ارزیابی اثر پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و پاکلوبوترازول بر شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیک گیاه جعفری (*Petroselinum sativum* Mill.) تحت تنش خشکی

زینب سعادتی[۱]، بهروز اسماعیل پور[۱*] و احمد جوادی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۶/۳۱)

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و پاکلوبوترازول بر گیاه دارویی جعفری در شرایط تنش خشکی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار در شرایط گلخانه و آزمایشگاه تحقیقاتی گروه باغبانی دانشگاه محقق اردبیلی اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل پنج سطح پرایمینگ (پیش‌تیمار بذر با غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک و ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول و شاهد (بدون پرایمینگ)) و سه سطح تنش خشکی (۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی) بود. نتایج نشان داد که پیش‌تیمار بذر، ارتفاع بوته، وزن خشک بوته و ریشه، محتوای پرولین، هدایت روزنه‌ای و محتوای پتاسیم جعفری را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد ($p\leq$۰/۰۵). پیش‌تیمار بذر با غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک به‌ترتیب باعث افزایش ۱۴ و ۸ درصدی وزن خشک بوته جعفری در مقایسه با شاهد شد. پیش‌تیمار بذر با غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول به‌ترتیب باعث کاهش ۱ و ۱۱ درصدی وزن خشک بوته جعفری نسبت به گیاهان شاهد شد. تمام صفات رویشی مورد بررسی تحت تأثیر تنش خشکی کاهش یافتند، اما محتوای پرولین و پروتئین محلول برگ افزایش نشان داد. حداکثر میزان پرولین برگ (۲/۴ میکروگرم بر گرم وزن تر) برای ۲۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی و کمترین میزان آن (۱/۰۶ میکروگرم بر گرم وزن تر) به شرایط ۱۰۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی تعلق گرفت. پیش‌تیمار بذر با سالیسیلیک اسید، با تأثیر مثبت بر خصوصیات رشدی و فیزیولوژیک، باعث افزایش مقاومت نسبت به تنش خشکی در مقایسه با پاکلوبوترازول شد.

کلمات کلیدی: پروتئین محلول، گیاه دارویی، محتوای پرولین، هدایت روزنه‌ای

مقدمه

جعفری (*Petroselinum sativum* Mill.) به عنوان یک سبزی و گیاه‌دارویی پُرمصرف از خانواده چتریان است (۳۹). برگ‌های جعفری غنی از انواع عناصر معدنی نظیر کلسیم، آهن، فسفر، سدیم و پتاسیم بوده و ویتامین‌های A و C به مقدار بیشتری از سایر سبزی‌ها در آن یافت می‌شود. همچنین، آنتی‌اکسیدان‌ها و روغن‌های فرار موجود در آن نقش مهمی در صنعت داروسازی و غذایی ایفا می‌کند (۳ و ۳۸).

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: behsmaiel@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

نوسانات رطوبت قابل دسترس، تأثیر زیادی بر غیریکنواختی ظهور گیاهچه و سایر فرایندهای رشد دارد (۲۳ و ۳۱). علاوه بر این، عدم سبز شدن یکنواخت بذر تحت تأثیر کاهش رطوبت در گیاهانی که به‌صورت مستقیم با استفاده از بذر کاشته می‌شوند نیز چشمگیرتر است. بدین ترتیب، استقرار خوب محصول در شرایط تنش از چالش‌های پیش رو در تولید بیشتر محصولات کشاورزی در جهان است (۱۸). حسنی و امیدبیگی (۲) اظهار داشتند که با کاهش مقدار آب خاک، شاخص‌هایی همچون ارتفاع بوته، تعداد و سطح برگ، وزن تر و خشک برگ، ساقه و ریشه و عملکرد اسانس کاهش و در مقابل، نسبت وزن خشک ریشه به اندام‌های هوایی و درصد اسانس ریحان افزایش یافت. میسرا و سریاکاستیوا (۳۷) مشاهده کردند که در گیاه نعنا فلفلی (*Mentha piperita*) بروز تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار سطح برگ، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی، مقدار کلروفیل و عملکرد اسانس شد. بر اساس گزارش چارلز و همکاران (۱۶)، کمبود آب در مرحله قبل از برداشت موجب کاهش میزان ترکیب آرتمیزین در گیاه درمنه خزری شد. گانپات و همکاران (۲۰) نیز دریافتند که افزایش تعداد دفعات آبیاری به‌ترتیب تا پنج و چهار نوبت موجب افزایش عملکرد بیولوژیک و بذر اسفرزه شد. تحقیقات تومار و همکاران (۴۶) روی واکنش گشنیز (*Coriandrum sativum*) نشان داد که به‌کار بردن سه نوبت آبیاری در مراحل شاخه‌دهی، گل‌دهی و پر شدن دانه، عملکرد دانه و بیولوژیک بیشتری در مقایسه با یک و دو نوبت آبیاری نشان داد.

استراتژی‌های مقاومتی شامل پیش‌تیمار (پرایمینگ) بذر اغلب برای بهبود استقرار گیاهان و افزایش قدرت گیاهچه‌ها تحت شرایط محیطی نامطلوب، به‌ویژه خشکی، استفاده می‌شود (۶ و ۱۴). پیش‌تیمار (پرایمینگ) یکی از ارزان‌ترین راه‌های بهبود استقرار گیاهچه در شرایط تنش محسوب می‌شود (۱۰ و ۲۶). اسید سالیسیلیک یکی از مولکول‌های سیگنال‌دهنده مهم است که در واکنش‌های دفاعی گیاه، از جمله نسبت به بروز تنش‌های غیرزنده همچون خشکی، سرما و گرما، مشارکت می‌کند (۳۰). پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک قبل از کاشت از طریق افزایش غلظت بعضی از هورمون‌های گیاهی شامل اکسین‌ها و سیتوکینین‌ها (۴۱) و کاهش نشت یونی از سلول‌های گیاهی موجب افزایش مقاومت به تنش خشکی می‌شود (۲۱). مکانیسم عمل اسید سالیسیلیک در برابر تنش‌ها به نقش آن در تولید برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و ترکیبات دارای گونه‌های اکسیژن فعال در گیاه بر می‌شود (۳۱). کلانتر احمدی و همکاران (۲۹) گزارش کردند که اسید سالیسیلیک می‌تواند از طریق تحریک فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، مقاومت گیاه را نسبت به تنش خشکی افزایش دهد.

پاکلوبوترازول یکی از مهم‌ترین ترکیب‌های گروه تریازول‌ها است که به‌منظور کاهش رشد رویشی در گیاهان استفاده می‌شود (۱۳ و ۲۲). پاکلوبوترازول باعث افزایش بسیاری از فاکتورهای تبادل گازی در گیاهان می‌شود. به‌عنوان مثال، کاربرد این ماده در سیب‌زمینی باعث افزایش فتوسنتز و هدایت بهتر کربوهیدرات‌ها به‌سمت غده‌ها شد (۴۵). همچنین، نتایج سانکار و همکاران (۴۰) نشان داد که کاربرد پاکلوبوترازول می‌تواند موجب تقویت مکانیزم‌های دفاعی و مقاومت به تنش خشکی می‌شود و با ممانعت از اکسیداسیون انت کائورون (Ent kaurun) به انت کائورونیک اسید (Ent kaurunic acid) از بیوسنتز جیبرلین ممانعت می‌کند و از تجزیه اسید آبسیزیک جلوگیری می‌کند (۵۰). پاکلوبوترازول با افزایش سنتز اسید آبسیزیک در گیاهان، قابلیت تحمل و مقاومت در برابر تنش‌های محیطی را افزایش می‌دهد (۵۰). هنگامی‌که گیاه در معرض تنش قرار می‌گیرد، انرژی‌ای را که باید برای رشد مصرف می‌کرد، در مسیر فرایندهای مقاومت به تنش استفاده می‌کند. از جمله مسیرهای مصرف کننده انرژی که باعث ایجاد مقاومت در گیاه می‌شود می‌توان به سنتز اسیدآبسیزیک و پرولین اشاره کرد، که از عوامل مهم تحمل به تنش خشکی هستند (۱ و ۴۷).

با در نظر گرفتن مسائل ذکر شده، هدف از انجام این تحقیق، ارائه‌ی راه‌حلی در جهت کاهش آسیب‌های ناشی از تنش خشکی بر جوانه‌زنی بذر و استقرار گیاهچه جعفری بود.

www.SID.ir

Archive of SID

در همین راستا، اثر پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و پاکلوبوترازول به‌عنوان تنظیم‌کنندهٔ رشد بر شاخص‌های رشد و فیزیولوژیک جعفری در سطوح مختلف تنش خشکی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

بذر جعفری (*Petroselinum sativum* Mill.) از شرکت تولید و تهیه بذر "پاکان بذر اصفهان" تهیه شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در شرایط گلخانه تحقیقاتی گروه باغبانی دانشگاه محقق اردبیلی اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل پنج سطح پرایمینگ بذر (غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک، غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول، بدون پرایمینگ (شاهد)) و سه سطح تنش خشکی شامل ۱۰۰ (شاهد یا نرمال)، ۵۰ (خشکی ملایم) و ۲۵ (خشکی شدید) درصد رطوبت ظرفیت زراعی بودند.

در ابتدا، بذرهای جعفری با محلول هیپوکلریت سدیم یک درصد به‌مدت پنج دقیقه ضدعفونی شده و پس از سه بار شستشو با آب مقطر، با غلظت‌های صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و پاکلوبوترازول به‌مدت ۲۴ ساعت (قبل از خروج ریشه‌چه) پیش‌تیمار (پرایمینگ) شدند. پرایمینگ بذر با قرارگیری بذرها بین دو لایه کاغذ حوله‌ای مرطوب اعمال شد و پس از اتمام آبگیری بذرها طی فرایند پرایمینگ بذر، خشک شدن بذرها در دمای آزمایشگاه (۳۰-۲۰ درجه سلسیوس) تا رسیدن به رطوبت اولیه ادامه یافت.

خاک مورد استفاده در این آزمایش از نوع لوم رسی، با اسیدیته ۸/۵ و هدایت الکتریکی ۴۴۸ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بود. تعداد ۲۵ عدد بذر پیش‌تیمار شده در هر گلدان پلاستیکی، با ارتفاع ۵۰ و قطر دهانه ۲۶ سانتی‌متر با نسبت دو قسمت خاک و یک قسمت ماسه (۲:۱) در عمق سه سانتی‌متر گشت شدند. قبل از اعمال تنش خشکی، وزن مخصوص ظاهری خاک به‌روش جاکوب و کلارک (۲۸) و رطوبت ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی با استفاده از روش کاوازا و همکاران (۱۵) به‌دست آمد. تعیین مقدار آب مورد نیاز برای هر تیمار تنش و توزین گلدان‌ها بر مبنای روش جاکوب و کلارک (۲۸) انجام شد.

در دوره رشد گیاه، هدایت روزنه‌ای ۱۰ درصد از بوته‌های موجود در هر گلدان با استفاده از دستگاه پرومتر مدل SC_1 ساخت کشور آمریکا اندازه‌گیری شد و میانگین آن‌ها ثبت شد. پس از برداشت بوته‌ها، ارتفاع بوته، وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه‌ها اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین سطح برگ گیاه، از دستگاه سطح برگ‌سنج مدل ΔT انگلستان استفاده شد.

به‌منظور اندازه‌گیری مقادیر عنصر پتاسیم در گیاهچه‌ها، نمونه‌های خشک شده در آون ۸۰ درجه سلسیوس پس از خرد شدن در بوته چینی، جهت تهیه خاکستر در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند. سپس، روی خاکستر هر نمونه ۰/۵ گرمی از گیاهچه‌ها، ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک (HCl) یک نرمال اضافه شد و تا زمان رسیدن به نقطه جوش حرارت داده شد و در ادامه، محلول حاصل با استفاده از کاغذ صافی، صاف و در بالن ریخته شد. در نهایت، حجم بالن محتوی محلول صاف شده با استفاده از آب مقطر دیونیزه به ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. بعد از واسنجی دستگاه فلیم فتومتر با محلول استاندارد، مقدار پتاسیم گیاهچه‌ها تعیین شد (۳۲).

اندازه‌گیری پرولین از جوان‌ترین برگ‌ها با استفاده از روش بیتس و همکاران (۹) انجام گرفت. به این صورت که مقدار ۰/۱ گرم بافت برگی در دو میلی‌لیتر سولفواسید سالیسیلیک ۳/۳ درصد سائیده شده و با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه در دمای چهار درجه سلسیوس به‌مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس، در لوله جداگانه دیگری، به یک میلی‌لیتر از عصاره حاصل، یک میلی‌لیتر معرف ناین‌هیدرین و یک میلی‌لیتر اسیداستیک گلاسیال خالص اضافه شده و لوله‌ها به‌مدت یک ساعت در بن‌ماری ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند. در ادامه، پس از خنک شدن نمونه‌ها، دو میلی‌لیتر تولوئن به هرکدام از لوله‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثر پیش‌تیمار بذر و سطوح تنش خشکی بر برخی صفات زراعی و فیزیولوژیک گیاه جعفری

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		ارتفاع گیاه	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه	سطح برگ	محتوای پرولین برگ	محتوای پروتئین برگ	هدایت روزنه‌ای برگ	محتوای پتاسیم برگ
پیش‌تیمار بذر (A)	۴	۲۶۴/۸۱**	۰/۲۸**	۰/۴۶**	۰/۸۴^{ns}	۰/۸۳*	۳۴/۳۵^{ns}	۶۱۲/۸۰**	۱/۱۶**
تنش خشکی (B)	۲	۲۵/۴۲*	۰/۲**	۱/۱۷**	۱/۶۱^{ns}	۱/۱۲*	۲۳۶/۴**	۱۲۰/۵۶*	۰/۰۰۱^{ns}
A×B	۸	۱۸/۴۷*	۰/۰۳^{ns}	۰/۲۷*	۱/۳۸*	۰/۴۳^{ns}	۵۰/۷۳^{ns}	۳۰۶/۰۹**	۰/۰۷^{ns}
خطا	۴۵	۸/۰۴	۰/۰۴	۰/۱۶	۰/۶۸	۰/۳۵	۴۶/۶۸	۲۹/۸۲	۰/۰۴
ضریب تغییرات (٪)		۸/۲۵	۱۴/۱۶	۲۷/۶۴	۲۲/۵۱	۲۶/۶۱	۱۷/۶۰	۱۴/۹۷	۱۴/۹۷

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ٪۱ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

اضافه و به‌مدت ۱۵ تا ۲۰ ثانیه ورتکس شدند. سپس، فاز رنگی بالایی، با دقت جدا و مقدار جذب در دستگاه اسپکتروفتومتری با طول موج ۵۲۰ nm قرائت شد.

استخراج پروتئین کل از جوان‌ترین برگ به روش برادفورد (۱۲) انجام شد. در این راستا، ابتدا ۰/۱ گرم نمونه تر برگی با یک میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۱ مولار درون هاون چینی سرد ساییده شده و پس از انتقال به میکروتیوب با سرعت ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۵ دقیقه در دمای چهار درجه سلسیوس سانتریفیوژ شد. از محلول شفاف رویی، ۱۰۰ میکرولیتر برداشته و به لوله‌های آزمایشی که قبلاً در هر کدام پنج میلی‌لیتر معرف برادفورد ریخته شده بود اضافه شد. پس از گذشت پنج دقیقه از شروع واکنش و تثبیت رنگ، قرائت در دمای آزمایشگاه و در طول موج ۵۹۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر صورت گرفت.

داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1 تجزیه شده و مقایسه میانگین تیمارها نیز با روش LSD انجام شد. نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

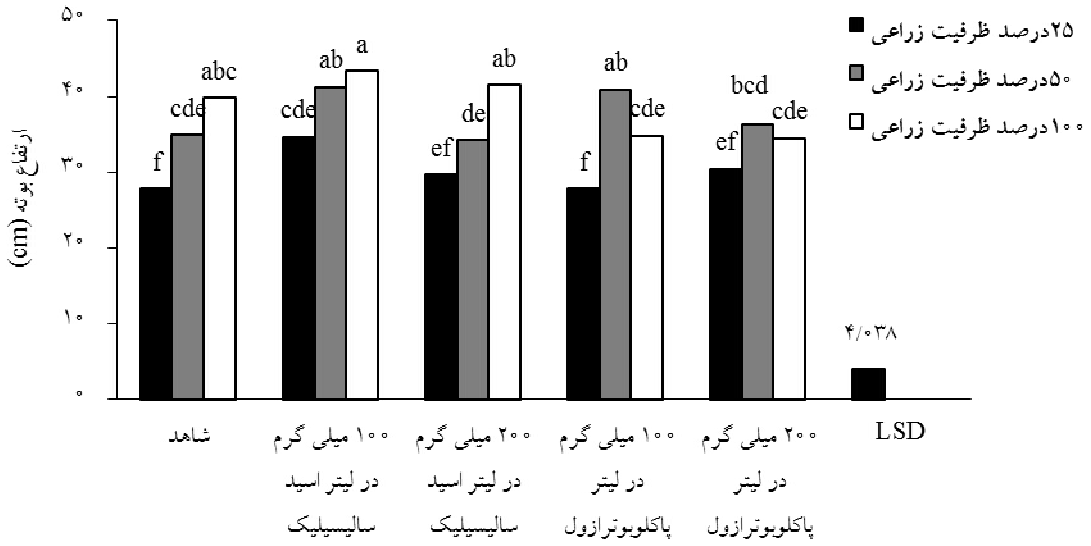
با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، ارتفاع بوته، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، هدایت روزنه‌ای و محتوای پرولین برگ‌های جعفری به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی و پیش‌تیمار بذر قرار گرفتند ($p\leq$۰/۰۵). محتوای پروتئین برگ‌ها تحت تأثیر تنش خشکی و پتاسیم برگ‌ها تحت تأثیر پرایمینگ بذر اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان دادند. اثر تعاملی تنش خشکی و پرایمینگ بذر نیز به‌لحاظ صفات ارتفاع بوته، سطح برگ و وزن خشک ریشه در سطح احتمال پنج درصد و هدایت روزنه‌ای برگ‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).

ارتفاع گیاه

با افزایش شدت تنش خشکی از ۱۰۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی (شاهد) به ۲۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی در شرایط عدم پیش‌تیمار بذر، ارتفاع بوته کاهش ۳۰ درصدی از خود نشان داد. میزان این صفت در شرایط پیش‌تیمار بذر با سطوح ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک به‌ترتیب برابر با ۲۵ و ۲۹ درصد افزایش یافت. به‌طوری که طویل‌ترین بوته جعفری در شرایط بدون تنش خشکی و غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک (۴۳/۴ سانتی‌متر) به‌دست آمد. پیش‌تیمار بذر با پاکلوبوترازول موجب بهبود اثر سوء ناشی از تنش خشکی در مورد ارتفاع بوته شد. به‌طوری که میزان کاهش ارتفاع بوته در سطح سوم تنش خشکی (۲۵ درصد ظرفیت

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. میانگین ارتفاع بوته گیاه جعفری تحت تأثیر پرایمینگ بذر و تنش خشکی

زراعی) در گیاهچه‌های حاصل از بذرهای پیش‌تیمار شده با غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول به‌ترتیب برابر با ۲۰ و ۱۲ درصد بود (شکل ۱).

گیاهانی که تحت تنش خشکی کاهش بیشتری در ارتفاع نشان می‌دهند به‌میزان بیشتری از تنش خشکی آسیب می‌بینند (۴۴). کاهش ارتفاع در اثر اعمال تنش خشکی با نتایج خلید (۳۰) مطابقت دارد. وی بر این عقیده بود که کاهش رشد یک مکانیسم سازگاری برای زنده ماندن گیاه در شرایط بروز تنش است. زیرا گیاه، مواد غذایی و انرژی را به‌جای استفاده برای رشد اندام‌های هوایی، به‌سمت مولکول‌های نگهداری‌کننده در برابر تنش هدایت می‌کند. اختلاف ارتفاع در اغلب گیاهان ناشی از خصوصیات ژنتیکی و تغییر شرایط محیطی است و تقسیم و اندازه سلول نسبت به بروز تنش خشکی بسیار حساس است. به‌نظر می‌رسد که در شرایط بروز تنش خشکی، افزایش اندازه سلول تحت تأثیر قرار گرفته و با ممانعت از رشد طولی ساقه، سبب کاهش ارتفاع شد. علاوه بر این، بررسی‌ها نشان داده است که کاهش عرضه آب در جریان فتوسنتز، منجر به اختلال در پیشرفت واکنش‌های شیمیایی این فرایند می‌شود. کاهش محتوای آب سلولی، با افزایش غلظت شیره سلولی، فعالیت‌های آنزیمی و اندامک‌های درون سلول را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۴۲). به‌طور کلی، با افزایش تنش آب و کاهش فشار تورژسانس سلول‌های محافظ روزنه، هدایت روزنه‌ها کاهش یافته و به‌تبع آن سرعت رشد، فتوسنتز، خصوصیات مورفولوژیک و در نهایت ارتفاع کاهش می‌یابد (۱۱).

در برخی گونه‌های گیاهی، پیش‌تیمار بذر با مواد رشدی، اثر مضر تنش روی رشد و عملکرد نهایی گیاه را تخفیف داده است (۶). برای مثال، گیاهان گندم حاصل از پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک، مقاومت بیشتری به‌بروز تنش خشکی نشان داده و ارتفاع بوته بلندتری نسبت به گیاهان شاهد داشتند (۲۵). در این پژوهش نیز مشاهده شد که بذرهای تیمار شده با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک، ارتفاع بوته بیشتری نسبت به سایر تیمارها داشتند. به‌نظر می‌رسد که اسید سالیسیلیک توانسته است تا حدودی از اثرهای مخرب تنش خشکی بر گیاه جعفری بکاهد. اثر کندکنندگی رشد تحت تأثیر پیش‌تیمار با پاکلوبوترازول در شرایط بدون تنش و اثر تقویت‌کنندگی این هورمون در شرایط تنش برای گیاه جعفری مربوط به خصوصیات این ماده است. آنتوگنوز و همکاران (۵) گزارش کردند که تیمار نهال‌های زیتون با پاکلوبوترازول،

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. مقایسه میانگین اثرهای اصلی پرایمینگ بذر و تنش خشکی بر وزن خشک اندام هوایی گیاه جعفری

تیمار		وزن خشک اندام هوایی (گرم)
پرایمینگ بذر	شاهد (بدون پرایمینگ)	۱/۴۴^{ab}
	غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک	۱/۶۴^{a}
	غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک	۱/۵۶^{a}
	غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول	۱/۴۳^{ab}
	غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول	۱/۲۸^{b}
	LSD ۰/۰۵	۰/۱۶۵
تنش خشکی	رطوبت ۲۵درصد ظرفیت زراعی	۱/۳۴^{b}
	رطوبت ۵۰ درصد ظرفیت زراعی	۱/۴۴^{b}
	رطوبت ۱۰۰درصد ظرفیت زراعی	۱/۶۸^{a}
	LSD ۰/۰۵	۰/۱۶۵

کاهش ارتفاع، طول شاخه، طول میان‌گره و سطح برگ را به‌دنبال داشت.

وزن خشک اندام‌های هوایی

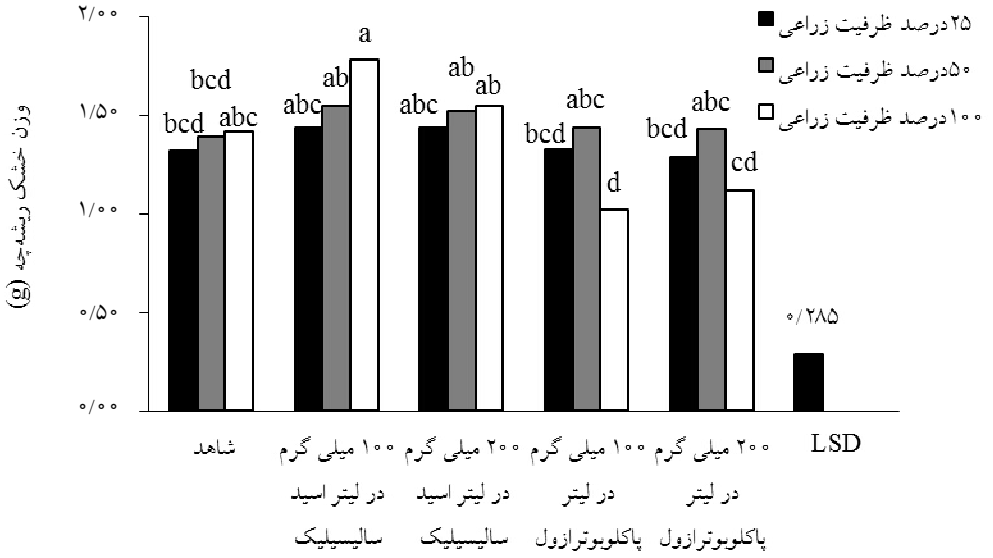
پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بیشترین میزان وزن خشک اندام‌های هوایی جعفری را نشان داد که با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدسالیسیلیک در یک گروه آماری بود. درحالی‌که کمترین میزان این صفت (۱/۲۸ گرم) به کاربرد ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول تعلق داشت (جدول ۲).

با کاهش درصد رطوبت خاک، وزن خشک اندام هوایی به‌طور چشمگیری کاهش یافت. به‌طوری که در رطوبت ۲۵ درصد ظرفیت زراعی، وزن خشک اندام هوایی نسبت به رطوبت ۱۰۰ درصد حدود ۲۰ درصد کاهش نشان داد. کمترین وزن خشک اندام هوایی (۱/۳۴ گرم) در تیمار تنش ۲۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی حاصل شد که با تیمار ۵۰ درصد رطوبت مزرعه از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشت و در یک گروه قرار گرفتند. پیش‌تیمار بذر با غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول به ترتیب باعث کاهش ۱ و ۱۱ درصدی وزن خشک بوته جعفری نسبت به گیاهان شاهد شد (جدول ۲).

بررسی‌ها نشان داده که با افزایش شدت تنش خشکی، از رشد رویشی کاسته می‌شود. در این شرایط، راهکار گیاهان این است که با حداقل رشد رویشی وارد فاز زایشی شوند و سریع‌تر دوره رشد خود را به اتمام برسانند. بنابراین، در این پژوهش، با کاهش رطوبت خاک، وزن اندام‌های هوایی روند نزولی داشت. از سوی دیگر، پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک، به‌طور مؤثری موجب افزایش معنی‌دار جوانه‌زنی، رشد و عملکرد محصول در گونه‌های مختلف گیاهی می‌شود (۳۴). فریدالدین و همکاران (۱۷) گزارش کردند که تیمار بذر کلزا (*Brassica juncea*) با غلظت‌های کم اسید سالیسیلیک موجب افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی شد. افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی در شرایط پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک را می‌توان به بهبود فتوسنتز در اثر کاربرد این ماده در شرایط بروز تنش نسبت داد (۲۵). سینگ و آشا (۴۳) اظهار داشتند که پیش‌تیمار بذر با این ماده از طریق افزایش محتوای کلروفیل و فعالیت آنزیم روبیسکو، میزان فتوسنتز کل را افزایش داد. کاهش وزن خشک اندام هوایی تحت تأثیر پیش‌تیمار با پاکلوبوترازول را می‌توان به خاصیت کندکنندگی رشد تحت تأثیر پیش‌تیمار با این ماده، به‌ویژه در غلظت‌های زیاد، نسبت داد (۸). یکی از تغییرات مورفولوژیک مرتبط با تیمار تریازول‌ها در گیاهان

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲. میانگین وزن خشک ریشه گیاه جعفری تحت تأثیر پرایمینگ بذر و تنش خشکی

مختلف، جلوگیری از رشد گیاه است که به خاصیت ضدجیبرلینی پاکلوبوترازول مرتبط است. در این پژوهش، پیش‌تیمار بذر با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول کمترین مقدار زیست‌توده را داشت که با یافته‌های فلچر و همکاران (۱۹) در مورد تریازول‌ها مطابقت داشت.

وزن خشک ریشه

مقایسه میانگین وزن خشک ریشه نشان داد که بیشترین وزن خشک ریشه (۱/۷۸ گرم در بوته) در شرایط بدون تنش و پیش‌تیمار بذر با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک حاصل شد. وزن خشک ریشه جعفری با کاهش رطوبت خاک از ۱۰۰ به ۲۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی در شرایط بدون پیش‌تیمار بذر، هفت درصد کاهش یافت. از طرفی، بیشترین وزن خشک ریشه (۱/۴۴ گرم در بوته) در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول با آبیاری ۵۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی حاصل شد و کمترین مقدار این صفت (۱/۰۲ گرم در بوته) را رطوبت ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول به خود اختصاص داد. پیش‌تیمار بذر با غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول و افزایش تنش خشکی از ۲۵ تا ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی موجب کاهش ۳۰ و ۱۵ درصدی وزن خشک ریشه شد (شکل ۲).

گیاه در شرایط بدون تنش خشکی از وضعیت آماس سلولی مناسبی برخوردار است که در این شرایط، پتانسیل فشاری لازم برای توسعه سلول و تقسیم آن فراهم است. لذا در این شرایط باعث افزایش فعالیت متابولیسمی و رشد و سرعت توسعه ریشه می‌شود. به‌طوری که با رشد ریشه، جذب یون‌های غذایی بیشتر می‌شود و با تولید اندام‌های هوایی زیادتر، انرژی موجود از طریق فتوسنتز نیز افزایش می‌یابد. ولی در شرایط تنش خشکی، محدودیت‌های تغذیه‌ای ایجاد شده از طریق کاهش جذب فسفر، پتاسیم، نیترات و کلسیم، موجب کاهش رشد و سرعت توسعه ریشه شده که به‌تبع آن تولید اندام‌های هوایی و زیرزمینی و انرژی موجود از طریق افت فتوسنتز کاهش می‌یابد (۲۴ و ۳۳). البته در شرایط تنش و وضعیت نامناسب آماس سلولی، اختصاص مواد غذایی به ریشه نسبت به ساقه افزایش یافته که گیاه قادر نخواهد بود کربوهیدرات‌های مورد نیاز برای ادامه رشد را فراهم نماید. افزایش رشد و بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای در شرایط پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک باعث

www.SID.ir

Archive of SID

جذب بیشتر آب و مواد غذایی نسبت به شاهد شد که در نهایت، منجر به افزایش رشد گیاه شد (۴۳). افزایش وزن خشک بوته، ریشه و زیست‌توده را می‌توان به بهبود فتوسنتز در اثر کاربرد اسید سالیسیلیک تحت شرایط تنش خشکی نسبت داد (۲۵).

همسو با نتایج این پژوهش، فلچر و همکاران (۱۹) نیز گزارش کردند که در شرایط کمبود آب، بستر حاوی پاکلوبوترازول افزایش وزن خشک ریشه را موجب شد. گپی و همکاران (۲۲) اعلام کردند که استفاده از پاکلوبوترازل سبب افزایش مقاومت گیاهان در شرایط تنش آبی شد و گیاهان تیمار شده از رشد بهتری در مقایسه با شاهد برخوردار بودند. البته، محققان تأثیرگذاری پیش‌تیمار بذر با این ماده را به غلظت مورد استفاده و همچنین خصوصیات گیاهان نسبت می‌دهند.

سطح برگ

سطح برگ گیاه جعفری به‌طور قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر تنش خشکی و پرایمینگ بذر قرار گرفت. به‌طوری که بیشترین سطح برگ (۴/۷۹ سانتی‌متر مربع) در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک و رطوبت ۱۰۰ درصدی ظرفیت زراعی و کمترین سطح برگ (۳/۹۳ سانتی‌متر مربع) در تیمار شاهد (بدون پیش‌تیمار) و تنش خشکی شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) مشاهده شد. از سوی دیگر، پیش‌تیمار بذرها با پاکلوبوترازول در سطوح بالای تنش خشکی، توانایی بهبود اثرهای سوء ناشی از تنش خشکی به‌لحاظ سطح برگ گیاه را نداشت. به‌طوری که کمترین سطح برگ در گیاهان حاصل از بذرهای پیش‌تیمار شده با ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول و آبیاری ۲۵ درصد ظرفیت زراعی بود (شکل ۳).

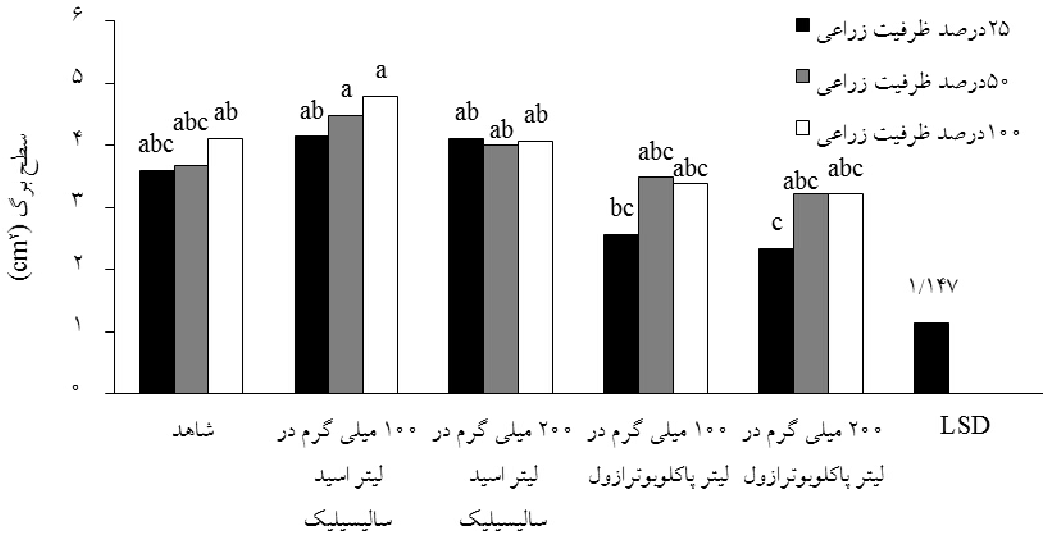
به‌طور کلی، در شرایط تنش خشکی و بدون تنش خشکی، تیمارهای با غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک سطح برگ بیشتری نسبت به پیش‌تیمار بذر با پاکلوبوترازول داشتند. پیش‌تیمار بذر با پاکلوبوترازول در شرایط تنش ۵۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی از کاهش سطح برگ ناشی از تنش خشکی جلوگیری کرده و با سطح رطوبتی ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی در یک گروه آماری قرار گرفت . پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک از طریق حفظ و افزایش توسعه سیستم ریشه‌ای در برابر تنش خشکی، میزان رشد را افزایش داده و از طریق جذب بیشتر آب و مواد غذایی در نهایت منجر به افزایش رشد گیاه می‌شود. این افزایش رشد همراه با حفظ سطح برگ کل خواهد بود (۲۵). به‌نظر می‌رسد که نقش اسید سالیسیلیک در افزایش فتوسنتز می‌تواند دلیلی بر افزایش سطح برگ باشد (۲۵). بدین ترتیب، از آنجا که پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک می‌تواند کاهش شاخص‌های کمی و کیفی جعفری را در شرایط تنش تعدیل کند، می‌توان مصرف این ماده را به‌عنوان پیش‌تیمار برای بهبود مقاومت به تنش‌های محیطی، به‌ویژه خشکی، برای توسعه کاشت این گونه ارزشمند در شرایط آب و هوایی خشک کشور مدنظر قرار داد. بازدارندگی بیوسنتز جیبرلین توسط تریازول‌ها، کاهش طول میان‌گره و سطح برگ را موجب می‌شود (۱۹). تأثیر منفی پیش‌تیمار بذر با پاکلوبوترازول در مورد کاهش رشد جو (*Hordeum vulgare* L.) را به تأثیر این ماده در کاهش بیوسنتز جیبرلین و افزایش اسید آبسیزیک نسبت داده‌اند (۴۸).

میزان پرولین برگ

پرولین برگ‌های جعفری به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر پرایمینگ بذر قرار گرفت. به‌طوری که پیش‌تیمار بذرهای جعفری با غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک، به‌ترتیب باعث افزایش هشت درصدی و کاهش ۱۵ درصدی محتوای پرولین برگ شد (جدول ۳). در این راستا، حسین و همکاران (۲۷) با کاربرد اسید سالیسیلیک در شرایط تنش خشکی در گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) دریافتند که با کاربرد این ماده، میزان پرولین افزایش یافت. همچنین، باندروسکا و استوینسکا (۷) بیان کردند که تیمار با اسید سالیسیلیک محتوای پرولین را در برگ‌های *H. spontaneum* افزایش داد. پیش‌تیمار بذرها با غلظت‌های مختلف پاکلوبوترازول موجب افزایش میزان پرولین برگ‌های

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳. میانگین سطح برگ گیاه جعفری تحت تأثیر پرایمینگ بذر و تنش خشکی

جدول ۳. مقایسه میانگین اثرهای اصلی پرایمینگ بذر و تنش خشکی بر میزان پرولین برگ گیاه جعفری

تیمار		میزان پرولین برگ (µg/g fw)
پرایمینگ بذر	شاهد (بدون پرایمینگ)	۲/۰۷^{b}
	غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک	۲/۲۲^{a}
	غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک	۱/۷۵^{b}
	غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول	۲/۱۶^{a}
	غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول	۲/۱۲^{a}
	LSD ۰/۰۵	۰/۱۵۴
تنش خشکی	رطوبت ۲۵ درصد ظرفیت زراعی	۲/۴^{a}
	رطوبت ۵۰ درصد ظرفیت زراعی	۱/۵۹^{b}
	رطوبت ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی	۱/۰۶^{c}
	LSD ۰/۰۵	۰/۱۵۴

جعفری در مقایسه با شاهد شد. به‌صورتی که هر دو غلظت پاکلوبوترازول از لحاظ آماری در یک سطح قرار گرفتند و موجب افزایش یکسانی در سنتز اسید آمینه پرولین شدند. نتایج حاصل از این پژوهش با یافته‌های عبدالجلیل و همکاران (۴) مطابقت داشت.

میانگین محتوای پرولین برگ‌های جعفری نشان داد که با کاهش رطوبت خاک، میزان پرولین روند افزایشی از خود نشان داد. به‌طوری که با کاهش رطوبت خاک از ۱۰۰ به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، میزان پرولین برگ ۵۶ درصد افزایش یافت. لذا، حداکثر میزان پرولین در رطوبت ۲۵ درصد ظرفیت زراعی و کمترین میزان آن در گیاهان رشد یافته در شرایط ۱۰۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی به‌دست آمد (جدول ۳). افزایش میزان پرولین در اثر تنش خشکی در ریحان (۳۰)، پروانش (*Vinca rosea* L.) (۴)، گوجه‌فرنگی (۱۰) و جعفری (۳)

www.SID.ir

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر اصلی تنش خشکی بر میزان پروتئین محلول برگ گیاه جعفری

تیمار		میزان پروتئین محلول برگ (µg/g fw)
تنش خشکی	رطوبت ۲۵ درصد ظرفیت زراعی	۳۱/۸۲[a]
	رطوبت ۵۰ درصد ظرفیت زراعی	۳۳/۸۱[b]
	رطوبت ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی	۲۱/۴۲[c]
	LSD ۰/۰۵	۵/۶۱۸

گزارش شده است. پرولین، اسید آمینه‌ای است که در شرایط تنش تجمع یافته و علاوه بر تنظیم اسمزی، با محافظت از ساختارهای سلولی و آنزیم‌ها، موجب افزایش تحمل به تنش خشکی می‌شود (۳۶). افزایش میزان پرولین در شرایط خشکی، مکانیسم دفاعی است که به گیاه کمک می‌کند تا پتانسیل اسمزی سلول برای جذب آب کاهش دهد. از طرف دیگر، تجمع اسمولیت‌هایی مثل پرولین به نگهداری آب بافت کمک کرده و پروتئین‌ها و غشاهای سلولی را از تنش‌های اسموتیک و اکسیداتیوی محافظت می‌کند (۱۸).

میزان پروتئین محلول برگ

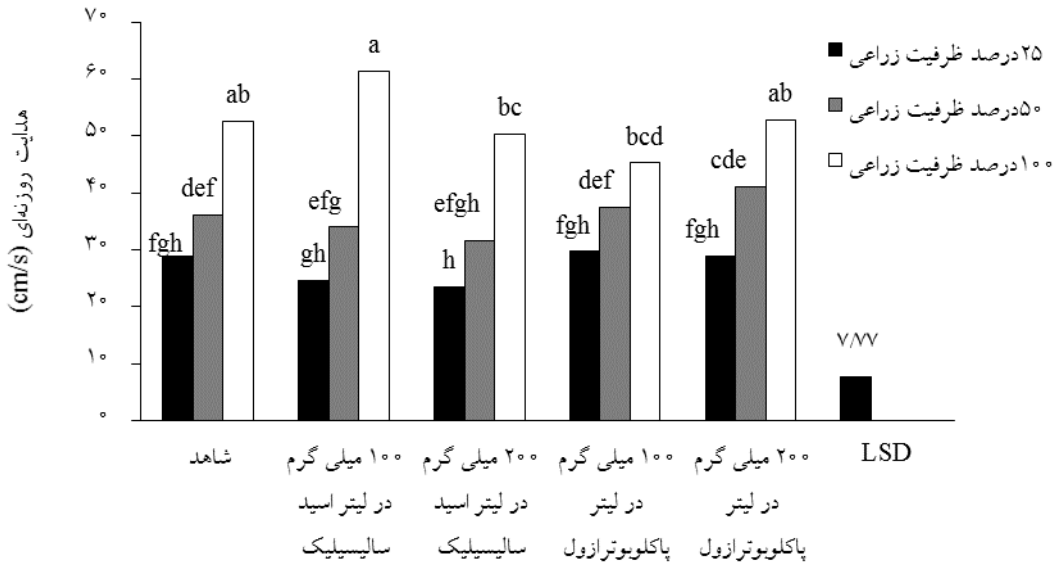
میانگین میزان پروتئین محلول برگ جعفری نشان داد که با کاهش رطوبت خاک، محتوای پروتئینی برگ‌ها روند صعودی داشتند. به‌طوری که با کاهش رطوبت خاک از ۱۰۰ به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، محتوای پروتئین محلول برگ ۳۷ درصد افزایش یافت (جدول ۴). از آنجا که جذب مواد غذایی، متابولیسم و سنتز پروتئین به‌میزان زیادی تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد (۴۷)، لذا با افزایش شدت بروز تنش، محتوای پروتئین افزایش می‌یابد. بروز تنش باعث افزایش سنتز پروتئین کل در اندام‌های گوناگون پیاز شد (۱). به‌طور کلی، افزایش برخی از پروتئین‌ها که موجب افزایش تحمل به تنش می‌شوند ممکن است علت افزایش پروتئین باشند (۱۴).

هدایت روزنه‌ای برگ

میانگین هدایت روزنه‌ای برگ‌های جعفری نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی، این صفت روند نزولی داشت. به‌طوری که شاهد با ۶۱/۱۱ سانتی‌متر بر ثانیه بیشترین و تیمار ۲۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی با ۳۱/۸۱ سانتی‌متر بر ثانیه کمترین میزان هدایت روزنه‌ای را داشت. از طرفی، در رطوبت ۱۰۰ درصدی ظرفیت زراعی، تیمار بذر با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک، هدایت روزنه‌ای برگ‌ها را افزایش داد. اما در شرایط تنش رطوبتی، اثر بهبود دهنده اسید سالیسیلیک بر هدایت روزنه‌ای برگ‌ها مشهود نبود و حتی در رطوبت‌های ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی، با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک، روند کاهشی در هدایت روزنه‌ای برگ جعفری مشاهده شد (شکل ۴). از سوی دیگر، با افزایش غلظت پاکلوبوترازول، هدایت روزنه‌ای برگ‌ها در سطوح ۵۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی افزایش یافت؛ که البته این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار نبوده و پرایمینگ بذر با پاکلوبوترازول با تیمار شاهد در یک گروه آماری قرار گرفت (شکل ۴). هنگامی که گیاه در معرض تنش رطوبتی قرار می‌گیرد، به‌دلیل کاهش محتوای رطوبتی بافت‌های گیاهی و جلوگیری از هدررفت و تلفات رطوبتی، روزنه‌ها بسته می‌شوند. البته اگر تعداد روزنه‌های هوایی در سطح برگ کم باشد، گیاه با سرعت کمتری نسبت به کمبود رطوبت واکنش نشان داده و بسته می‌شوند که در نتیجه اثر کمبود آب به تعویق می‌افتد (۲۳ و ۴۱). یانگ و همکاران (۴۹) گزارش کردند که بروز تنش خشکی سبب ایجاد محدودیت روزنه‌ای شد که با افزایش شدت تنش، افزایش محدودیت روزنه‌ای در نتیجه منجر به بسته شدن روزنه‌ها و کاهش فتوسنتز شد. عبدالجلیل و همکاران (۴) و مادهاوا روا و

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴. میانگین هدایت روزنه‌ای برگ گیاه جعفری تحت تأثیر پرایمینگ بذر و تنش خشکی

همکاران (۳۵) به این نتیجه رسیدند که کاهش هدایت روزنه‌ای ناشی از اعمال تنش خشکی به‌دلیل تغییر در تبادل گاز به‌طور مستقیم بر سرعت فتوسنتز و فرایندهای بیوشیمیایی گیاهان تأثیر می‌گذارد. یکی از عوامل مهم در شرایط کمبود فشار بخار آب، کاهش سرعت فتوسنتز و آسیمیلاسیون، بسته شدن روزنه‌ها است که نتیجه آن کاهش هدایت روزنه‌ای و در نهایت، کاهش میزان فتوسنتز و غلظت دی‌اکسید کربن در فضای بین سلولی برگ است که به نوبه خود سبب جلوگیری از متابولیسم می‌شود (۳۳ و ۳۶). افزایش هدایت روزنه‌ای در اثر کاربرد پاکلوبوترازول به‌صورت پیش‌تیمار بذر، با نتایج آزمایش‌های عبدالجلیل و همکاران (۴) مطابقت دارد. این محققان اظهار داشتند که کاربرد پاکلوبوترازول از طریق افزایش اندازه و تعداد روزنه‌های برگ، باعث افزایش هدایت روزنه‌ای شد.

میزان پتاسیم برگ

میانگین داده‌ها نشان داد که پرایمینگ بذرهای جعفری به‌طور قابل توجهی میزان پتاسیم برگ‌های گیاهچه‌های حاصل را تحت تأثیر قرار داد. به‌طوری که بیشترین میزان پتاسیم برگ در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک و غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول مشاهده شد. در این بین، غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک که بیشترین میزان پتاسیم برگ را به‌خود اختصاص داد، پتاسیم برگ‌های جعفری را حدود هشت درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۵). کاربرد اسید سالیسیلیک از طریق حفظ سلامت سیستم ریشه‌ای در برابر تنش کم آبی، میزان رشد آن را افزایش داده و باعث جذب بیشتر آب و مواد غذایی از جمله پتاسیم شده که در نهایت منجر به افزایش رشد گیاه می‌شود (۲۷).

نتیجه‌گیری

تنش خشکی به‌عنوان یک عامل ایجادکننده اختلال در فیزیولوژی گیاه بر روی پارامترهای رشدی گیاه نیز تأثیر می‌گذارد. از جمله راهکارهای تحمل به تنش در گیاهان تنظیم اسمزی است که از طریق افزایش میزان انباشت کربوهیدرات‌های محلول، اسیدهای آمینه از جمله پرولین در شرایط بروز تنش در تعدادی از گیاهان گزارش شده است. نتایج این مطالعه نشان داد که پیش‌تیمار بذر جعفری با سالیسیک اسید از طریق بهبود بیشتر خصوصیات رشدی و فیزیولوژیکی باعث افزایش بیشتر مقاومت نسبت به تنش

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر اصلی پرایمینگ بذر بر محتوی پتاسیم برگ گیاه جعفری

تیمار		میزان پتاسیم برگ (درصد)
پرایمینگ بذر	شاهد (بدون پرایمینگ)	۴/۳۵^{c}
	غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک	۴/۷^{a}
	غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک	۴/۵۱^{bc}
	غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول	۴/۴۳^{abc}
	غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول	۴/۶۱^{ab}
	LSD ۰/۰۵	۰/۱۶۵

خشکی در مقایسه با پیش‌تیمار با پاکلوبوترازول شد. بنابراین، پیش‌تیمار بذر جعفری با اسید سالیسیلیک می‌تواند به‌منظور بهبود رشد این گیاه در شرایط تنش خشکی مؤثر مد نظر قرار گیرد و از اثرات سوء ناشی از این تنش بکاهد.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند از معاونت پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی که هزینه‌های اجرای این آزمایش را تأمین کرده‌اند، کمال تشکر و قدردانی را کنند.

منابع مورد استفاده

۱. آروین، م. ج. و ن. کاظمی‌پور. ۱۳۸۰. آثار تنش‌های شوری و خشکی بر رشد و ترکیب شیمیایی و بیوشیمیایی چهار رقم پیاز خوراکی. مجله علوم آب و خاک ۵(۴): ۴۱-۵۲.

۲. حسنی، ع. و ر. امیدبیگی. ۱۳۸۱. اثرات تنش آبی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاه ریحان. مجله دانش کشاورزی ۱۲(۳): ۴۷-۵۹.

۳. میرفتاح، س. م.، و. ربیعی، ف. دشتی، م. ر. مصدقی و م. دارابی. ۱۳۸۸. اثر تنش خشکی روی عملکرد و برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی در دو توده گیاه جعفری. مجله علوم و فنون باغبانی ایران ۴: ۳۳۷-۳۴۴.

4. Abdul Jaleel, C., P. Manivannan, B. Sankar, A. Kishorekumar, S. Sankari and R. Panneerselvam. 2007. Paclobutrazol enhances photosynthesis and ajmalicine production in *Catharanthus roseus*. Process Biochem. 42: 1566-1570.
5. Antognozze, E., G. Frenguelli and F. Ferranti. 1990. Histological and anatomical modifications in roots, stems and leaves of olive (*Olea europaea* L.) treated with paclobutrazol. J. Hort. Sci. 60: 553.
6. Ashraf, M. and M.R. Fooled. 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environ. Exp. Bot. 59: 206-216.
7. Bandurska, H. and A. Stroinski. 2005. The effect of salicylic acid on barley response to water deficit. Acta Physiol. Plant. 27: 379-386.
8. Barranco, D. and E. Fernandez. 1998. Influence of phosphorus and paclobutrazol application, trunk girdling and container size on growth and fruiting of young olive (*Olea europaea* L.) trees. ITEA Product, Vegetable 94: 51-55.
9. Bates, L.S., R.P. Waldron and I.D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil 39: 205-207.
10. Behnamnia, M., K.M. Kalantary and F. Rezanejad. 2009. Exogenous application of Brassinosteroid alleviates drought-induced oxidative stress in *Lycopersicones culentum* L. Gen. Appl. Plant Physiol. 35: 22-34.
11. Blum, A. 2005. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential-are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? Aust. J. Agric. Res. 56: 1159-1168.
12. Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal. Biochem. 72: 248-254.
13. Brian, W.E. 2015. Plant Growth Regulators for Annuals. Fine American Inc., NC, USA 48 p.

www.SID.ir

Archive of SID

14. Campalans, A., M. Pages and R. Messeguer. 2001. Identification of differentially expressed genes by the cDNA-AFLP technique during dehydration of almond (*Prunus amygdalus*). Tree Physiol. 21: 633-643.
15. Cavazza, L., A. Patruno and E. Cirillo. 2007. Field capacity in soils with a yearly oscillating water table. Biosyst. Eng. 98: 364-370.
16. Charles, D.J., J.E. Simon, C.C. Shock, E.B.G. Feibert and R.M. Smith. 1993. Effect of water stress and post-harvest handling on artemisinin content in the leaves of *Artemisia annua* L. PP. 628-631. *In:* Janick, J. and J.E. Simon (Eds.), New Crops, Wiley, New York.
17. Fariduddin, Q., S. Hayat and A. Ahmad. 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity and seed yield in *Brassica juncea*. PSN 41: 281-284.
18. Farooq, M., A. Wahid, N. Kobayashi, D. Fujita and S.M.A. Basra. 2009. Plant drought stress: Effects, mechanisms and management. Agron. Sust. Dev. 29: 185-212.
19. Fletcher, P.A., N. Gilley, N. Sankhla and T. Davis. 2000. Triazoles as plant growth regulators and stress protectants. Hort. Rev. 24: 55-138.
20. Ganpat, S., S. Ishwar and D.S. Bahati.1992. Response of blond pysllium (*Plantago ovata*) to irrigation and split application of nitrogen. Indian J. Agron. 37: 880-881.
21. Ghoulam, C.F., F. Ahmed and F. Khalid. 2001. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. Environ. Exp. Bot. 47: 139-150.
22. Gopi, R., C. Abdul Jaleel, V. Divyanair, M.M. Azooz and R. Panneerselvam. 2009. Effect of paclobutrazol and ABA on total phenol contents in different parts of holy basil (*Ocimum sanctum*). Acad. J. Plant Sci. 2(2): 97-101.
23. Goyal, V., J. Sudha and N. Bishnoi. 1998. Effect of terminal water stress on stomatal resistance, transpiration, and canopy temperature and millet yield. Ann. Agric. Biol. Res. 3: 119-122.
24. Gregory, P.J. 2006. Plant Roots (Growth, Activity and Interaction with Soils). Blackwell Publishing, pp. 150-173.
25. Hamada, A.M. and A.M.A. Al-Hakimi. 2001. Salicylic acid versus salinity-drought-induced stress on wheat seedlings. Int. Inform. Syst. Agric. Sci. Technol. 47: 444-450.
26. Harris, D. 2003. Reducing risk and increasing yields from rainfed crops in Africa using on farm seed priming. *In:* 6th Biennial Conference of the Africa Crop Science Society, Abstracts: Harnessing Crop Technologies to Alleviate Hunger and Poverty in Africa, Hilton Nairobi, Kenya, 12-16 Oct., pp. 87-88.
27. Hussain, M., M.A. Malik, M. Farooq, M.Y. Ashraf and M.A. Cheema. 2008. Improving drought tolerance by exogenous application of glycine betaine and salicylic acid in sunflower. J. Agron. Crop Sci. 196: 136-145.
28. Jacob, H. and G. Clarke. 2002. Methods of Soil Analysis, Part 4, Physical Method. SSSA, Inc., Madison, Wisconsin, USA, 1692 p.
29. Kalantar Ahmadi, S.A., A. Ebadi, J. Daneshian, S. Jahanbakhsh, S.A. Siadat and H. Tavakoli. 2015. Effects of irrigation deficit and application of some growth regulators on defense mechanisms of canola. Notu. Bot. Hort. Agrobot. Cluj-Napoca. 43(1): 124-130.
30. Khalid, K.A. 2006. Influence of water stress on growth, essential oil and chemical composition of herbs (*Ocimum* sp.). Int. Agrophys. 20: 289-296.
31. Khan, A.J., F. Azam and A. Ali. 2010. Relationship of morphological traits and grain yield in recombinant inbreed wheat lines grown under drought conditions. Pak. J. Bot. 42: 259-267.
32. Knudsen, D., G.A. Peterson and P.F. Pratt. 1982. Lithium, sodium, potassium. *In:* Page, A.L. (ed.), Methods of Soil Analysis, Part II, ASA-SSSA, Madison, WI.
33. Lawlor, D.W. 2002. Limitation to photosynthesis in water-stressed leaves: Stomata vs. metabolism and the role of ATP. Ann. Bot. 89: 871-885.
34. Lee, S.S., J.H. Kim, S.B. Hong, S.H. Yun and E.H. Park. 1998. Priming effect of rice seeds on seedling establishment under adverse soil conditions. Korean J. Crop Sci. 43: 194-198.
35. Madhava Roa, K.V., A.S. Raghavendra and K. Janardhan Reddy. 2006. Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants. Springer, pp. 15-39.
36. Mishra, S. and R.S. Dubey. 2006. Inhibition of ribonuclease and protease activities in arsenic exposed rice seedlings: Role of proline as enzyme protectant. J. Plant Physiol. 163(9): 927-936.
37. Misra, A.O. and N.K. Sriacastiva. 2002. Influence of water stress on Japanese mint. J. Herbs Spices Medic. Plants 7: 51-58.
38. Najla, S., R. Sanoubar and R. Murshed. 2012. Morphological and biochemical changes in two parsley varieties upon water stress. J. Plant Physiol. Molec. Biol. 18: 133-139.
39. Petropoulos, S.A., D. Daferera, M.G. Polissiou and H.C. Passam. 2008. The effect of water deficit stress on the growth, yield and composition of essential oils of parsley. Hort. Sci. 115: 393-398.
40. Sankar, B., C.A. Jaleel, P. Manivannan, A. Kishorekumar, R. Somasundaram and R. Panneerselvam. 2007. Effect of paclobutrazol on water stress amelioration through antioxidants and free radical scavenging enzymes in *Arachis*

www.SID.ir

hypogaea L. Colloid. Surface B: Biointerfaces 60: 229-235.
41. Shakirova, F.M., A.R. Shakhbutdinova, M.V. Bezrukova, R.A. Fatkhutdionova and D.R. Fatkhutdionova. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedling induced by salicylic acid and salinity. Plant Sci. 164: 317-322.
42. Siddique, M.R.B., A. Hamid and M.S. Islam. 2000. Drought stress effects on water relations of wheat. Bot. Bull. Acad. Sinica 41: 35-39.
43. Singh, B. and K. Usha. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. J. Plant Growth Regul. 39: 137-141.
44. Subhani, G.M. and M.A. Chowdhry. 2000. Correlation and path coefficient analysis in bread wheat under drought stress and normal conditions. Pak. J. Biol. Sci. 3(1): 72-77.
45. Tekalign, T. and P.S. Hammes. 2004. Response of potato grown under non-inductive condition to paclobutrazol: Shoot growth, chlorophyll content, net photosynthesis assimilates partitioning, yield, quality and dormancy. J. Plant Growth Regul. 43: 227-236.
46. Tomar, S.S., K.P. Gupta, M. Abbas and K.B. Nigam. 1994. Effect of irrigation and fertility levels on growth and yield of coriander (*Coriandrum sativum*). Indian J. Agron. 30: 442-447.
47. Turkan, I. 2011. Plant Responses to Drought and Salinity Stress: Development in a Post-Genomic Era. Aacademic Press, N. Y.
48. Vettakkorumakankav, N.N., D. Falk, P. Saxena and R.A. Fletcher. 1999. A crucial role for gibberellins in stress protection of plants. Plant Cell Physiol. 40 (5): 542-548.
49. Yang, Y., Q. Liu, C. Han, Y.Z. Qiao, X.Q. Yao and H.J. Yin. 2007. Influence of water stress and low irradiance on morphological and physiological characteristics of *Picea asperata* seedlings. PSN 45(4): 613-619.
50. Zeevart, J.A.D. 1999. Abscisic acid metabolism and its regulation. PP. 189-207. *In:* Hooykaas, P.J.J., M.A. Hall and K.R. Libbenga (Eds.), Biochemistry and Molecular Biology of Plant Hormones, Elsevier Science, Amsterdam.

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of Seed Priming by Salicylic Acid and Paclobutrazol on some Agronomical and Physiological Traits of Parsley (*Petroselinum Sativum* Mill.) under Drought Stress

Z. Saadati[1], B. Esmaielpour[1*] and A. Javadi[1]

(Received: 9 January 2017 ; Accepted : 22 September 2017)

Abstract

In order to investigate the effects of seed priming by salicylic acid (SA) and Paclobutrazol (Pa) on parsley, as a medicinal plant, under drought stress, a factorial experiment, based on completely randomized design with four replications, was performed at the Research Greenhouse and Laboratory of Department of Horticulture, University of Mohaghegh Ardabili. Experimental treatments included five levels of priming (seed priming by 100 and 200 mg/L concentrations of SA and 100 and 200 mg/L of Pa and control (no priming)) and three levels of drought stress (25, 50 and 100% of field capacity (FC) moisture content). Results showed that seed priming had significant effect on plant height, shoot and root dry weight, proline content, stomatal conductance and potassium content of parsley ($p \leq 0.05$). Seed priming by 100 and 200 mg/L SA increased plant dry weight by 14 and 8%, respectively, as compared to control. Seed priming by 100 and 200 mg/L Pa reduced plant dry weight by 1 and 11%, respectively, as compared to control plants. Drought stress decreased all vegetative growth traits of parsley. But, proline and soluble protein contents of leaves were increased. Maximum proline content of leaves (2.4 µg/g fresh weight) was for 25% field capacity moisture content and the lowest proline content (1.06 µg/g fresh weight) was observed for 100% field capacity moisture content. Seed priming by salicylic acid, having positive effect on growth and physiological traits, led to higher resistance against drought stress, as compared to Paclobutrazol.

Keywords: Soluble protein, Medicinal plant, Proline content, Stomatal conductance.

1. Dept. of Hort. Sci., College of Agric., Mohaghegh Ardabili Univ., Ardabil, Iran.
* Corresponding Author, Email: behsmaiel@yahoo.com

www.SID.ir