مقاله پژوهشی

نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال شانزدهم، شماره ۶۱، بهار ۱۴۰۰ / صفحات: ۱۱۸-۱۰۶
Doi: 10.30495/iper.2021.679534 Dor: 20.1001.1.76712423.1400.16.61.8.6

مدیریت تنش خشکی با استفاده از تنظیم کننده‌های رشد و عنصر روی بر عملکرد ذرت (*Zea Mays* L.) ۷۰۴ در استان اصفهان

ساناز سلیمان‌پور*، مرتضی سام دلیری، مرتضی مبلغی، سیدامیرعباس موسوی میرکلائی

گروه زراعت، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۹/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۲/۳۰

چکیده

به‌منظور بررسی صفات مورفولوژیک و عملکرد ذرت رقم ۷۰٤ سینگل‌کراس تحت تاثیر محلول‌پاشی مواد تنظیم کننده‌های رشد و تنش خشکی در استان اصفهان آزمایشی در دو سال زراعی به صورت مجزا در قالب اسپلیت پلات با ۳ تکرار به اجرا درآمد. تیمار اصلی شامل تنش خشکی در ۳ سطح شاهد، تنش ملایم و تنش شدید (به‌ترتیب آبیاری بر اساس ۱۰۰، ۸۵ و ۷۰ درصد نیاز آبی ذرت)، و تیمار فرعی محلول‌پاشی شامل تیمار محلول‌پاشی آب مقطر به عنوان شاهد، کود نانو روی (دو گرم در یک لیتر آب)، سالیسیلیک‌اسید (۵ میلی‌مولار)، آبسزیک‌اسید (۱۰۰ میکرومولار)، جیبرلین (۱۰۰ پی‌پی‌ام) بود. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد اثر سال بر عملکرد بیولوژیک، پروتئین‌خام و عملکردعلوفه‌تر معنی‌دار شد. تیمارهای تنش‌های خشکی و تیمارهای محلول‌پاشی بر صفات شاخص سطح برگ، شاخص کلروفیل، عملکرد بیولوژیک، پروتئین‌خام و عملکرد علوفه‌تر معنی‌دار گردید. بیشترین عملکرد علوفه‌تر با ۹۰/٤٤ تن در هکتار در تیمار آبیاری کامل با سالیسیلیک اسید حاصل شد. تیمار سالیسیلیک اسید منجر به افزایش عملکرد علوفه‌تر تحت شرایط آبیاری کامل گردید، همچنین تیمار سالیسیلیک‌اسید به‌ترتیب باعث کاهش خسارت ۲۷ و ۹ درصدی در تیمارهای تنش ملایم و تنش شدید گشت. با توجه به نتایج آزمایش و بررسی روند رشد محصول استفاده از تیمار سالیسیلیک اسید طی سه دوره محلول‌پاشی در سه مرحله هشت برگی، غلاف دوگانه و در قبل از ظهور تاسل، توانست میزان خسارت تنش خشکی به عملکرد علوفه‌تر را کاهش داده و برای شرایط مشابه با آزمایش حاضر قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: سالیسیلیک‌اسید، آبسیزیک‌اسید، شاخص کلروفیل، پروتئین‌خام، جیبرلین.

مقدمه

تقریباً ۷۰ درصد مساحت ایران را مناطق خشک و نیمه‌خشک تشکیل می‌دهند که متوسط بارندگی سالانه آنها کمتر از ۱۵۰ میلی‌متر می‌باشد. یکی از مهم‌ترین محدودیت‌هایی که در اکثر مناطق کشور وجود دارد، مشکل کم‌آبی است (Ahmadaali and Khalili, 2008). خشکی سبب کاهش طول رشد و اختلال در فتوسنتز و جریان انتقال مجدد مواد فتوسنتزی، کاهش رشد گیاه و عملکردی ذرت می‌گردد (Ashraf and Foolad, 2007 و Bijanzadeh et al., 2019). تنش خشکی شاخص سطح برگ، ارتفاع ساقه گیاه را کاهش می‌دهد (Farooq et al., 2008). بنابر گزارش (Wang et al., 2003)

کاربرد مواد تنظیم کننده رشد مانند سالیسیلیک‌اسید، جیبرلین و آبسزیک‌اسید و برخی عناصر غذائی می‌تواند به‌عنوان ساز و کار مدیریت زراعی برای کاهش خسارت ناشی از تنش کمبود آب مورد توجه قرار گیرند (Khan, Fatma et al. 2015).

*نویسنده مسئول: solymanpour71@gmail.com

تیمار گیاهان با سالیسیلیک‌اسید با افزایش فعالیت سیستم آنتی‌اکسیدانی موجب کاهش تنش اکسیداتیو و غلظت پراکسید هیدروژن گردیده و از این طریق موجب افزایش همبستگی غشاء و حفظ یا افزایش رنگیزه‌ای فتوسنتزی، افزایش زیست توده و محتوای آب بافت در گیاهان تحت تنش خشکی می‌گردد (Perez and Brown 2014) همچنین به‌نظر می‌رسد که افزایش محتوای آب بافت در شرایط تنش مربوط به دخالت سالیسیلیک‌اسید در تنظیم اسمزی و افزایش مقدار پرولین و قندها و افزایش همبستگی غشاء باشد. سالیسیلیک‌اسید می‌تواند با افزایش جذب آهن، غلظت کلروفیل و مقدار فتوسنتز را افزایش دهد (Kong et al., 2014).

کاربرد عنصر روی اثرات تنش آبی را تعدیل و رشد گیاه را افزایش می‌دهد. در آزمایش (Sheykhbagloo et al., 2009) محلول‌پاشی سولفات روی در شرایط تنش آبی منجر به افزایش تعداد دانه در بلال، درصد پروتئین و روغن دانه ذرت گردید. همچنین شواهد معتبری وجود دارد که تأیید می‌نمایند افزایش غلظت آبسزیک‌اسید بافت برگ، خروج آب از گیاه را از طریق کاهش گشودگی روزنه‌ها کاهش می‌دهد (Lee et al., Cornish ; Zeevaart, 1986 1993). جیبرلین علاوه بر تحریک رشد موجب افزایش توان فتوسنتز (Ashraf et al., 2002)، افزایش رشد طولی برگ (Maheswari, 1999) و بردباری در برابر تنش خشکی (Jeller Perez, 2001 و Maheswari, 1999) می‌شود.

توسعه برگ در گیاه، یکی از فرایندهایی است که تأثیر شدیدی را از شرایط آبی گیاه می‌پذیرد. کاهش جذب آب به دلیل کاهش رشد و فعالیت ریشه و ساقه (Hopkins, 1999)، کاسته شدن از مقدار و کارایی فتوسنتز در اثر کاهش تبادلات روزنه‌ای (Khan, 2006)، و کاهش میزان فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی که در نهایت باعث کاهش رشد گیاه می‌شوند. (Neto et al., 2009). میزان کلروفیل در گیاهان یکی از فاکتورهای مهم در حفظ ظرفیت فتوسنتزی است (Jiang and Huang, 2001). بین میزان کلرفیل و عملکرد همبستگی مثبتی وجود دارد. تنش آبی بر بخش نوری فتوسنتز و سیستم رنگیزه‌ای مؤثر واقع می‌شود. در صورتی که با افزایش مقدار تنش و کاهش پتانسیل آب خاک روند تخریب رنگیزه‌های کلروفیل با سرعت بیشتری صورت می‌پذیرد (Gardner et al., 2017).

در شرایط اقلیمی حال حاضر کشور، افزایش راندمان محصول با کاربرد مواد تنظیم کننده رشد با توجه به شرایط محیطی هر منطقه از جمله استان اصفهان به عنوان یکی از تولید کنندگان محصولات زراعی در معرض خشکی، ضروری به نظر می‌رسد. از طرفی به‌کارگیری تیمارهای افزایش دهنده تحمل گیاه به خشکی بدون آزمون در شرایط منطقه‌ای ممکن است نه تنها سودمند نباشد، بلکه با توجه به هزینه‌های اقتصادی حتی از نظر درآمد کشاورزان و مسائل زیست‌محیطی چالش برانگیز باشد، از این جهت آزمون برخی فرضیه‌ها در خصوص اثربخشی و ساز و کارهای مدیریتی از جمله کاربرد مواد تنظیم کننده رشد با توجه به دوز پایین مصرف آنها در شرایط کمبود آب مستلزم انجام این پژوهش گردید.

مواد و روش‌ها

شرایط و طرح آزمایش: این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی کبوترآباد اصفهان در ۳۰ کیلومتری جنوب شرقی اصفهان با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۴۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی در ارتفاع ۱۵۴۱ متر از سطح دریا انجام شد. این منطقه بر اساس تقسیم‌بندی اقلیمی کوپن، دارای اقلیم خشک و سرد است که تابستان‌های خشک دارد.

بیشترین و کمترین میانگین درجه حرارت به ترتیب حدود ۳۵/۷ و ۲٤/۰ درجه سانتیگراد مربوط به ماه‌های تیر و مهر بود (جدول ۱). بافت خاک، محل آزمایش رسی و اسیدیته آن ۷/۸ است (جدول ۲). این مطالعه به صورت تجزیه مرکب در دو سال در قالب اسپلیت پلات با ۳ تکرار به اجرا درآمد، تیمار اصلی شامل تنش خشکی در ۳ سطح شاهد، تنش ملایم و تنش شدید (به ترتیب آبیاری بر اساس ۱۰۰، ۸۵ و ۷۰ درصد نیاز آبی ذرت)، تیمار فرعی محلول‌پاشی شامل تیمار آب مقطر به عنوان شاهد، کود نانو روی (دو گرم در یک لیتر آب) (Adhikari et al., 2015)، سالیسیلیک‌اسید (۵ میلی‌مولار)، آبسزیک‌اسید (۱۰۰ میکرومولار) (Nguyen et al., 2009)، و جیبرلین (۱۰۰ پی‌پی‌ام) (Ansari and Sharif-Zadeh, 2012) بوند که در سه مرحله هشت برگی، غلاف دوگانه و در قبل از ظهور تاسل صورت گرفت.

اندازه‌گیری صفات: برای اندازه‌گیری شاخص کلروفیل تعداد ۵ بوته از هر کرت با استفاده از دستگاه SPAD-502Plus انتخاب و برگ پایین، وسط و بالای بوته انتخاب و اندازه‌گیری صورت گرفت. در مرحله تاسل سطح برگ گیاه در یک متر مربع توسط دستگاه سطح برگ سنج مدل CI202، شرکت CID اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری پروتئین‌خام بر اساس روش کجلدال نمونه‌ها هضم و سپس با تیتراسیون و ضریب ٦/۲۵ مقدار کل پروتئین‌خام برگ محاسبه گردید (AOAC, 2005).

جهت اندازه‌گیری دوام سطح برگ و سرعت رشد محصول یک ماه پس از کاشت به فاصله ۱۵ روز یکبار شاخص سطح برگ محاسبه و نمونه‌گیری وزن خشک کل گیاه در مترمربع انجام و سپس توسط آون در دمای ۷۰ درجه طی مدت ٤۸ ساعت خشک گردید و با استفاده از رابطه (۱) دوام سطح برگ (LAD) و با استفاده از رابطه (۲) محاسبات روند سرعت رشد محصول (CGR) انجام گردید (Hunt, 2012).

$$LAD=[(LAI1+LAI2) \times (T2-T1)/2] \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$CGR= (W2- W1) / (T2- T1) \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن به‌ترتیب W1 و W2 و LAI1 و LAI2 وزن خشک گیاه و شاخص‌های سطح برگ در زمان‌های T1 و T2 می‌باشد. با توجه به تعداد نمونه گیری بالا در طول دوره رشد جهت محاسبه روند CGR تنها آنالیز بیشینه شاخص سطح برگ و عملکرد بیولوژیک در روند مورد آنالیز قرار خواهد گرفت (جدول ۳).

جدول ۱: مشخصات جوی منطقه در ماه‌های تیر، مرداد، شهریور و مهرسال ۱۳۹۵ و ۱۳۹٦.

سال	ماه	حداکثر مطلق (سانتی‌گراد)	حداقل مطلق (سانتی‌گراد)	میانگین حداکثر (سانتی‌گراد)	میانگین حداقل (سانتی‌گراد)	میانگین ماهیانه (سانتی‌گراد)	رطوبت نسبی (درصد)
۱	تیر	۳۹/۸	۱۵/۷	۳۵/۷	۲٦/۸	۳۳/۳	٤۱/۰
	مرداد	۳۹/۳	۱۵/۳	۳٤/۷	۲٤/٤	۳۲/۸	۳۱/۰
	شهریور	۳٦/۹	۹/۳	۳۱/۲	۱۸/٤	۳۸/۸	۳٦/۹
	مهر	۳۱/۱	٤/۰	۲۸/۰	٤/۰	۲۹/۵	۳۲/۷
۲	تیر	۳۸/۲	۱٤/۳	۳۳/۷	۲٤/٤	۳۰/۰	۳۵/۳
	مرداد	۳۷/۷	۱۳/۲	۳٤/۵	۲۵/۸	۳۱/۳	۳۰/٤
	شهریور	۳۷/۵	۸/۵	۳۰/۰	۱۵/۱	۲٦/۷	۳۳/۲
	مهر	۲۹/٦	٤/۵	۲٤/۰	۵/۰	۱۷/٤	۳۸/۷

جدول ۲: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش.

سال	شوری dS/m	اسیدیته	آهک (درصد)	کربن‌آلی (درصد)	نیتروژن (ppm)	فسفرقابل‌جذب (ppm)	پتاسیم‌قابل‌جذب (ppm)	شن (درصد)	لای (درصد)	رس (درصد)	بافت
۱	۲/۵	۷/۸	۳۵	۱/۲	۰/۱۲	۱۳/۶	۵۰۰	۱۱	۴۱	۴۸	رسی
۲	۲/۶۹	۷/۸	۳۵	۱/۰	۰/۱۵	۱۳/۲	۳۸۰	۱۱	۴۱	۴۸	رسی

نتایج

شاخص سطح برگ: بر اساس جدول تجزیه واریانس، اختلاف معنی‌داری در شاخص سطح برگ بین سال اول و دوم مشاهده نگردید (جدول ۳). اثر آبیاری بر شاخص سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین شاخص سطح برگ (۴/۶۲) در تیمار آبیاری کامل و کمترین شاخص سطح برگ (۳/۳۶) در تیمار ۷۰ درصد نیاز مشاهده گردید (جدول ۴). اثر محلول‌پاشی بر شاخص سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین شاخص سطح برگ (۴/۳۸) در تیمار سالیسیلیک‌اسید و تیمار روی (۴/۳۱) کمترین شاخص سطح برگ (۳/۲۲) در تیمار شاهد مشاهده گردید (جدول ۴). اثرمتقابل سال و آبیاری، سال و محلول‌پاشی، و سال و آبیاری و محلول‌پاشی بر شاخص سطح برگ معنی‌دار نگردید.

جدول ۳: تجزیه واریانس صفات رویشی ذرت در تیمارهای آبیاری و محلول‌پاشی طی دو سال

	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		شاخص سطح برگ	دوام سطح برگ (روز)	شاخص کلروفیل	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار)	عملکرد علوفه‌تر (تن در هکتار)	پروتئین‌خام (گرم در کیلوگرم)
سال	۱	۰/۰۹۷ns	۳۷/۵۵۱ ns	۰/۱۴۷ns	۲/۰۱۲*	۵۵۲۳/۰۰۹**	۰/۴۳۰ns
سال (تکرار)	۴	۲/۲۵۶	۶۹۱/۳۳۸	۵۵/۵۱۱	۰/۴۴۹	۳۱۶/۱۱۷	۶۳۴/۲۵
آبیاری	۲	۱۱/۷۴۶**	۳۷۷۱/۲۹۶**	۱۰۷۹/۸۲۶*	۱۰۴/۱۳۳**	۳۲۰۰۴۳/۵۷۸**	۸۳۵۱/۲۵۳**
آبیاری×سال	۲	۰/۰۲۸ ns	۸/۳۵۶ ns	۲۲/۶۴۳ ns	۰/۵۴ ns	۲۶۰/۳۲۸ ns	۱/۸۹۸ ns
آبیاری× تکرار (سال)	۸	۰/۰۵۶	۱۷/۴۳	۱۴۴/۳۷	۰/۵۷۸	۵۶۵/۴۲۲	۲۲/۹۰
محلول‌پاشی	۴	۴/۰۷۵**	۱۸۸۵/۴۷**	۴۱۶۵/۲۳۹**	۶۵. ۹۶**	۱۶۶۶۴۴/۹۷۰**	۱۵۰۲/۸۳۱**
سال× محلول‌پاشی	۸	۰/۱۲ ns	۳۵/۳۶۷ ns	۱۶۹/۶۱۲ ns	۱/۱۸۳ ns	۲۶۹۳/۳۸۱ ns	۳۱۴/۶۵ ns
محلول‌پاشی×آبیاری	۴	۰/۰۸۳ ns	۲۵/۸۸۶ ns	۴۸/۰۱۶ ns	۰/۴۰۴*	۱۳۰/۷۳۲**	۴/۵۴۳ ns
سال×آبیاری× محلول‌پاشی	۸	۰/۰۲۳ ns	۶/۸۷ ns	۵۸/۳۱۹ ns	۰/۲۱ ns	۱۲۳/۴۳۵ ns	۰/۸۰۴ ns
خطا	۴۷	۰/۱۷۵	۵۶/۰۳	۱۵۸/۲۷۵	۰/۴۱۸	۳۵۲/۶۹۵	۴۴/۲۹۸

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪ و عدم معنی‌دار.

دوام سطح برگ: براساس جدول تجزیه واریانس، اختلاف معنی‌داری در دوام سطح برگ بین سال اول و دوم مشاهده نگردید (جدول ۳). اثر آبیاری بر دوام سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). بیشترین دوام سطح برگ با ۸۰/۹۷ روز در تیمار آبیاری کامل و کمترین دوام سطح برگ با ۵۸/۳۹ روز در تیمار ۷۰ درصد نیاز مشاهده گردید (جدول ۴). اثر محلول‌پاشی بر دوام سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). بیشترین دوام سطح برگ با ۷۸/۵۹ روز در تیمار

سالیسیلیک‌اسید و کمترین دوام سطح برگ با ٥٤/١ روز در تیمار آبسیزیک‌اسید مشاهده شد. (جدول ٤). اثرمتقابل سال و آبیاری بر دوام سطح برگ معنی‌دار نگردید (جدول ۳).

شاخص کلروفیل: اختلاف معنی‌داری در شاخص کلروفیل بین سال اول و دوم مشاهد نگردید (جدول ۳). اثر آبیاری بر شاخص کلروفیل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین شاخص کلروفیل (٤١/٤١) در تیمار تنش ملایم و کمترین شاخص کلروفیل (۲۹/٤٨) در تیمار آبیاری کامل مشاهده گردید (جدول ٤). اثر محلول‌پاشی بر شاخص کلروفیل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین شاخص کلروفیل (٤۳/٦١) در تیمار سالیسیلیک‌اسید و کمترین شاخص کلروفیل با (۹/۲۲) در تیمار شاهد مشاهده گردید (جدول ٤). اثرمتقابل سال و آبیاری، سال و محلول‌پاشی، و سال و آبیاری و محلول‌پاشی بر شاخص کلروفیل معنی‌دار نگردید (جدول ۳).

جدول ٤: مقایسه میانگین‌های صفات رویشی ذرت در تیمارهای آبیاری و محلول‌پاشی طی دو سال

	شاخص سطح برگ	دوام سطح برگ (روز)	شاخص کلروفیل	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار)	پروتئین‌خام (گرم در کیلوگرم)	عملکرد علوفه (تن در هکتار)
سال						
سال ۱	۳/۸٦a	٦۷/۲٤a	۳٦/۱۷a	۸/۳٤b	۹۰/٤۱ a	۷٦/٥۹b
سال ۲	۳/۹۳a	٦۸/٦۱a	۳٦/۰۲a	۸/٦۹a	۸۹/۷٥ a	۷۸/٥۹a
آبیاری						
۷۰ درصد نیاز	۳/۳٦c	٥۸/٤c	٤۱/٤۱ a	۱۰/٥a	۷٤/٥۷c	٦٥/۰۸c
۸٥ درصد نیاز	۳/۷۲b	٦٤/۸٦b	۳۷/۱۷a	۸/٤۱b	۸۷/۳b	۷۷/٥۹b
آبیاری کامل	٤/٦۲a	۸۰/۹۷ a	۲۹/٤۸b	٦/۷۱c	۱۰۷/۸٤a	۹۰/٥٦a
محلول‌پاشی						
شاهد	۳/۲۲c	٦۲/۱c	۹/۲۲b	۷/۳۷d	۹٤/۱۷b	٦۱/٤۲e
آبسزیک‌اسید	۳/٦٥b	٥٤/۱d	٤۰/٥۹ a	٥/۷۹e	۱۰۳/۰۷ a	۷۰/۳۸d
جیبرلین	۳/۹b	٦۷/۲٥ b	٤٦/۸۷ a	۹/۰٥c	۸۹/٤۱c	۷۹/۸۷c
سالیسیلیک‌اسید	٤/۳۸a	۷۸/٥۹ a	٤۳/٦۱ a	۱۰/۷٥a	۷۸/۲٤d	۹۰/٤٤a
روی	٤/۳۱a	۷۷/۲۸ a	٤۰/٤۳ a	۹/٥٦b	۸٥/۷۳c	۸٥/٤۹b

میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک هستند، بر پایه آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال ٥٪ تفاوت آماری ندارند.

عملکرد بیولوژیک: عملکرد بیولوژیک در سال اول و دوم اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ایجاد کرد (جدول ۳). بیشترین عملکرد بیولوژیک با (۸/٦۹ تن در هکتار) در تیمار سال دوم و کمترین عملکرد بیولوژیک با (۸/۳٤ تن در هکتار) در تیمار سال اول مشاهده گردید (جدول ٤). اثرمتقابل آبیاری و محلول‌پاشی بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد بیولوژیک در تیمار آبیاری کامل به همراه سالیسیلیک‌اسید (۱۲/۹ تن در هکتار) و کمترین عملکرد بیولوژیک در تیمار آبیاری ۷۰ درصد نیاز به همراه شاهد مشاهده گردید (جدول ٥). اثرمتقابل سال و آبیاری، سال و محلول‌پاشی، و سال و آبیاری و محلول‌پاشی بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار نگردید (جدول ۳).

پروتئین‌خام: بر اساس جدول تجزیه واریانس، اثر سال بر پروتئین‌خام معنی‌دار نگردید (جدول ۳). اثر آبیاری بر پروتئین‌خام در سطح احتمال یک درصد

معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین پروتئین‌خام با (۱۰۳/۰۷ گرم در کیلوگرم) در تیمار شاهد و کمترین پروتئین‌خام با (۷۸/۲٤ گرم در کیلوگرم) در تیمار سالیسیلیک‌اسید مشاهده گردید (جدول ٤). اثرمتقابل آبیاری و محلول‌پاشی بر پروتئین‌خام معنی‌دار نگردید (جدول ۳). اثرمتقابل سال و آبیاری، سال و محلول‌پاشی، و سال و آبیاری و محلول‌پاشی بر پروتئین‌خام معنی‌دار نگردید (جدول ۳).

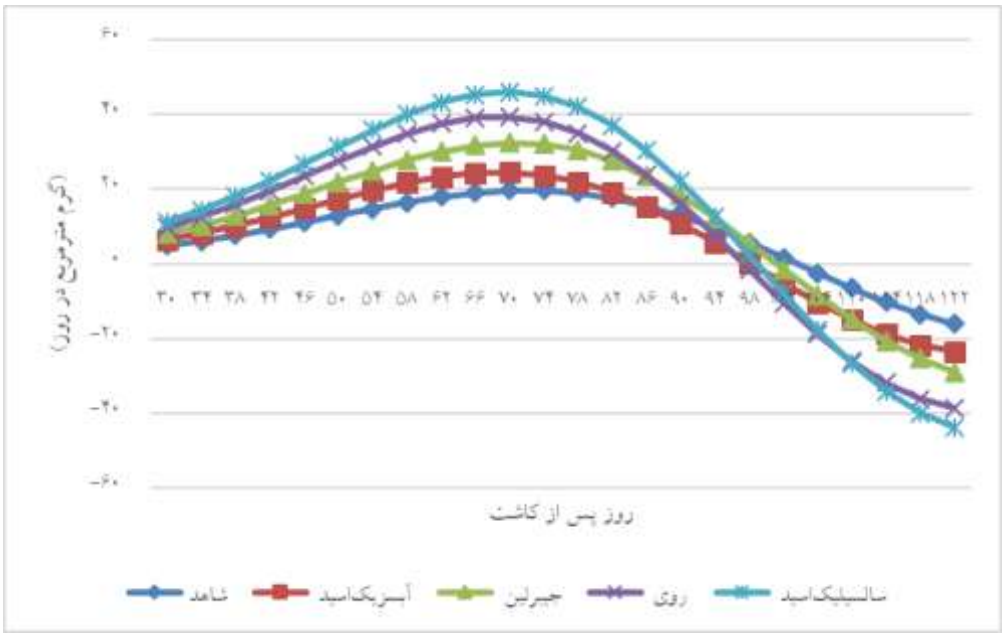
عملکرد علوفه‌تر: بر اساس جدول تجزیه واریانس، اثر سال بر عملکرد علوفه‌تر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد علوفه‌تر با (۷۸/۵۹ تن در هکتار) در تیمار سال دوم و کمترین عملکرد علوفه‌تر با (۷٦/۵۹ تن در هکتار) در تیمار سال اول مشاهده گردید (جدول ٤). اثر آبیاری بر عملکرد علوفه‌تر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد علوفه‌تر با (۹۰/۵٦ تن در هکتار) در تیمار آبیاری کامل و کمترین عملکرد علوفه‌تر با (٦۵/۰۸ تن در هکتار) در تیمار ۷۰ درصد نیاز مشاهده گردید (جدول ٤). اثر محلول‌پاشی بر عملکرد علوفه‌تر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد علوفه‌تر با (۹۰/٤٤ تن در هکتار) در تیمار سالیسیلیک‌اسید و کمترین عملکرد علوفه‌تر با (٦۱/٤۲ تن در هکتار) در تیمار شاهد مشاهده گردید (جدول ٤). اثرمتقابل آبیاری و محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد علوفه‌تر با (۸۷۱/۲ گرم) در تیمار آبیاری کامل و سالیسیلیک‌اسید و کمترین عملکرد علوفه‌تر با (٤٤۰/۵ گرم) در تیمار ۷۰ درصد نیاز و شاهد مشاهده گردید (جدول ۵). اثرمتقابل سال و آبیاری، سال و محلول‌پاشی، و سال و آبیاری و محلول‌پاشی بر عملکرد علوفه‌تر معنی‌دار نگردید (جدول ۳).

جدول ۵: مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل آبیاری و محلول‌پاشی در تیمارهای معنی‌دار شده

آبیاری × محلول‌پاشی	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار)	عملکرد علوفه (تن در هکتار)
۷۰ درصد نیاز × شاهد	٤/۵۷h	٤٤۰/۵k
۷۰ درصد نیاز × آبسزیک‌اسید	۵/۷۷g	٤۹۵/۵j
۷۰ درصد نیاز × جیبرلین	۷/٤f	۵۳۹/۵i
۷۰ درصد نیاز × روی	۷/۳۲f	۵۹٦/۳۳h
۷۰ درصد نیاز × سالیسیلیک‌اسید	۸/۵۱e	٦٤۰g
۸۵ درصد نیاز × شاهد	۵/۵۵g	۵۰۹/۱۳j
۸۵ درصد نیاز × آبسزیک‌اسید	٦/۹۷f	۵۹٤/۲۵h
۸۵ درصد نیاز × جیبرلین	۹/۰۷de	٦٦۷/۰۱f
۸۵ درصد نیاز × روی	۹/۵۹d	۷۱۲/۷۷f
۸۵ درصد نیاز × سالیسیلیک‌اسید	۱۰/۸۵c	۷٤۹/۷d
آبیاری کامل × شاهد	۷/۲٦f	۵۸۵/۹۸h
آبیاری کامل × آبسزیک‌اسید	۹/۸۲d	٦۸٤/۰۸f
آبیاری کامل × جیبرلین	۱۰/٦۷c	۷۹۰/۱۳c
آبیاری کامل × روی	۱۱/۷٦b	۸۲۸/۲۵v
آبیاری کامل × سالیسیلیک‌اسید	۱۲/۹a	۸۷۱/۲a

میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک هستند، بر پایه آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت آماری ندارند.

سرعت رشد محصول: روند تغییرات سرعت رشد محصول در طی فصل رشد در محلول‌پاشی‌های مختلف حاکی از آن است که تا ۳۸ روز پس از کاشت اختلاف قابل توجهی بین محلول‌پاشی‌های مختلف وجود نداشت و پس از آن اختلاف بین محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید و سایر محلول‌پاشی‌ها به صورت بارزتری نمایان شد به‌طوری که سالیسیلیک‌اسید سرعت رشد محصول بیشتری را نسبت سایر محلول‌پاشی‌ها داشت. در ۷۰ روز پس از کاشت که همزمان با پایان مرحله گلدهی می‌باشد، سرعت رشد محصول به بیشترین میزان خود رسید و به ترتیب بیشترین ماده خشک تولیدی در تیمارهای محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید، روی، جیبرلین، آبسیزیک‌اسید مشاهده گردید و پس از آن تا پایان دوره رشد گیاه به‌دلیل ریزش برگ‌ها و کاهش قدرت فتوسنتزی سرعت رشد محصول کاهش‌یافت (شکل ۱).



شکل ۱: روند سرعت رشد گیاه (CGR) تحت تاثیر تیمارهای محلول‌پاشی.

بحث

ظهور سطح برگ مناسب برای انجام فتوسنتز و تولید ماده خشک ضروری است. کمبود آب در تیمار آبیاری ۷۰ درصد منجر به کاهش سطح برگ ذرت گردید، کاهش رشد سلولی، توقف رشد و کاهش فعالیت فتوسنتزی برگها و از طرفی افزایش میزان ریزش برگ به دلیل کاهش وضعیت آب گیاه در اثر تنش می‌تواند علت این کاهش در سطح برگ باشد (Akram, 2011). مطالعات نشان داد که سطح برگ در ذرت علوفه‌ای در تیمارهای محلول‌پاشی شده که مواد غذایی روی در آنها وجود داشت بیشتر بود و چون تعداد برگ آنها زیاد نشده بود مشخص گردید که دلیل افزایش سطح برگ افزایش طول و عرض برگ بوده است و دلیل آن را اثر عنصر روی بر تقسیم‌سلولی از طریق افزایش اکسین دانستند که باعث افزایش طول و عرض برگ می‌شود (Iqbal et al., 2018). بنابر گزارش Martin-Mex و همکاران (۲۰۰۵) تیمار سالیسیلیک‌اسید منجر به افزایش تعداد برگ‌های تشکیل شده می‌گردد. همچنین در مطالعه‌ای دیگر مشخص گردید تیمار گیاه جو با سالیسیلیک‌اسید قبل از تنش، تأثیر مخرب کمبود آب بر غشاء سلولی برگ‌ها را کاهش می‌دهد که این امر منجر به افزایش

دوام سطح برگ شد (Bandurska, 2005). همچنین تنش خشکی باعث کاهش شاخص کلروفیل کل گردید. همچنین با افزایش شدت تنش شاخص کلروفیل برگ کاهش یافت که با نتایج مطالعه (Aboutalebian and Khodabandehloo, 2017) هم سو بود، تنش کم آبی باعث تخریب کلروپلاست و کاهش میزان کلروفیل می‌شود (Misra and Srivastava, 2000). کاهش غلظت کلروفیل در شرایط کم آبی می‌تواند به‌عنوان یک عامل محدودکننده غیرروزنه‌ای به حساب آید. در گیاهان علائم بروز تنش‌های اکسیداتیو شامل کاهش محتوای کلروفیل و نفوذپذیری غشاء می‌باشد که منجر به کاهش فتوسنتز و در نتیجه کاهش رشد گیاه می‌شود (Nasrollahzadeasl et al., Fathi and Tari, 2016; Moosavi and Raghara, 2018; 2017). کاهش محتوای کلرفیل و به دنبال آن کاهش فعالیت فتوسنتز عملکرد محصول را کاهش می‌دهد. یکی از دلایل این کاهش، افزایش میزان فعالیت آنزیم کلروفیلاز است که تحت شرایط تنش بیان آن القاء می‌شود (Yadu et al., 2016). در آزمایش حاضر تمامی تیمارهای اعمال شده نسبت به شاهد شاخص کلروفیل بیشتری را نشان دادند، بیشترین مقدار شاخص کلروفیل در تیمار جیبرلین حاصل شد، Akter و همکاران (۲۰۱٤) نشان دادند که مصرف جیبرلین تحت شرایط تنش منجر به افزایش شاخص کلروفیل گردید.

گزارش گردید کاربرد سالیسیلیک‌اسید در شرایط تنش باعث افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی و در نتیجه افزایش مقدار کلروفیل جو گردید (Fayez and Daneshmand et al., 2012; Bazaid, 2014). از دلایل تاثیر تیمار سالیسیلیک‌اسید بر پارامترهای رشدی گیاهان تحت تنش را می‌توان تاثیر سالیسیلیک‌اسید در حفاظت از رنگیزه‌ها و آنزیم‌های دستگاه فتوسنتزی، هدایت روزنه‌ای، دفاع آنتی‌اکسیدانی، کاهش نشت یونی، افزایش همبستگی غشاهای زیستی را نام برد که در مطالعات مختلف گزارش شده است (El-Tayeb, 2005; Hayat et al., 2010; Kong et al., 2014). مطالعات Li و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد تیمار ABA تبدیل اسیدآمینه و تجمع پروتئین و همچنین انتقال مجدد ازت را در غلات تسریع می‌کند که منجر به کاهش خسارت حاصل از تنش خشکی می‌گردد. گزارش‌ها نشان دادند استفاده از روی میزان شاخص کلروفیل را به طور معنی‌داری افزایش داد. این فرضیه مطرح شده است که سنتز کلروفیل توسط روی بهبود می‌یابد (Ma et al., 2017)، و روی به عنوان یک مؤلفه ساختاری و کاتالیزوری در پروتئین‌ها، آنزیم‌ها و به عنوان کوفاکتور برای بیوسنتز رنگدانه‌ها عمل می‌کند (Balashouri and Prameeladevi, 1995). علاوه بر این، روی به عنوان یک تثبیت کننده، محافظ غشاهای زیستی شناخته شده است که منجر به حفظ فتوسنتز تحت شرایط استرس می‌گردد (Cakmak, 2000; Peykarestan and Basaki, 2017).

افزایش میزان تنش خشکی باعث افزایش معنی‌دار پروتئین‌خام گیاه شد که با یافته‌های بدست آمده از نتایج سایر محققین مطابقت دارد (Akter et al., 2019; Selim et al., 2019). تنش آبی می‌تواند ارزش برخی از اجزای اقتصادی عملکرد را به مانند مقدار پروتئین دانه بالا ببرد (Guttieri et al., 2000). یکی از دلایل افزایش درصد پروتئین در شرایط تنش خشکی، انباشت پروتئین‌های شوک حرارتی در دانه‌های در حال رشد است (Blumenthal et al., 1998). گزارش شده است تحت شرایط خشکی در مرحله پرشدن دانه، هر چند تنش رطوبتی موجب کاهش عملکرد ماده خشک و پروتئین در هر بوته شد ولی درصد پروتئین دانه (قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه) افزایش یافت (Fathi, 2005). اسپری برگی

سالیسیلیک‌اسید در غلظت‌های پایین سبب افزایش معنی‌داری در کربوهیدرات‌ها، پروتئین و روغن در ذرت گردید (Abdel-Wahed et al., 2006). در بررسی‌های مختلف کاربرد سالیسیلیک اسید سبب افزایش محتویات پروتئین گردید (Zarei et al., 2012; Cag et al., 2009; Shahba et al., 2010).

علت افزایش تولید ماده خشک در شرایط آبیاری مطلوب (شاهد)، گسترش بیشتر و تداوم سطح برگ بود که موجب ایجاد منبع فیزیولوژیکی کافی جهت استفاده هر چه بیشتر از نور دریافتی و تولید ماده خشک گردید (Fayez and Bazaid, 2014). در واقع خشکی به‌طور غیرمستقیم، میزان مواد فتوسنتزی صادر شده از برگ‌ها را به دلیل کاهش پتانسیل فشاری در آوندآبکشی کاهش داده و در نهایت سبب کاهش اسیمیلات‌های ذخیره‌ای می‌گردد، این امر باعث افزایش آسیب‌پذیری مریستم در زمان تشکیل دانه و کاهش تعداد دانه می‌گردد (Taiz et al., 2015). افزایش عملکرد علوفه‌تر با محلول‌پاشی کود روی علت‌های مختلفی می‌تواند داشته باشد که از آن جمله می‌توان به افزایش بیوسنتز اکسین در حضور عنصر روی، افزایش غلظت کلروفیل، افزایش فسفوانول پیرووات کربوکسیلاز و ریبولوزبی فسفات کربوکسیلاز، کاهش تجمع سدیم در بافت‌های گیاهی و افزایش کارایی جذب نیتروژن و فسفر در حضور عنصر روی اشاره کرد. با کاهش میزان رطوبت خاک تحرک عنصر روی در محلول خاک کاهش یافته و با توجه محدودیت رشد ریشه، گیاه به‌طور مضاعفی با کمبود این عنصر مواجه خواهد شد که با انجام محلول‌پاشی کمبود این عنصر در گیاه جبران خواهد شد (Torabian et al., 2016). سالیسیلیک‌اسید نیز از طریق افزایش عمق ریشه دوانی و افزایش جذب آب مانع کاهش پتانسیل آب در گیاه می‌گردد (Miar Sadegi et al., 2011).

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این آزمایش نشان داد که تنش خشکی اثر معنی‌داری بر صفات شاخص سطح برگ و دوام و همچنین محتوای کلروفیل آن دارد که منجر به کاهش عملکرد بیولوژیک و علوفه‌تر ذرت گردید به طوری که با کاهش ۱۵ و ۳۰ درصدی نیاز آبی عملکرد علوفه‌تر به‌ترتیب ۱٤/۳۲ و ۲۸/۱۳ درصد نسبت به آبیاری کامل کاهش عملکرد نشان داد. همچنین افزایش تنش خشکی در این مطالعه منجر به افزایش میزان پروتئین‌خام گردید. بیشترین مقاومت در برابر کاهش عملکرد در بین تیمارهای محلول پاشی توسط سالیسیلیک‌اسید حاصل گردید به طوری که بیشترین عملکرد علوفه‌تر با ۹۰/٤٤ تن در هکتار در تیمار آبیاری کامل همراه با سالیسیلیک‌اسید حاصل شد. تیمار سالیسیلیک‌اسید منجر به افزایش عملکرد علوفه‌تر تحت شرایط آبیاری کامل گردید، همچنین تیمار سالیسیلیک‌اسید به ترتیب باعث کاهش خسارت ۲۷ و ۹ درصدی در تیمارهای تنش ملایم و تنش شدید گشت. از این جهت، استفاده از ۵ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید طی سه دوره محلول‌پاشی در زمان‌های هشت برگی، غلاف دوگانه و در قبل از ظهور تاسل طی شرایط کمبود آب مشابه شرایط آزمایش حاضر جهت حفظ عملکرد علوفه‌تر گیاه ذرت قابل توصیه می‌باشد.

References

Abdel-Wahed, M.S.A., Amin, A.A. and Rashad, E.S. (2006). Physiological effect of some bioregulators on vegetative growth, yield and chemical constituents of yellow maize plants. World Journal of Agricultural Sciences, 2(2): 149 -153.

Aboutalebian, M. and Khodabandehloo, N. (2017). Improving yield and water use efficiency of corn under water deficit conditions by using mycorrhiza and foliar application of zinc sulfate. Iranian Journal of Field Crop Science. 48: 57-70.

Adhikari, T., Kundu, S., Biswas, A. K., Tarafdar, J. C. and Subba Rao, A. (2015). Characterization of Zinc Oxide Nano Particles and Their Effect on Growth of Maize (Zea mays L.) Plant, Journal of Plant Nutrition. 38(10): 1505-1515.

Ahmadaali, J. and Khalili, M. (2008). Study of yield and water use efficiency of corn in the planting of one and two rows in furrow and drip irrigation (Tape) systems. Journal of Irrigation and Drainage of Iran. 3: 71-78.

Akram, M. (2011). Growth and yield components of wheat under water stress of different growth stages. Bangladesh Journal of Agricultural Research. 36: 455-468.

Akter, N., Rafiqul Islam, M., Abdul Karim, M., and Hossain, T. (2014). Alleviation of drought stress in maize by exogenous application of gibberellic acid and cytokinin. Journal of Crop Science and Biotechnology. 17(1): 41-48.

Akter, S., Rasul, M. G., Zakaria, M., Sarker, M. M., Nila, I. S., Dutta, S., Haque, M. M. and Rohman, M. M. (2019). Effect of Polyamine on Pigmentation, Reactive Oxidative Species and Antioxidant under Drought in Maize (Zea mays L.). Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology. 6: 799-811.

Ansari, O. and Sharif-Zadeh, F. (2012). Does Gibberelic acid (GA), Salicylic acid (SA) and Ascorbic acid (ASc) improve Mountain Rye (Secale montanum) seeds germination and seedlings growth under cold stress. International Research Journal of Applied and Basic Sciences. 3(8):1651-1657.

Ashraf, M. and Foolad, M. R. (2007). Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and Experimental Botany, 59: 206-216.

Ashraf, M., Karim, F., and Rasul, E. (2002). Interactive effects of gibberellic acid (GA3) and salt stress on growth, ion accumulation and photosynthetic capacity of two spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars differing in salt tolerance. Plant Growth Regulation. 36(1): 49-59.

Association of Official Analytical Chemists, (AOAC). (2005). Official Methods of Analyses, 14 Ed; Association of official Analytical Chemists: Washington, DC, USA.

Balashouri, P., and Prameeladevi, Y. (1995). Effect of zinc on germination, growth and pigment content and phytomass of Vigna radiata and Sorghum bicolor. Journal of Ecobiology. 7: 109-114.

Bandurska ,H. (2005). The effect of salicylic acid on barley response to water deficit. Acta Physiologiae Plantarum, 27(3): 379-386.

Bijanzadeh, E., Naderi, R. and Egan, T. P. (2019). Exogenous application of humic acid and salicylic acid to alleviate seedling drought stress in two corn (Zea mays L.) hybrids. Journal of Plant Nutrition. 42: 1483-1495.

Blumenthal, C., Stone, P. J., Gras, P. W., Bekes, F., Clarke, B., Barlow, E. W. R., Appels, R. and Wrigley, C. W. (1998). Heat-Shock Protein 70 and Dough-Quality Changes Resulting from Heat Stress During Grain Filling in Wheat. Cereal Chemistry. 75: 43-50.

Cag, S., Cevahir-Oz, G., Sarsag, M. and Goren-Saglam, N. (2009). Effect of salicylic acid on pigment, protein content and peroxidase activity in excised sunflower cotyledons. Pakistan Journal of Botany. 41: 2297-2303.

Cakmak, I. (2000). Tansley Review No. 111 Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. The New Phytologist. 146(2): 185-205.

Cornish, K., and Zeevaart, J. A. (1986). Abscisic acid accumulation by in situ and isolated guard cells of Pisum sativum L. and Vicia faba L. in relation to water stress. Plant Physiology. 81(4): 1017-1021.

Daneshmand, F., Arvin, M. J., Keramat, B. and Momeni, N. (2012). Interactive Effects Of Salt Stress And Salicylic Acid On Germination And Plant Growth Parameters Of Maize (Zea Mays L.) Under Field Conditions. Journal Of Plant Process And Function. 1: 57-70.

El-Tayeb, M. A. (2005). Response of barley grains to the interactive e.ect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation. 45: 215-224.

Farooq, M., Basra, S. M. A., Rehman, H. and Saleem, B. A. (2008). Seed Priming Enhances the Performance of Late Sown Wheat (Triticum aestivum L.) by Improving Chilling Tolerance. Journal of Agronomy and Crop Science. 194: 55-60.

Fathi, A. and Tari, D. B. (2016). Effect of drought stress and its mechanism in plants. International Journal of Life Sciences. 10: 1-6.

Fathi, G. (2005). Drought and nitrogen effects on nitrogen remobilization in six wheat cultivars. Iranian Journal of Agriculture Science, 36: 1093-1101.

Fayez, K. A. and Bazaid, S. A. (2014). Improving drought and salinity tolerance in barley by application of salicylic acid and potassium nitrate. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 13: 45-55.

Gardner, F. P., Pearce, R. B.and Mitchell, R. L. (2017). Physiology of crop plants, Scientific Publishers.

Guttieri, M. J., Ahmad, R., Stark, J. C. and Souza, E. (2000). End-use quality of six hard red spring wheat cultivars at different irrigation levels. Crop Science. 40(3): 631-635.

Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M. and Ahmad, A. (2010). Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. Environmental and Experimental Botany. 68: 14-25.

Hopkins, W. G. (1999). Introduction to plant physiology, John Wiley and Sons.

Hunt, R. (2012). Basic growth analysis: plant growth analysis for beginners. Springer Science & Business Media.

Iqbal, M. N., Rasheed, R., Ashraf, M. Y., Ashraf, M. A. and Hussain, I. (2018). Exogenously applied zinc and copper mitigate salinity effect in maize (Zea mays L.) by improving key physiological and biochemical attributes. Environmental Science and Pollution Research. 25: 23883-23896.

Jeller, H. and Perez, S. C. J. G. D. (2001). Effects of water and salt stress and the gibberellln action in senna spectabilis seeds. ciência florestal. 11(1): 93-104.

Jiang, Y. and Huang, B. (2001). Drought and Heat Stress Injury to Two Cool-Season Turfgrasses in Relation to Antioxidant Metabolism and Lipid Peroxidation Contribution No. 00-227-J from Kansas Agric. Exp. Stn. Crop Science. 41: 436-442.

Kabiri, R., Nasibi, F. and Farahbakhsh, H. (2014). Effect of exogenous salicylic acid on some physiological parameters and alleviation of drought stress in Nigella sativa plant under hydroponic culture. Plant Protection Science. 50: 43-51.

Khajehpour, M. R. (2014). Cereal, University of Esfahan, Academic Center for Education, Culture and Research.

Khan, A. G. (2006). Mycorrhizoremediation—an enhanced form of phytoremediation. Journal of Zhejiang University Science B. 7: 503-514.

Kong, J., Dong, Y., Xu, L., Liu, S. And Bai, X. (2014). Effects of foliar application of salicylic acid and nitric oxide in alleviating iron deficiency induced chlorosis of *Arachis hypogaea* L. Botanical Studies. 55(1): 9.

Kumudini, S., Hume, D. J. And Chu, G. (2001). Genetic Improvement in Short Season Soybeans The financial support for this research was received from Dep. of Plant Agriculture, Univ. of Guelph, Natural Sciences and Engineering Council of Canada and OMAFRA. Crop Science. 41: 391-398.

Lee, T. M., Lur, H. S., and CHU, C. (1993). Role of abscisic acid in chilling tolerance of rice (*Oryza sativa* L.) seedlings. I. Endogenous abscisic acid levels. Plant, Cell and Environment. 16(5): 481-490.

Li, Y., Zhao, H., Duan, B., Korpelainen, H., and Li, C. (2011). Effect of drought

and ABA on growth, photosynthesis and antioxidant system of *Cotinus coggygria* seedlings under two different light conditions. Environmental and experimental botany. 71(1): 107-113.

Liu, S., Dong, Y., Xu, L. and Kong, J. (2014). Effects of foliar applications of nitric oxide and salicylic acid on salt-induced changes in photosynthesis and antioxidative metabolism of cotton seedlings. Plant Growth Regulation. 73: 67-78.

Ma, D., Sun, D., Wang, C., Ding, H., Qin, H., Hou, J., Huang, X., Xie, Y. and Guo, T. (2017). Physiological responses and yield of wheat plants in zinc-mediated alleviation of drought stress. Frontiers in Plant Science. 8: 860.

Madadi, E. and Fallah, S. (2018). The Effect of Proline and Salicylic Acid on the Physiological Parameters and Yield of Silage Maize under Different Moisture Regimes. Journal of Crop production and processing. 8: 15-28.

Maheswari, M. (1999). Effect of GA, ABA and water stress on leaf elongation and XET activity in barley Hordeum vulgare L. Indian Journal of Experimental Biology. 37(10): 1001-1004.

Martin-Mex, R., Villanueva-Couoh, E., Herrera-Campos, T., and Larque-Saavedra, A. (2005). Positive effect of salicylates on the flowering of African violet. Scientia horticulturae. 103(4): 499-502.

Mehrabian Moghaddam, N., Arvin, M. J., Khajuee Nezhad, G.R. and Maghsoudi, K. (2011). Effect of Salicylic Acid on Growth and Forage and Grain Yield of Maize under Drought Stress in Field Conditions. Seed and Plant Production Journal, 27: 41-55.

Merah, O. (2001). Potential importance of water status traits for durum wheat improvement under Mediterranean conditions. The Journal of Agricultural Science. 137: 139-145.

Miar Sadegi, S., Shekari, F., Fotovet, R. and Zangani, E. (2011). The Effect of priming by salicylic acid on vigor and seedling growth of canola (Brassica napus) under water deficit condition. Iranian Journal of Plant Biology. 2: 55-70.

Misra, A. and Srivastava, N.K. (2000). Influence of Water Stress on Japanese Mint. Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants. 7: 51-58.

Mohammed, A. R. and Tarpley, L. (2011). Characterization of rice (Oryza sativa L.) physiological responses to a-tocopherol, glycine betaine or salicylic acid application. Journal of Agricultural Science (Toronto). 3: 3-13.

Moosavi, S., and Ragh ara, H. (2018). Effect of water deficit stress and application of humic and salicylic acid on physiological traits, yield and yield components of corn. Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research. 13(50): 88-101.

Nadergoli, M. S., Yarnia, M. and Khoei, F. R. (2011). Effect of zinc and manganese and their application method on yield and yield components of common bean (Phaseolus vulgaris L. CV Khomein). Middle-East Journal of Scientific Research. 8: 859-865.

Nasrollahzade asl, V., Moharramnejad, S., and Yusefi, M. (2017). Grain yield, chlorophyll content, osmolyte accumulation, total phenolics and catalase activity in maize (Zea mays L.) under drought stress. Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research. 12(46): 1-14.

Neto, C.F., Klynger, A., Lobato, S., Gonçalves-Vidigal, C., Cezar Lobo Da Costa, R., Gomes, B., Filho, S., Antonio, G., Alves, G.A. ,Jose De Mello, W., Maia, S., Flávio, J., Cruz, F., Karina, H., Neves, B., Jeane, M., Lopes, M. and Rastilantie, M. (2009). Carbon compounds and chlorophyll contents in sorghum submitted to water deficit during three growth stages WFL Publisher Science and Technology. Journal of Food, Agriculture and Environment. 7: 588-593.

Nguyen, H.T., Leipner, J., Stamp, P., and Guerra-Peraza, O. (2009). Low temperature stress in maize (Zea mays L.) induces genes involved in photosynthesis and signal transduction as studied by suppression subtractive

hybridization. Plant Physiology and Biochemistry. 47(2): 116-122.

Pakmehr, A., Rastgo, M., Shekari, F., Saba, J. and Zangani, E. (2012). Effect of pre-treatment of salicylic acid on some morphophysiological characteristics and yield of vignette (Vigna unguiculata L.) under water stress. Iranian Journal of Field Crops Research. 9: 606-614.

Pandey, R., Maranville, J. and Admou, A. (2000). Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment: I. Grain yield and yield components. Agricultural water management. 46: 1-13.

Peykarestan, B., and Basaki, T. (2017). Effect of spraying zinc sulfate solution on yield and enrichment of sweet corn (Zea mays var saccharata) varieties under different patterns of periodic irrigation. Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research. 12 (47): 44-56.

Sadras, V.O. and Richards, R.A. (2014). Improvement of crop yield in dry environments: benchmarks, levels of organisation and the role of nitrogen. Journal of Experimental Botany. 65: 1981-95.

Selim, S., Hassan, Y.M., Saleh, A.M., Habeeb, T.H. and Abdelgawad, H. (2019). Actinobacterium isolated from a semi-arid environment improves the drought tolerance in maize (Zea mays L.). Plant Physiology and Biochemistry. 142: 15-21.

Shahba, Z., Baghizadeh, A. and Yosefi, M. (2010). The salicylic acid effect on the tomato (Lycopersicum esculentum Mill.) sugar, protein and proline contents under salinity stress (NaCl). Journal of biophysics and structural biology. 2(3): 35-41.

Sheykhbagloo, N., Gorttapeh, H., Baghestani, M., and Zand, B. (2009). Study of effect of zinc spraying on qualitative-quantitative yield of grain corn under water stress conditions. Electronic J Cultivated Plants. 2: 6-10.

Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I.M., and Murphy, A. (2015). Plant physiology and development. Sinauer Associates.

Torabian, S., Zahedi, M. and Khoshgoftar, A.H. (2016). Effects of foliar spray of two kinds of zinc oxide on the growth and ion concentration of sunflower cultivars under salt stress. Journal of Plant Nutrition. 39: 172-180.

Voldabadi, S.A., Mazaheri, D., Nour Mohammadi, G. And Hashemi Dezfuli, S.A. (2009). The Effect of Drought Stress on Quantitative and Qualitative Properties and Growth Indices of Corn, Sorghum and Millet. Iranian Journal of crop Sciences. 2: 39-47.

Wang, W., Vinocur, B. and Altman, A. (2003). Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. Scientia horticulturae. 218, 6.

Yadu, B., Chandrakar, V. and Keshavkant, S. (2016). Responses of plants to fluoride: an overview of oxidative stress and defense mechanisms. Fluoride. 49: 293-302.

Yang, J., Zhang, J., Huang, Z., Zhu, Q. and Wang, L. (2000). Remobilization of Carbon Reserves Is Improved by Controlled Soil-Drying during Grain Filling of Wheat. Crop Science. 40: 1645-1655.

Zarei, M., ABBASPOUR, H., SINAKI, J. and Rahbari, A. (2012). Quality traits of corn salicylic acid and sowing date in late summer planting in Damghan region. International Journal of AgriScience. 2: 635-641.

Khan, M.I.R., M. Fatma, T.S. Per, N.A. Anjum and Khan, N.A.J.F.I.P.S. (2015). "Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants." 6: 462.

Perez, I.B. and Brown, P.J.J.F.I.P.S. (2014). "The role of ROS signaling in cross-tolerance: from model to crop." 5: 754.

Journal of Plant Environmental Physiology, Serial 61, 16th year, Number 1, Spring 2021

The effect of drought stress management by hormones and zinc on forage yield of *Zea Mays* L. 704 in Isfahan Province

Soleymanpour, S.*, Samdaliri, M., Mablaghe, M. Mosavi Mirkolaee, S.A.A.
Department of Agriculture, Islamic Azad University, Chalous Branch, Chalous, Iran

Received date: 2019/12/04 Accepted date: 2020/05/19

Abstract

In order to study the morphological traits and yield of maize 704 SC under the influence of spraying with growth regulators and drought stress conditions in Isfahan, an experiment was conducted for two years based on the split plot design with 3 replications. The main treatment included drought stress at three levels of control (irrigation based on 100% water requirement of corn), mild stress (based on 85% of the plant's water requirement), and severe stress (based on 70% of the plant's water requirement). The second treatment included spraying with distilled water as control, abscisic acid (100 mM), gibberellin (100 ppm), salicylic acid (5 mM), and Nano-zinc (2 gl^{-1} water). The results of this experiment showed that the effect of year on biological yield, crude protein, and forage yield were significant. Also, the effect of drought stress and spraying on leaf area index, chlorophyll index, biological yield, crude protein, and forage yield were significant. Also, the effect of drought stress and spraying on leaf area index, chlorophyll index, biological yield, crude protein and forage yield were significant. The highest forage yield (90.44 t ha^{-1}) was obtained under the complete irrigation with salicylic acid treatment. Salicylic acid treatment resulted in higher forage yield under the complete irrigation conditions. Salicylic acid treatment also reduced the damage of mild and severe stress treatments by 27 and 9%, respectively. According to the results of the experiment and CGR, using salicylic acid treatment during three foliar application periods at eight-leaf, before tassel emergence, and at the milky stage was able to reduce drought stress and is recommended for conditions similar to the present experiment.

***Keywords*:** Abscisic acid, Chlorophyll index, Crude protein, Gibberellin, Salicylic acid.

*Corresponding author; Solymanpour71@gmail.com