 = Irrigation at 80% of the crop requirement water, I_2 = Irrigation at 60% of the crop requirement water) were assigned to the main plots. The maize cultivars (V_1 = KSC 500, V_2 = KSC 520, V_3 = KSC 700) were allocated to the sub plots and the foliar application of selenium at two levels (Se_0 = Control, Se_1 = 20 g ha⁻¹) were in the sub-sub plots. In this study, the characteristics such as ear height, panicle length, number of ear m⁻², stem height, forage yield and un-stability of cell membrane were assessed.

Results & Discussion:

The results showed that the effect of water stress treatment on the traits of stem height (5%), forage yield and cell membrane instability was significant (1%). Also, the difference between the maize cultivars was significant in terms of the number of ear m⁻², forage yield and cell membrane instability. The highest and lowest values of cell membrane instability, with an average of 1759 and 1456 $\mu\text{s cm}^{-1}$, were, respectively, associated with the irrigation treatment based on 60% of the crop water requirement and the control irrigation. Among the maize cultivars, the highest and lowest values of cell membrane instability, with an average of 1675 and 1587 $\mu\text{s cm}^{-1}$, were respectively related to KSC 700 and KSC 500. The selenium application showed a positive effect on reducing the amount of cell membrane instability, so that the average cell membrane instability in the treatment involving selenium decreased from 1687 to 1601 $\mu\text{s cm}^{-1}$.

Conclusion:

The results of this research showed that by changing the irrigation regime from normal conditions to irrigation based on 60% of water requirement of maize, forage yield decreased by 23.35%. The response of maize cultivars was also different in terms of forage yield, so that cultivar KSC 700 was superior to the other two cultivars. The use of selenium at 20 g ha⁻¹ increased the forage yield by 64.4%.

Acknowledgements:

We are grateful to all the officials and respected colleagues of Payam Noor University of Arak who helped us in the implementation of this research.

Keywords: Electrical conductivity, Plant height, Water deficit, Yield.

References:

- Corcoles, H. L., Juan, J. A. D., and Picornell, M. R. 2017. Comparison of yield components and quality factors of sweet corn under different irrigation scheduling strategies. *Journal of Outlook on Agriculture*, 46 (3), 203-212.
- Darrah, L. L., McMullen, M. D., and Zuber, M. S. 2019 . Breeding, Genetics and Seed Corn Production. In *Corn* (pp. 19-41). AACC International Press.
- Rayman, M. 2017. P6 - Selenium intake and status in health & disease. *Free Radical Biology and Medicine*, 112: 5.