



به زراعی کشاورزی

دوره ۱۸ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۵
صفحه‌های ۴۴۱-۴۳۱

واکنش ارقام جو به تیمارهای شیمیایی سالیسیلیک اسید و سلنیوم تحت تنش خشکی در شرایط مزرعه

نسیمه منتظری تختی^{۱*}، غلام‌رضا خواجه‌بوی نژاد^۲، سید محمد جواد آروین^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان - ایران
۲. دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان - ایران
۳. استاد گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان - ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۱۱/۲۶

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۴/۰۳/۲۴

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش خشکی و تیمارهای شیمیایی بر خصوصیات رشد و نمو چهار رقم جو، آزمایشی به صورت کرت های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان، طی سال های ۹۳-۱۳۹۲ اجرا شد. عامل اصلی شامل: آبیاری (شاهد و قطع آبیاری بعد از گلدهی) و عامل فرعی شامل چهار رقم جو نصرت، افضل، یوسف، لاین UH۱۲ و عامل فرعی شامل: شاهد، سالیسیلیک اسید با غلظت ۰/۵ میلی مولار (خیساندن بذر، محلول پاشی در مرحله گرده افشانی، خیساندن بذر و محلول پاشی) و محلول پاشی گیاهان با سلنیوم در مرحله پر شدن ساقه (۴۰ میلی گرم در لیتر از منبع سلنات سدیم) بودند. تنش خشکی موجب کاهش معنی دار شاخص کلروفیل (۱۰ درصد)، وزن هزاردانه (۱۹ درصد)، عملکرد دانه (۲۰ درصد)، عملکرد بیولوژیک (۱۱ درصد) و شاخص برداشت (۱۲ درصد) گردید. در مقابل سالیسیلیک اسید به طور معنی داری افزایش ارتفاع بوته، طول ریشک و سنبله، شاخص کلروفیل، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت را به همراه داشت. محلول پاشی گیاهان با سلنات موجب افزایش معنی دار غلظت سلنیوم در دانه تمام ارقام نسبت به تیمار شاهد گردید. طبق نتایج حاصل، کاربرد سالیسیلیک اسید موجب بهبود رشد گیاه در هر دو شرایط تنش و بدون تنش می گردد و کاربرد سلنیوم نیز موجب غنی سازی دانه جو می گردد. بنابراین، استفاده از این دو ماده جهت بهبود کمی و کیفی محصول جو توصیه می گردد.

کلیدواژه‌ها: رشد و نمو، سلنات سدیم، عملکرد دانه، کم‌آبی، محلول پاشی

۱. مقدمه

در طبیعت گیاهان به طور مداوم در معرض تنش‌های زننده و غیرزننده قرار می‌گیرند و با شرایط نامساعد رشدی مواجه می‌شوند و این گوناگونی و تغییرات در شرایط رشدی که الزاماً کشنده هم نیست، به عنوان تنش شناخته می‌شود [۱۷]. تنش خشکی از مهمترین و گسترده‌ترین تنش‌های محیطی است که بر رشد و تولید گیاهان زراعی تأثیر منفی می‌گذارد. در ایران اقلیم خشک و نیمه خشک، بیشتر مناطق را تحت تأثیر قرار داده، به خصوص خشکسالی‌های اخیر بر مشکل کم آبی افزوده است [۴]. غلات سهم عمده‌ای در تأمین نیاز غذایی بشر دارند و با افزایش جمعیت جهان در سال‌های اخیر، اهمیت تولید آن‌ها افزایش یافته است. اهمیت دیگر غلات، سازگاری وسیع آن‌ها به شرایط متفاوت محیطی و تنوع بسیار زیاد ژنوتیپ‌های آن‌ها است [۵]. جو (*Hordeum vulgare* L.) از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی است. این گیاه زراعی کم‌توقع‌ترین و قانع‌ترین گیاه زراعی است. در مناطق خشک، نظیر جو نسبت به شرایط نامساعد محیطی متحمل‌تر است و از طرف دیگر، زودتر از گندم می‌رسد، برای پرهیز از خطر خشکی در آخر فصل، کشت جو بر گندم ترجیح داده می‌شود [۲].

هورمون‌ها و سایر مواد شیمیایی تنظیم‌کننده رشد، امروزه به روش‌های مختلف برای کنترل جنبه‌های مختلف رشد و نمو گیاهان و همچنین در جهت تخفیف اثر تنش‌ها و عوامل نامطلوب محیطی می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند [۱]. در بین تنظیم‌کننده‌های رشد، هورمون سالیسیلیک اسید یک تنظیم‌کننده رشد مهمی در مکانیسم دفاعی گیاهان در برابر عوامل بیماری‌زا و تنش‌هاست [۸]. سالیسیلیک اسید یک هورمون گیاهی از خانواده فنل‌ها است که نقش مهمی را در رشد، تعرق، پیام‌رسانی درونی و دفاع گیاه در برابر عوامل بیماری‌زا بر عهده دارد [۱۵].

سالیسیلیک اسید توانایی بهبود وضعیت آب گیاه را با تجمع املاح سازگار داشته و فعالیت‌های همه‌آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان را در تنش خشکی افزایش می‌دهد [۲۶]. در مجموع سالیسیلیک اسید از جوانه‌زنی تا پیری گیاه می‌تواند تأثیرگذار باشد. سالیسیلیک اسید بر بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیک و مورفولوژیک گیاه تأثیر دارد. این تأثیرات متفاوت بود، به طوری که ممکن است در برخی از واکنش‌ها تحریک‌کننده، در برخی تسریع‌کننده و در برخی دیگر نیز متوقف‌کننده باشد [۲۳]. به‌عنوان مثال، در برگ‌های ذرت و سویا تیمار شده با سالیسیلیک اسید، افزایش نرخ تعرق و هدایت روزنه‌ای مشاهده گردید [۱۶]. خیساندن بذر جو در محلول ۱ میلی مولار سالیسیلیک اسید موجب افزایش محتوای رطوبت نسبی، وزن تر و خشک و محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی در جو گردیده است [۱۰].

سلنیوم یک عنصر ضروری برای حیوان و انسان است که از منابع غذایی از جمله غلات، حبوبات و سبزیجات به‌دست می‌آید و میزان آن در گیاهان متفاوت است [۳۱]. سلنیوم به فرم سلنات و یا سلنیت، به‌ویژه در دانه‌های غلات و حبوبات جذب گیاهان می‌شود [۱۸]. همچنین سلنیوم در مقادیر کم برای حیوانات ضروری است. کمبود آن سبب سوء تغذیه ماهیچه‌ای به‌ویژه در حیوانات اهلی شده که به بیماری ماهیچه سفید مشهور است [۲۲]. سلنیوم نقش مهمی در خنثی کردن تنش‌های غیرزیستی در گیاهان دارد که توسط سرما، خشکی، نور شدید، آب، شوری و دمای بالا ایجاد شده‌اند [۱۲]. نقش سلنیوم در تخفیف استرس‌های محیطی در انسان و حیوانات به‌طور وسیع و در گیاهان با وسعت کمتر مورد بررسی قرار گرفته است [۲۲]. کاربرد سلنیوم به صورت محلول‌پاشی در مرحله برگی با غلظت ۱ میلی‌مول به طور قابل توجهی عوارض جانبی اثرات تنش خشکی در دانه‌های گندم را کاهش داده است [۹]. راه‌های استفاده از سلنیوم که عمدتاً به صورت

به‌زراعی کشاورزی

واکنش ارقام جو به تیمارهای شیمیایی سالیسیلیک اسید و سلنیوم تحت تنش خشکی در شرایط مزرعه

عنصر سلنیوم بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک چهار رقم جو، این پژوهش، در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان، به صورت آزمایش کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. این مکان در جنوب شرقی شهر کرمان و در عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی قرار دارد و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۷۴۵ متر می‌باشد. بافت خاک مورد آزمایش لومی شنی بود. مشخصات خاک مورد آزمایش در جدول ۱ آمده است. تیمارهای مورد بررسی در این تحقیق، عامل اصلی شامل: دو سطح آبیاری (نرمال و تنش خشکی)، عامل فرعی چهار رقم جو نصرت، یوسف، افضل، و لاین UH۱۲، و عامل فرعی فرعی شامل: شاهد، سالیسیلیک اسید با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار (خیساندن بذر، محلول‌پاشی در مرحله گرده‌افشانی، خیساندن بذر و محلول‌پاشی در مرحله گرده‌افشانی) و محلول‌پاشی گیاهان با سلنیوم (۴۰ میلی‌گرم در لیتر از منبع سلنات سدیم) بودند. اوایل آذر ماه بذرها در زمین کشت شدند و برداشت محصول نیز اواخر خرداد ماه صورت گرفت.

ترکیبات سلنات سدیم و سلنیت سدیم وجود دارد، به صورت اسپری برگی و یا اغلب استفاده از کودهای سلنیوم به صورت کودپاشی و اضافه کردن به خاک می‌باشد [۱۴]. مصرف کم سلنیوم توسط انسان می‌تواند باعث کاهش باروری و کاهش عملکرد سیستم ایمنی بدن و افزایش خطر ابتلا به سرطان شود [۲۴]. غنی‌سازی گیاه جو با سلنیوم به دلیل اهمیت این عنصر در رژیم غذایی مفید است، اما نحوه استفاده آن برای دام و انسان به صورت ترکیبی با جوه‌های غنی نشده می‌باشد تا حدی که میزان سلنیوم از محدوده سمیت تجاوز نکند.

هدف از انجام تحقیق حاضر، بررسی واکنش چهار رقم جو نصرت، یوسف، افضل، و لاین UH۱۲، به تنش خشکی آخر فصل (قطع آبیاری از گلدهی تا برداشت) و بررسی اثر تنظیم‌کننده رشد سالیسیلیک اسید و عنصر سلنیوم بر رشد و نمو گیاهان می‌باشد. همچنین، بررسی اثر سلنیوم بر افزایش میزان آن در دانه که یکی از پارامترهای کیفی دانه محسوب می‌شود، می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر تنش خشکی، سالیسیلیک اسید و

جدول ۱. مشخصات خاک محل انجام آزمایش

شن	سیلت	رس	وزن مخصوص ظاهری	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	اسیدیته کل اشباع	هدایت الکتریکی	بافت خاک
(%)	(%)	(%)	(g)	(mg/kg)	(%)	(%)	(ds/m)		
۵۴	۲۸/۷	۱۷/۳	۱/۳	۳۵۰	۱۲	۰/۰۶	۷/۴	۳/۶	لومی - شنی

مقاوم است. این رقم در اراضی با خاک‌های مناسب و شیرین به علت خوابیدگی و بیماری‌های برگی موجب افت شدید محصول می‌گردد. بعد از انجام مراحل آماده‌سازی زمین، ارقام جو به

مشخصات ارقام مورد استفاده در آزمایش: رقم‌های نصرت، و افضل، دارای رشد بینابین بوده و رقم‌های یوسف، و لاین UH۱۲، تیپ رشد بهاره دارند. کلیه ارقام متحمل به تنش خشکی بوده و رقم افضل، به شوری بسیار

به زراعی کشاورزی

از هر کدام از ارقام وزن و به طور کامل پودر شد، سپس در لوله آزمایش ریخته و به هر کدام از لوله‌ها ۱۰ سی‌سی نیتریک اسید اضافه شد و بعد از گذشت ۴۸ ساعت نمونه‌ها بر روی اجاقک در زیر هود قرار داده شد تا اسید به صورت بخار از لوله‌ها خارج شود. سپس، حجم محتوی لوله‌ها با آب مقطر به ۱۰ سی‌سی رسانده و محلول حاصل از کاغذ صافی عبور داده شد. غلظت سلنیوم با دستگاه جذب اتمی Varian و با استفاده از محلول استاندارد بر حسب میکروگرم بر کیلوگرم وزن خشک محاسبه گردید. تجزیه آماری داده‌های حاصل از آزمایش با نرم‌افزارهای آماری SAS (نسخه ۹/۰) و MSTATC (نسخه ۲/۹) و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD و در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

تنش خشکی تأثیری در ارتفاع بوته نداشت که دلیل این امر را می‌توان عدم شرایط تنش در طول دوره رویشی گیاه دانست، درحالی‌که ارتفاع بوته تحت تأثیر رقم و تیمار شیمیایی قرار گرفت (جدول ۲). نتایج حاصل از جدول مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در بین ارقام بیشترین ارتفاع بوته مربوط به رقم نصرت^۱ و بعد از آن رقم یوسف^۲ است. رقم افضل^۳ و لاین UH۱۲^۴، دارای کمترین ارتفاع بوته بودند و از نظر این صفت در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۲). تیمار خیساندن بذر، تیمار محلول‌پاشی و تیمار محلول‌پاشی به همراه خیساندن بذر با سالیسیلیک اسید از نظر ارتفاع بوته افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان دادند، این افزایش به ترتیب ۷، ۳ و ۶ درصد بود. همچنین تیمار محلول‌پاشی با سلنیوم نسبت به شاهد ۵ درصد افزایش ارتفاع بوته داشت (جدول ۲).

صورت دستی بر روی پشته‌هایی به طول ۱/۵ متر و عرض ۵۰ سانتی‌متر کشت شدند. به منظور پرایم بذور با اسید سالیسیلیک، بذور به مدت ۲۴ ساعت در محلول سالیسیلیک اسید خیسانده و بعد توسط جریان هوا خشک شده و سپس در زمین کشت شدند. آبیاری به صورت جوی و پشته‌ای انجام شد. به این صورت که در تیمار آبیاری کامل تا انتهای فصل رشد، هر ۱۰ روز یک‌بار آبیاری انجام می‌شد و در تیمار خشکی تا زمان گلدهی آبیاری انجام می‌شد و پس از آن آبیاری تا انتهای فصل رشد، قطع گردید. مبارزه با علف‌های هرز در تمام فصل رشد به صورت وجین دستی بود. محلول‌پاشی گیاهان با سالیسیلیک اسید در مرحله گرده‌افشانی انجام شد. همچنین سلنیوم، از طریق محلول‌پاشی سلنات سدیم در مرحله پر شدن ساقه با سمپاش دستی و کاربرد پوشش پلاستیکی برای ممانعت از محلول‌پاشی بر تیمار شاهد استفاده شد. برداشت محصول نیز در اواخر خرداد صورت گرفت.

در این آزمایش، صفاتی نظیر ارتفاع بوته، طول ریشک، طول سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک و اقتصادی، شاخص برداشت و درصد جذب سلنیوم در دانه جو اندازه‌گیری شد. همچنین شاخص کلروفیل برگ با دستگاه SPAD اندازه‌گیری شد. پیش از برداشت، دو بوته از هر تیمار در هر بلوک به طور تصادفی انتخاب و صفات موردنظر (ارتفاع بوته، طول ریشک، طول سنبله و میزان کلروفیل برگ) اندازه‌گیری شد. در زمان رسیدگی فیزیولوژیک با حذف اثر حاشیه‌ای از ابتدا و انتهای خطوط، برداشت گیاهان باقیمانده صورت گرفت. برای تعیین عملکرد بیولوژیک تمامی نمونه‌های برداشت شده وزن شدند و عملکرد دانه با جدا کردن دانه‌ها از کاه و کلس و وزن کردن آن‌ها محاسبه شد.

برای سنجش میزان سلنیوم در دانه جو، ابتدا ۱ گرم دانه

واکنش ارقام جو به تیمارهای شیمیایی سالیسیلیک اسید و سلنیوم تحت تنش خشکی در شرایط مزرعه

جدول ۲. مقایسه میانگین اثرات اصلی سطوح آبیاری، ارقام و تیمارهای شیمیایی بر صفات ارزیابی شده در جو

تیمار	ارتفاع		طول		طول سنبله	ریشک	وزن هزارانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	شاخص برداشت (%)
	بوته	بوش	شاخص	کلروفیل (SPAD)						
تنش خشکی										
شاهد	^a ۹/۱۰۵	^a ۱۴/۹	^a ۷/۲	^a ۴۲/۲	^a ۴۶/۴	^a ۹۴۵/۶	^a ۵۰۱/۶	^a ۵۱/۹		
قطع آبیاری	^a ۱۰۹/۰	^a ۱۴/۹	^a ۷/۰	^b ۳۸/۰	^b ۳۸/۰	^b ۸۴۷/۶	^b ۴۰۴/۰	^b ۴۵/۹		
رقم										
یوسف	^b ۱۱۰/۲	^a ۱۵/۸	^c ۶/۹	^a ۴۱/۲ ^a	^a ۴۶/۹	^a ۱۰۷۷/۶	^a ۱۲/۲	^a ۵۶/۶		
نصرت	^a ۱۱۵/۴	^a ۱۵/۰	^{ab} ۷/۳	^a ۴۰/۳ ^{ab}	^b ۴۱/۳	^b ۹۹۹/۶	^b ۳۴/۰	^a ۵۳/۰		
افضل	^c ۱۰۲/۰	^b ۱۳/۹	^{bc} ۷/۰	^b ۳۹/۲ ^b	^b ۴۱/۲	^c ۹۸/۰	^d ۲۷۱/۱	^c ۳۷/۶		
UH ۱۲	^c ۱۰۲/۳	^{ab} ۱۴/۸	^a ۷/۴	^a ۳۹/۶ ^a	^b ۳۹/۵	^c ۸۱۱/۲	^c ۹۳/۶	^b ۴۸/۴		
تیمارهای شیمیایی										
صفر	^d ۱۰۲/۵	^c ۱۴/۴	^c ۶/۹	^b ۳۸/۵	^b ۴۰/۲	^b ۸۲۴/۴	^c ۱۲/۸	^b ۴۹/۱		
خیساندن بذر با SA	^c ۱۱۱/۲	^a ۱۵/۴	^{ab} ۷/۳	^a ۴۴/۸	^a ۴۳/۵	^a ۹۳۵/۲	^a ۵۰/۴	^a ۵۲/۲		
محلول پاشی با SA*	^a ۱۰۵/۶	^{abc} ۱۴/۸	^{abc} ۷/۱	^b ۳۸/۵	^a ۴۲/۵	^a ۹۸۱/۰	^{ab} ۴۸۲/۴	^b ۴۷/۰		
خیساندن بذر + محلول پاشی	^{ab} ۱۱۰/۰	^{ab} ۱۵/۰	^a ۷/۴	^a ۴۲/۲	^a ۴۳/۱	^{ab} ۹۰۵/۸	^{ab} ۴۴۴/۸	^b ۴۷/۵		
محلول پاشی با سلنیوم	^b ۱۰۸/۳	^{bc} ۱۴/۷	^{bc} ۷/۰	^b ۳۶/۳	^{ab} ۴۱/۸	^b ۸۳۶/۷	^{bc} ۴۲۱/۰	^b ۴۹/۰		

* SA - سالیسیلیک اسید.

میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون LSD فاقد اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند ($P \leq 0/5$).

شده‌اند، خنثی شدن استرس پی‌ری به وسیله آنتی‌اکسیدان‌های تولید شده است [۱۴]. سطوح ارقام و تیمار شیمیایی طول ریشک را به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد. براساس جدول مقایسه میانگین‌ها، در بین ارقام، رقم افضل^c با طول ریشک ۱۳/۹ سانتی‌متر، کمترین میزان را نسبت به سه رقم دیگر داشت (جدول ۲). در بین سطوح مختلف سالیسیلیک اسید نیز تیمار خیساندن بذر و محلول پاشی به همراه خیساندن بذر نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار طول ریشک را نشان

سایر پژوهشگران نیز افزایش ارتفاع گیاهان در اثر کاربرد سالیسیلیک اسید را نشان داده‌اند. به‌عنوان مثال، کاربرد شاخساره‌ای سالیسیلیک اسید با غلظت‌های ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار موجب افزایش ارتفاع گیاه جو شد [۳]. تیمار بذرهای گندم با غلظت ۰/۰۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید به مدت ۳ ساعت منجر به افزایش سطوح تقسیم سلولی در ناحیه مریستم انتهایی ریشه نهال‌های گندم و سرانجام افزایش در رشد گیاه گردید [۲۸]. یکی از دلایل اصلی افزایش رشد در گیاهانی که با غلظت مناسب سلنیوم تیمار

برگ در یک گروه آماری قرار گرفتند و نسبت به شاهد افزایش معنی داری نشان دادند، این افزایش به ترتیب ۱۶ و ۹ درصد بود، درحالی که تیمار محلول پاشی با سلنیوم از نظر این صفت، تفاوت آماری معنی داری با شاهد نداشتند (جدول ۱). سالیسیلیک اسید در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی مختلف نظیر افزایش میزان فتوسنتز و محتوای کلروفیل، ایفای نقش می کند [۱۰].

اثر اصلی تنش کم آبی و رقم، تیمار شیمیایی و برهم کنش دو اثر تنش خشکی و رقم، وزن هزاردانه را به طور معنی داری تحت تأثیر قرار داد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین ها نشان داد که با اعمال تنش خشکی وزن هزاردانه حدود ۱۹ درصد نسبت به شرایط آبیاری کامل کاهش داشته است (جدول ۲). علت کاهش وزن هزاردانه در اثر تنش خشکی را می توان به محدود بودن انتقال مجدد عناصر غذایی در تیمارهای تحت تنش خشکی نسبت داد. وزن هزاردانه تحت تأثیر تیمارهای مختلف سالیسیلیک اسید قرار گرفت. در هر سه تیمار خیساندن بذر، محلول پاشی و محلول پاشی به همراه خیساندن بذر وزن هزاردانه نسبت به شاهد افزایش معنی داری را نشان داد، این افزایش به ترتیب ۷، ۵ و ۷ درصد بود، اما تیمار محلول پاشی با سلنیوم تفاوت آماری معنی داری با تیمار شاهد نشان نداد (جدول ۲). دلیل این بهبود رشد و اجزای عملکرد به تأثیر سالیسیلیک اسید در انتقال مواد فتوسنتزی به سمت مخزن ربط داده شده است [۱۱]. واکنش ارقام به وزن هزاردانه تحت شرایط غیرتنش و تنش متفاوت بود، به طوری که تحت شرایط غیرتنش، رقم یوسف، بیشترین وزن هزاردانه را نسبت به سه رقم دیگر به خود اختصاص داد و دو رقم نصرت، و افضل، نسبت به لاین ۱۲ UH، دارای بیشترین وزن هزاردانه بودند. در شرایط تنش تنها رقم یوسف، نسبت به سه رقم دیگر تفاوت معنی داری در وزن هزاردانه نشان داد و دارای بیشترین وزن هزاردانه بود،

دادند. این افزایش به ترتیب ۶ و ۴ درصد بود. تیمار محلول پاشی تفاوت آماری معنی داری با شاهد از نظر این صفت نشان نداد (جدول ۲). تحریک رشد در اثر تغییر در وضعیت هورمونی در گیاهان گندم تیمار شده با غلظت ۵۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید گزارش شده است که با نتایج حاصل از تحقیق حاضر مطابقت دارد [۳۰].

ارقام مختلف و تیمار شیمیایی به طور معنی داری طول سنبله را تحت تأثیر قرار دادند. براساس جدول مقایسه میانگین ها، رقم یوسف، و لاین ۱۲ UH به ترتیب کمترین و بیشترین طول سنبله را نسبت به ارقام دیگر نشان دادند. همچنین، نتایج حاصل از این پژوهش در مورد اثر تیمار شیمیایی بر این صفت به گونه ای بود که تیمار خیساندن بذر و محلول پاشی به همراه خیساندن بذر با سالیسیلیک اسید نسبت به شاهد به ترتیب افزایش ۷ و ۵ درصدی نشان دادند. تیمار محلول پاشی گیاهان با سالیسیلیک اسید و محلول پاشی با سلنیوم از نظر طول سنبله با تیمار شاهد در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۲).

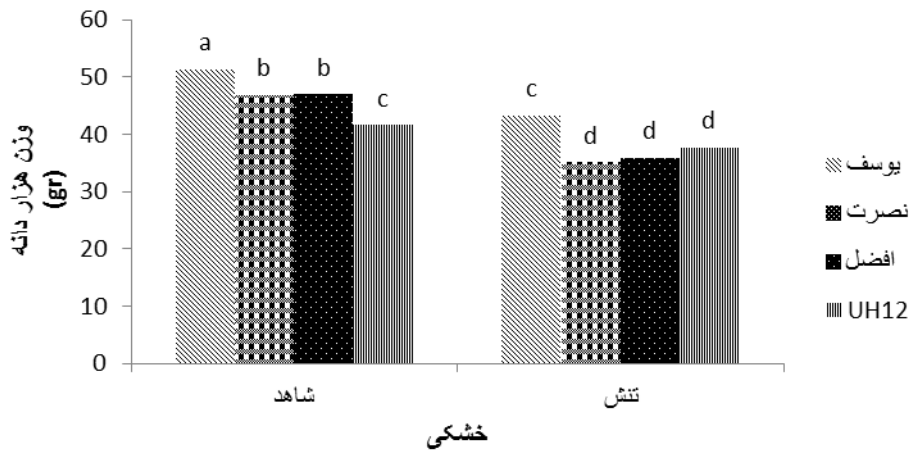
اثر تنش خشکی و تیمار شیمیایی بر شاخص کلروفیل معنی دار بود، به طوری که با اعمال خشکی، شاخص کلروفیل برگ ۱۰ درصد نسبت به شاهد کاهش داشت (جدول ۲). براساس پژوهش های صورت گرفته از دلایل مهمی که تنش کم آبی ظرفیت بیوشیمیایی گیاه را برای فتوسنتز کاهش می دهد، می توان به کاهش محتوای کلروفیل اشاره کرد. کلروفیل یکی از اجزای کلروپلاست است که برای فتوسنتز مهم است و محتوای نسبی کلروفیل، رابطه ای مثبت با نرخ فتوسنتز دارد. غلظت های پایین رنگدانه های فتوسنتزی به طور مستقیم می تواند پتانسیل فتوسنتز و بنابراین تولید اولیه را محدود کند [۷].

تیمار خیساندن بذر و تیمار محلول پاشی به همراه خیساندن بذر با سالیسیلیک اسید از نظر میزان کلروفیل

واکنش ارقام جو به تیمارهای شیمیایی سالیسیلیک اسید و سلنیوم تحت تنش خشکی در شرایط مزرعه

با شرایط بدون تنش نشان دادند. این کاهش در رقم یوسف ۱۶ درصد، رقم های نصرت و افضل ۲۴ درصد و لاین UH12 نیز ۱۰ درصد بود (شکل ۱).

در حالی که بر خلاف شرایط غیرتنش تفاوتی بین سه رقم دیگر نسبت به هم مشاهده نشد. همچنین، کلیه ارقام در شرایط تنش، کاهش معنی دار وزن هزاردانه را در مقایسه



شکل ۱. تأثیر اثر متقابل تنش خشکی و رقم بر وزن هزاردانه جو

میانگین‌های که در یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون LSD فاقد اختلاف آماری معنی دار می‌باشند ($P \leq 0/5$).

عملکرد بیولوژیک را در مقایسه با تیمار شاهد نشان دادند. این افزایش در تیمار خیساندن بذر ۱۳ درصد، محلول‌پاشی در مرحله گرده‌افشانی ۱۸ درصد و در مرحله خیساندن بذر به همراه محلول‌پاشی حدود ۹ درصد نسبت به شاهد بود (جدول ۱). غلظت 10^{-5} مولار سالیسیلیک اسید در گیاه خردل موجب افزایش وزن خشک و محصول گردید [۱۱]. گزارش‌های فراوان حاکی از اثر مثبت مصرف سالیسیلیک اسید در افزایش محصول در شرایط تنش‌ها و غیرتنش‌های محیط می‌باشد. به عنوان مثال، در بررسی اثر سالیسیلیک اسید بر صفات مورفولوژیکی در گیاه گندم اشاره شده که دانه‌های گندم تیمار شده با سالیسیلیک اسید، دارای تعداد برگ بیشتر و وزن تر و خشک بالاتری نسبت به گیاهان شاهد بودند [۱۳]. نتایج حاصل از این پژوهش‌ها با یافته‌های آزمایش حاضر مطابقت دارد.

تنش خشکی و سطوح مختلف ارقام و تیمار شیمیایی، عملکرد بیولوژیک را به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار دادند. عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش خشکی با کاهش ۱۱ درصدی نسبت به شرایط بدون تنش مواجه شد (جدول ۲). اثر خشکی در دوره رشد گیاه روی کاهش عملکرد جو قابل توجه بوده است [۲۵]. عملکرد بیولوژیک شامل وزن خشک تمامی اندام گیاهی است. دلیل کاهش آن را در شرایط تنش می‌توان پیری زودرس گیاه و ریزش برگ‌ها در اثر تنش خشکی دانست که در نتیجه وزن خشک گیاه کاهش می‌یابد. در بین ارقام، رقم یوسف بیشترین عملکرد بیولوژیک (۱۰۷۷/۶ گرم بر مترمربع) را به خود اختصاص داد و رقم افضل کمترین عملکرد بیولوژیک (۶۹۸/۰ گرم بر مترمربع) را نسبت به سایر ارقام نشان داد (جدول ۱). تیمارهای سالیسیلیک اسید افزایش معنی‌دار

جو نداشت، اما غلظت‌های بالاتر (۱ و ۱/۵ میلی مولار) توانستند عملکرد دانه و تا حدی افت ناشی از تنش شوری را جبران کنند [۳]. محلول پاشی گیاهان با سلنیوم از نظر عملکرد دانه با شاهد در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۲). کاربرد سلنیوم با غلظت ۳۰۰ گرم در هکتار بر روی گیاه خشخاش سبب کاهش دانه شد، اما افزایش رشد گیاه و حجم سلنیوم در دانه شده است [۲۹].

تنش کم‌آبی و تیمار شیمیایی و سطوح مختلف ارقام شاخص برداشت را تحت تأثیر قرار دادند. براساس نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین با اعمال تنش خشکی، شاخص برداشت ۱۲ درصد نسبت به شرایط بدون تنش کاهش داشت (جدول ۲). شاخص برداشت جو بر اثر تنش کم‌آبی کاهش نشان می‌دهد [۶]. بین ارقام مختلف، رقم افضل، نسبت به سه رقم دیگر تفاوت معنی‌داری در صفت شاخص برداشت نشان داد، به این صورت که کمترین میزان شاخص برداشت (۳۷/۶ درصد) به این رقم اختصاص یافت، رقم‌های یوسف و نصرت از نظر این صفت در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۲). پیش‌تیمار بذر سالیسیلیک اسید نسبت به شاهد افزایش هفت درصدی شاخص برداشت را نشان داد، درحالی‌که سایر تیمارهای شیمیایی تفاوت معنی‌داری را با تیمار شاهد نشان ندادند و در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۲).

میزان جذب سلنیوم در دانه جو

محلول پاشی سلنات سدیم در مرحله پر شدن ساقه موجب افزایش غلظت سلنیوم در دانه جو نسبت به شاهد گردید. در این آزمایش تیمار محلول پاشی سلنیوم با غلظت ۴۰ میلی‌گرم در لیتر سلنات سدیم موجب افزایش محتوی سلنیوم دانه در تمامی ارقام مورد آزمایش شد. درصد جذب سلنیوم در لاین UH۱۲ و رقم افضل، دو برابر

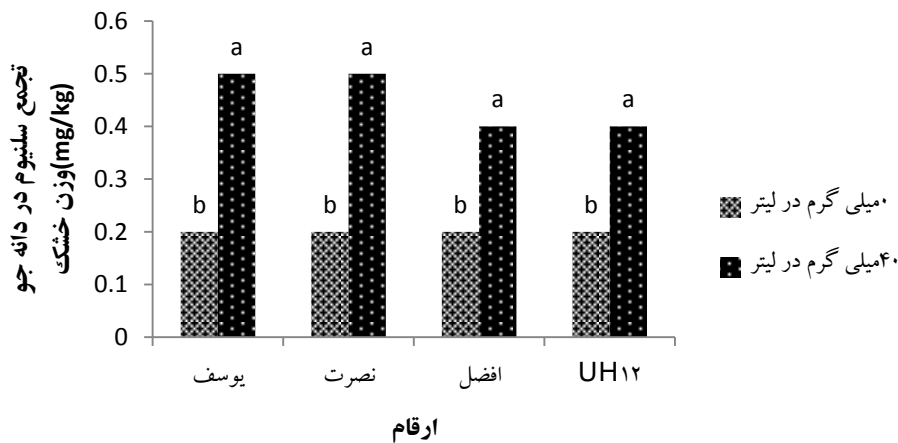
تنش خشکی و سطوح مختلف ارقام و تیمار شیمیایی به‌طور معنی‌داری عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار داد. به گونه‌ای که عملکرد دانه در شرایط تنش با کاهش ۲۰ درصدی نسبت به شرایط بدون تنش مواجه شد (جدول ۲). تنش خشکی عملکرد دانه جو را از طریق کاهش تعداد پنجه بارور، تعداد دانه در سنبله و وزن دانه کاهش داده است [۲۱ و ۲۵]. به نظر می‌رسد در شرایط تنش خشکی آخر فصل، کاهش عملکرد به دلیل کاهش دوره پر شدن دانه، کوچک شدن دانه‌ها و کاهش وزن دانه‌هاست. تمامی ارقام اختلاف آماری معنی‌داری از نظر این صفت نسبت به هم نشان دادند، به طوری که رقم یوسف، بیشترین عملکرد دانه (۶۱۲/۲ گرم بر مترمربع) را به خود اختصاص داد و رقم افضل، کمترین عملکرد دانه (۲۷۱/۱ گرم بر مترمربع) را نسبت به سایر ارقام نشان داد. عملکرد رقم‌های نصرت و لاین UH۱۲ به ترتیب ۵۳۴/۰ و ۳۹۶/۶ گرم بر مترمربع بود (جدول ۲).

تیمارهای سالیسیلیک اسید افزایش معنی‌دار عملکرد دانه را در مقایسه با شاهد نشان دادند. افزایش عملکرد دانه در تیمار خیساندن بذر ۲۰ درصد، محلول پاشی در مرحله گرده‌افشانی ۱۶ درصد و در مرحله خیساندن بذر به همراه محلول پاشی حدود شش درصد در مقایسه با شاهد بود. لازم به ذکر است که روش مصرف، غلظت سالیسیلیک اسید، گونه گیاهی و مرحله رشدی از عواملی هستند که در تأثیرگذاری سالیسیلیک اسید مؤثرند. سالیسیلیک اسید با غلظت ۰/۵ میلی مولار تأثیر یکسانی در هر دو شرایط تنش و غیرتنش داشته که با یافته‌های دیگر پژوهشگران مطابقت دارد. به عنوان مثال، در پژوهشی خیساندن بذر گندم در محلول ۰/۵ میلی مولار موجب افزایش عملکرد دانه گردید [۲۷]. کاربرد ۰/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید به صورت شاخساره‌ای تأثیری بر کاهش تنش شوری و عملکرد در

واکنش ارقام جو به تیمارهای شیمیایی سالیسیلیک اسید و سلنیوم تحت تنش خشکی در شرایط مزرعه

به عنوان مثال، در پژوهشی محلول پاشی جو با ۱۰ و ۲۰ میلی گرم در لیتر سلنات سدیم موجب افزایش محتوی سلنیوم دانه شده است [۲۰].

شاهد و در رقم های یوسف و نصرت، ۲/۵ برابر تیمار شاهد بود (شکل ۲). گزارش های فراوان حاکی از اثر مثبت محلول پاشی سلنیوم بر جذب این عنصر توسط گیاه است.



شکل ۲. تأثیر محلول پاشی گیاهان با سلنات سدیم بر میزان جذب سلنیوم دانه در ارقام جو. حروف متفاوت روی نمودار نشان دهنده تفاوت معنی دار می باشند.

محلول پاشی گیاهان با سالیسیلیک اسید موجب بهبود صفاتی نظیر وزن هزاردانه، عملکرد اقتصادی و عملکرد بیولوژیک در تمامی ارقام مورد آزمایش می گردد. همچنین، براساس یافته های پژوهش حاضر، 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 شود. بنابراین با این روش کمبود سلنیوم در رژیم غذایی رفع خواهد شد.

منابع

۱. احمدی ع، احسانزاده پ و جباری ف (۱۳۸۶) مقدمه ای بر فیزیولوژی گیاهی (ترجمه). انتشارات دانشگاه تهران. ۴۹۸ ص.

نتیجه گیری

باتوجه به نتایج پژوهش حاضر، تنش خشکی آخر فصل سبب کاهش کلروفیل برگ، وزن هزاردانه و همچنین سبب کاهش معنی دار عملکردهای اقتصادی و بیولوژیک و شاخص برداشت گردید. استفاده از سالیسیلیک اسید موجب بهبود صفات مورد بررسی در این آزمایش نسبت به شاهد گردید. در مجموع نتایج پژوهش حاضر نشان داد که کاربرد سالیسیلیک اسید موجب بهبود رشد گیاه در هر دو شرایط تنش و بدون تنش می شود. از نتایج این تحقیق می توان این گونه استنباط نمود که اثرات استفاده از سالیسیلیک اسید وابسته به روش مصرف، غلظت سالیسیلیک اسید، گونه گیاهی و مرحله رشد می باشد، به طوری که از مقایسه کلیه ترکیبات تیماری در این آزمایش استنتاج شد در شرایط غیرتنش خیساندن بذر با سالیسیلیک اسید و در شرایط تنش

12. Feng R, Wei C and Shuxin T (2012) The roles of selenium in protecting plant against abiotic stresses. *Environmental and Experimental Botany*. 98: 185-192.
13. Hayat S, Fariduddin Q, Ali B and Ahamd A (2005) Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedling. *Acta Agronomy Hungarica*. 53: 433-437.
14. Hartikainen H, Xue T and Piironen V (2000) Selenium as an anti-oxidant and pro-oxidant in ryegrass. *Plant and Soil*. 225: 193-200.
15. Janda K, Hideg E, Szalai G, Kovacs L and Janda T (2012) Salicylic acid may indirectly influence the photosynthetic electron transport. *Journal of Plant Physiology*. 169(10): 971-978.
16. Khan WP (2003) Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *Journal of Plant Physiology*. 160: 485-492.
17. Krasensky J and Jonak C (2012) Drought, salt, and temperature stress-induced metabolic rearrangements and regulatory networks. *Journal of Experimental Botany*. 63(4): 1593-1608.
18. Lyons GH, Lewis J, Lorimer MF, Holloway RE, Brace DM and Graham RD (2004) High-selenium wheat: agronomic biofortification strategies to improve human nutrition. *Food Agricultural and Environment*. 2: 171-178.
19. Macnicol PK, Jacobsen JV, Keys MM and Stuart IM (1993) Effects of heat and water stress on quality and grain parameters of Schooner barley grown in cabinets. *Cereal Science*. 18: 61-68.
20. MacLeod JA, Umesh C, Gupta P, Milburn J and Sanderson B (1998) Selenium concentration in plant material, drainage and surface water as influenced by Se applied to barley foliage in a barley – red clover – potato rotation. *Canadian Journal of Soil Science*. 78: 658-688.
۲. امام ی (۱۳۸۶) زراعت غلات، انتشارات دانشگاه شیراز. ۱۹۰ ص.
۳. پاکارن، پیرسته انوشه ه و امام ی (۱۳۹۳) اثر غلظت های سالیسیلیک اسید بر ویژگی های کمی و کیفی جو در شرایط تنش شوری. تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی. ۴(۱۴): ۲۰۲-۱۹۱.
۴. حیدری م (۱۳۸۶) واکنش های گیاهان به تنش های محیطی، انتشارات ارس رایانه، چاپ اول. ۹۶ ص.
۵. سیادت س ع، مدحج ع و اصفهانی م (۱۳۹۲) غلات، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۳۵۳ ص.
۶. کرمی ع، قنادها م ر، نقوی م ر و مردی م (۱۳۸۴) ارزیابی مقاومت به خشکی در جو. علوم کشاورزی ایران. ۳۶(۳): ۵۶۰-۵۴۷.
7. Anjum SA, Xie X-y, Wang L-c, Saleem MF, Man C and Lei W (2011) Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African Journal of Agricultural Research*. 6(9): 2026-2032.
8. Corina Vlot A, Dempsey DA and Klessig DF (2009) Salicylic acid, a multifaceted hormone to combat diseases. *Annual Review of Phytopathology*. 47: 177-206.
9. Curtin D, Hanson R, Lindley TN and Butler RC (2006) Selenium concentration in wheat (*Triticum aestivum*) grain as influenced by method, rate and timing of sodium selenate application. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 34: 329-339.
10. EL-Tayeb MA (2005) Response of barley grain to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation*. 45: 215-2.
11. Fariduddin Q, Hayat S and Ahmad A (2003) Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity and seed yield in *Brassica juncea*. *Photosynthetica*. 41: 281-284.

21. Mamnouie E, Fotouhi Ghazvini R, Esfahany M and Nakhoda B (2006) The effects of water deficit on crop yield and the physiological characteristics of barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties. Journal of Agricultural Science and Technology. 8: 211-219.
22. Mistry D, Hite D, Fiona B and Pipkin D (2012) Selenium in reproductive health. American Journal of Obstetrics and Gynecology. 206: 21-30.
23. Raskin I (1992) Role of salicylic acid in plants. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 43: 439-463.
24. Reid ME, Duffield-Lillico AJ, Slate E, Natarajan N, Turnbull B, Jacobs E, Combs Jr GF, Alberts DS, Clark LC and Marshall JR (2008) The nutritional prevention of cancer: 400 mcg per day selenium treatment. Nutrition and Cancer. 60: 155-163.
25. Samarah NH (2005) Effects of drought stress on growth and yield of Barley. Agronomy for Sustainable Development. 25: 145-149.
26. Saruhan N, Saglam A and Kadioglu A (2012) Salicylic acid pretreatment induces drought tolerance and delays leaf rolling by inducing antioxidant systems in maize genotypes. Acta Physiologiae Plantarum. 36: 97-106.
27. Senaranta T, Teuchell D, Bumm E and Dixon K (2000) Acetyl salicylic acid (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant, Growth Regulation. 30: 157-161.
28. Singh B and Usha K (2003) Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedling under water stress. Plant Growth Regulation. 39: 137-141.
29. Skarpa Petr (2011) Foliar Nutrition of Poppy Plants (*Papaver Somniferum* L.) With Selenium and The Effect On its Content in Seeds. Department of Agrochem. Soil Science Elemental. 16(1): 85-92.
30. Stevens J, Senaratna T and Sivasithamparam K (2006) Salicylic acid induces salinity tolerance in tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Roma): associated changes in gas exchange, water relations and membrane stabilisation. Plant Growth Regulation. 49: 77-83.
31. Tapiero H, Townsend DM and Tew KD (2003) The antioxidant role of selenium and seleno-compounds. Biomedicine and Pharmacotherapy. 57: 134-144.