تأثیر پیش¬تیمار بذر با سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید بر ظهور و رشد اولیه گیاهچه¬های در شرایط تنش خشکی (*Cucurbita pepo* L.) کدو تخم کاغذی

مجید رستمی[۱*] و احمد جوادی[۲]

[*] گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ملایر، [۲] گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

(تاریخ دریافت: ۱۳۹٦/۰٦/۱۳، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹٦/۱۰/۱۳)

چکیده

به منظور ارزیابی اثر پیش‌تیمار بذرهای کدو تخم کاغذی با سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید بر ظهور و رشد اولیه گیاهچه در شرایط تنش خشکی، آزمایش گلدانی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه ملایر انجام شد. در این پژوهش، علاوه بر ظهور و رشد اولیه گیاهچه کدو تخم کاغذی، پراکسیداسیون لیپیدها و فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان گیاهچه نیز اندازه‌گیری شد. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح پیش‌تیمار بذر با سالیسیلیک اسید (غلظت‌های صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام)، سه سطح پیش‌تیمار بذر با جاسمونیک اسید (غلظت‌های صفر، ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام) و سه سطح تنش خشکی که شامل ۱۰۰ (شاهد)، ٦۰ (خشکی ملایم) و ۳۰ (خشکی شدید) درصد رطوبت ظرفیت زراعی بودند. بر اساس نتایج حاصل، درصد و سرعت ظهور گیاهچه به ترتیب با حدود ۱۰ و ٥٤ درصد کاهش و همچنین طول و وزن خشک و شاخص طولی قدرت گیاهچه به ترتیب با حدود ۱۱ ، ۹ و ۲۵ درصد کاهش در شرایط تنش خشکی شدید، کم‌ترین مقدار را به خود اختصاص دادند. همچنین در همین سطح تنش، افزایش قابل توجهی در تجمع مالون دی‌آلدهید (٨٤ درصد)، پراکسیدهیدروژن (۷۱ درصد)، پرولین (۱۳ درصد) و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز (۳۹ درصد) و پراکسیداز (۵۷ درصد) برگ گیاهچه‌ها نسبت به شاهد مشاهده گردید. از سوی دیگر، پیش‌تیمار بذر با سطوح مختلف سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید به طور معنی‌داری باعث کاهش اثرات سوء ناشی از تنش خشکی بر همه صفات مورد بررسی به جز درصد ظهور گیاهچه گردید. گیاهچه‌های حاصل از بذرهایی که به صورت همزمان با بیشترین غلظت سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید تیمار شده بودند از تحمل به تنش بالاتری برخوردار بودند.

کلمات کلیدی: آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، پیش‌تیمار بذر، سرعت ظهور گیاهچه، هورمون‌های گیاهی

مقدمه

اهمیت گیاهان دارویی سبب شده است که سطح وسیعی از زمین‌های زراعی در کشورهای توسعه یافته در دهه‌های اخیر به کشت آن‌ها اختصاص یابد (بلوچی، ۱۳۹۲). به دلیل اثرات جانبی داروهای شیمیایی، مصرف داروهای با منشأ گیاهی از گسترش روز افزونی برخوردار است (Ekor, 2014). کدوی تخم کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) به عنوان یکی از گیاهان دارویی مهم، گیاهی است علفی و یکساله، متعلق به تیره

[*]نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: M.rostami@malayeru.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.11.5]

کدوییان، که نقش عمده‌ای در معالجه غده پروستات و مداوای سوزش مجاری ادرار و درمان تصلب شراین دارد (بلوچی، ۱۳۹۲). مصرف دانه‌های این گیاه باعث تقویت و مقاومت بدن در مقابل عوامل بیماری‌زا می‌شود (امیدبیگی، ۱۳۷۹).

به طور کلی فرآیند جوانه‌زنی بذر تحت کنترل عوامل ژنتیکی، هورمونی و محیطی است (Meyer *et al.*, 2000). در بین عوامل محیطی مقدار آب از مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر جوانه زنی بذور گیاهان محسوب می‌شود (Anda and Pinter, 1994). به نحوی که کمبود آن به عنوان اساسی‌ترین عامل بازدارنده جوانه‌زنی قلمداد می‌گردد. بذوری که قادر به جوانه‌زنی تحت شرایط تنش رطوبتی هستند از شانس بیش‌تری در استقرار گیاه و تراکم مطلوب برخوردارند (Balbaki *et al.*, 1999). بروز تنش خشکی در مرحله ظهور و رشد اولیه گیاهچه با کاهش پتانسیل آب در بستر بذر همراه است که پیامد آن کاهش سرعت و درصد ظهور و رشد اولیه گیاهچه می‌باشد (Boydak *et al.*, 2003; Kaya *et al.*, 2006). استراتژی‌های مقاومتی شامل پیش‌تیمار بذر اغلب برای بهبود استقرار گیاهان و افزایش قدرت گیاهچه‌های تحت شرایط محیطی نامطلوب به ویژه خشکی استفاده می‌شود (Ashraf and Fooled, 2007). پیش‌تیمار بذر فرآیندی است که در طی آن جذب آب به منظور آغاز وقایع اولیه‌ی جوانه‌زنی تا قبل از خروج ریشه‌چه صورت می‌گیرد و سپس بذرها تا رسیدن به رطوبت اولیه خشک می‌گردند. این فرآیند یکی از ارزان‌ترین راه‌های بهبود استقرار گیاهچه در شرایط تنش محسوب می‌شود (Harris, 2003). سالیسیلیک اسید یکی از مولکول‌های سیگنال‌دهنده مهم است که در واکنش‌های دفاعی گیاه نسبت به بروز تنش‌های غیر زنده همچون خشکی، سرما و گرما مشارکت می‌کند (Khalid, 2006). منوچهری‌فر و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند که سالیسیلیک اسید برای پیش‌تیمار بذرها مورد استفاده قرار می‌گیرد. به طوریکه پژوهشگران متعددی اعلام نمودند که این تنظیم‌کننده باعث بهبود فرآیند جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه‌ی گیاهچه می‌گردد (Shakirova and Sahabutdinova, 2003; El-Tayeb, 2005).

در این راستا پژوهشگران اعلام نمودند که، پیش‌تیمار بذر با سالیسیلیک اسید قبل از کاشت از طریق افزایش غلظت بعضی از هورمون‌های گیاهی مانند اکسین‌ها و سیتوکنین‌ها (Shakirova *et al.*, 2003) و کاهش نشت یونی از سلول‌های گیاهی موجب افزایش مقاومت به تنش خشکی می‌گردد (Ghoulam *et al.*, 2001). مکانیسم عمل اسید سالیسیلیک در برابر تنش‌ها به نقش آن در تولید برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و ترکیبات دارای گونه‌های اکسیژن فعال در گیاه بر می‌گردد (Khan *et al.*, 2010). Kalantar Ahmadi و همکاران (۲۰۱۵) گزارش نمودند که سالیسیلیک اسید می‌تواند از طریق تحریک فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، مقاومت گیاه کلزا را نسبت به تنش خشکی افزایش دهد.

جاسمونات‌ها گروه جدیدی از هورمون‌های گیاهی هستند که با دخالت در بیان ژن‌های مختلف، گیاهان را در مقابل تنش های محیطی محافظت می‌نمایند (Mahmud *et al.*, 2017). این ترکیبات در طول دوره نمو گیاه و سازگاری با تنش‌های زیستی و غیر زیستی به عنوان مولکول‌های سیگنال عمل می‌کنند و موجب کاهش اثر تنش می‌گردند (Koo, 2017). زارعی و همکاران (۱۳۹۵) در مطالعه خود بر روی جوانه‌زنی بذرها و رشد اولیه گیاهچه‌های سیاه‌دانه در شرایط تنش اعلام کردند که پیش‌تیمار بذرها با جاسمونیک اسید موجب بهبود جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه گیاهچه در شرایط تنش گردید. همچنین، جاسمونیک اسید فرآیندهای ممانعت کننده جوانه‌زنی را در کاهو و تاج‌خروس کاهش داد (Govahi *et al.*, 2008). گزارش شده است که پیش‌تیمار بذر با متیل جاسمونات، تولید پلی‌آمین آزاد را در بافت‌های گیاهی تحریک می‌کند. بنابراین، متیل جاسمونات و پلی‌آمین به صورت سینرژیسم عمل می‌کنند و پیش‌تیمار بذر با متیل‌جاسمونات جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه را افزایش می‌دهد (Kaya *et al.*, 2002). جاسمونات‌ها ضمن افزایش توان گیاه در برابر تنش‌های محیطی و زیستی، از طریق افزایش کربن‌گیری به بهبود رشد و نمو گیاه و تجمع ماده خشک کمک شایانی می‌کنند (Maksymiec, 2011).

با توجه به این نکته که مرحله ظهور و رشد اولیه گیاهچه

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.11.5]

حساس‌ترین مرحله نموی گیاهان به کمبود آب است (کافی و همکاران، ۱۳۸۸)، لذا هدف از اجرای این پژوهش ارائه‌ی راه حلی در جهت کاهش آسیب‌های ناشی از تنش خشکی در مرحله ظهور و رشد اولیه گیاهچه کدو تخم کاغذی بود. اگرچه پژوهش‌های متعددی در زمینه تأثیر اسید سالیسیلیک بر جوانه‌زنی و رشد گیاهان در شرایط تنش خشکی صورت گرفته است ولی برهمکنش سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید بر ظهور و رشد اولیه گیاهچه در شرایط تنش خشکی و همچنین بررسی فرایند پراکسیداسیون لیپیدی و فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان تحت تأثیر این تیمارها در گیاه کدو تخم کاغذی، برای اولین بار در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش سعی بر این شد که اثر پیش‌تیمار بذر با غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید به صورت منفرد و توام مورد بررسی گردد.

مواد و روش‌ها

بذر کدو تخم کاغذی از شرکت تولید و تهیه بذر "پاکان بذر اصفهان" تهیه گردید. آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه ملایر اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح پیش‌تیمار بذر با سالیسیلیک اسید (غلظت‌های صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام)، سه سطح پیش‌تیمار بذر با جاسمونیک اسید (غلظت‌های صفر، ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام) و سه سطح تنش خشکی که شامل ۱۰۰ (شاهد)، ٦۰ (خشکی ملایم) و ۳۰ (خشکی شدید) درصد رطوبت ظرفیت زراعی بودند. به منظور بهینه‌سازی غلظت‌های مورد استفاده در پیش‌تیمار بذر کدو تخم کاغذی، غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید و غلظت‌های ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ پی پی‌ام جاسمونیک اسید مورد آزمایش قرار گرفتند. پس از انجام آزمون جوانه‌زنی استاندارد در دمای ۲۵ به مدت ۸ روز (ISTA, 2008)، غلظت‌های بهینه بر اساس بیش‌ترین درصد و سرعت جوانه‌زنی و بالاترین طول و وزن خشک گیاهچه انتخاب شدند. به منظور بررسی اثرات پیش‌تیمار بذر، ابتدا بذرهای کدو تخم کاغذی با محلول هیپوکلریت سدیم یک درصد به مدت پنج دقیقه ضدعفونی و پس از سه بار شستشو با آب مقطر، با غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید و غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام جاسمونیک اسید به مدت ۱۸ ساعت (قبل از خروج ریشه‌چه) در تاریکی پیش‌تیمار شدند. پیش‌تیمار بذر با قرار گیری بذرها بین دولایه کاغذ حوله‌ای مرطوب اعمال شد و پس از اتمام آبگیری بذرها در طی فرآیند پیش‌تیمار، خشک شدن بذرها در دمای آزمایشگاه (۳۰-۲۰ درجه سانتی‌گراد) تا رسیدن به رطوبت اولیه انجام شد.

جهت اعمال سطوح تنش خشکی از روش وزنی استفاده شد. به این ترتیب که ابتدا یکی از گلدان‌های آزمایش پر از خاک توزین شد. سپس گلدان از آب اشباع شد، و برای جلوگیری از تبخیر، سطح گلدان توسط یک پلاستیک پوشیده شد. با خروج آب ثقلی وزن گلدان به طور مرتب کم شد تا زمانی‌که وزن آن ثابت ماند (نشان دهنده رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی). با تفاضل وزن اخیر و وزن خاک خشک مقدار آب لازم برای رسیدن خاک هر گلدان به حد ظرفیت زراعی مشخص و سطوح ۱۰۰، ٦۰ و ۳۰ درصد این مقدار آب نیز محاسبه شد و در طول آزمایش برای سطوح مختلف رطوبتی گلدان‌ها مورد استفاده قرار گرفت. بدین منظور گلدان‌ها روزانه وزن می‌شد و مقدار آب لازم برای رسیدن به هر کدام از سطوح اضافه می‌شد (خزائی و همکاران، ۱۳۷۸؛ Jacob and Cavazza *et al.*, 2007 ;Clarke, 2002). خاک مورد استفاده در این آزمایش از نوع لومی-رسی با اسیدیته ۸/۵ و هدایت الکتریکی ٤٤۸ میکرو زیمنس بر سانتی‌متر بود. تعداد ۲۵ عدد بذر پیش‌تیمار شده در هر گلدان (۳۵ cm × ۲۰ cm) کشت گردیدند. تعداد گیاهچه‌های سبز شده (باز شدن کامل برگ لپه-ای) هر ۲٤ ساعت یکبار شمارش شد. بعد از سه روز متوالی عدم ظهور گیاهچه جدید شمارش روزانه پایان یافت و اقدام به تنک کردن تصادفی گیاهچه‌ها گردید (ISTA, 2008). سرعت ظهور گیاهچه بر اساس معادله Ellis and Roberts (۱۹۸۱) اندازه گیری شد. ۲۵ روز پس از کاشت بذور (دو تا سه برگی) در گلدان نمونه‌برداری از جوان‌ترین برگ‌های

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.11.5]

گیاهچه‌های کدو تخم کاغذی جهت بررسی اثرات تیمارهای مورد مطالعه روی گیاهچه‌ها صورت گرفت. در پایان آزمایش طول و وزن خشک گیاهچه اندازه گیری شد. شاخص طولی قدرت با استفاده از رابطه زیر تعیین شد:

طول گیاهچه × درصد ظهور گیاهچه = شاخص طولی قدرت

تعیین پرولین جوان‌ترین برگ گیاهچه کدو تخم کاغذی با استفاده از معرف نین‌هیدرین و به روش اسپکتروفتومتری صورت گرفت (Bates, 1973).

میزان پراکسیداسیون لیپیدی جوان‌ترین برگ گیاهچه از طریق اندازه گیری مقدار مالون دی آلدهید (MDA) با استفاده از روش Heath and Packer (۱۹٦۸) تعیین شد. به این منظور، ۰/۱ گرم بافت گیاهی تازه در یک میلی‌لیتر تری‌کلرواستیک اسید ۰/۱ درصد ساییده شد. عصاره حاصل در ۱٤۰۰۰rpm به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ گردید. یک میلی‌لیتر تری کلرواستیک اسید ۲۰ درصد (حاوی ۰/۵ درصد تیوباربیتوریک اسید) به ٤۰۰ میکرو لیتر از عصاره شفاف گیاهی (بعد از سانتریفیوژ) اضافه شد. مخلوط به دست آمده در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم قرار گرفت. سپس دوباره در ۱۰۰۰۰ rpm به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. شدت جذب این محلول با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۳۲ نانومتر خوانده شد. ماده مورد نظر برای جذب در این طول موج کمپلکس MDA-TBA بود. جذب بقیه رنگیزه‌های غیر اختصاصی در ٦۰۰ نانومتر تعیین و از این مقدار کسر گردید. برای محاسبه غلظت مالون دی آلدهید از ضریب خاموشی مربوطه ($۰/۱۵۵cm^{-1}.\mu M^{-1}$) بهره گرفته شد و مقادیر با واحد $\mu mol.g^{-1}$ FW بیان گردید.

سنجش پراکسید هیدروژن با استفاده از روش Hung و همکاران (۲۰۰۵) انجام شد. ۰/۱ گرم از جوان‌ترین برگ گیاهچه در یک میلی‌لیتر تری کلرو استیک اسید ۰/۱ (TCA) هموژن گردید و سپس عصاره حاصل در۱۰۰۰۰ rpm به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول سانترفیوژ شده به ۰/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم ۱۰ میلی‌مولار (pH=7) و یک میلی‌لیتر یدید پتاسیم یک مولار اضافه شد و جذب در طول موج ۳۹۰ نانومتر قرائت شد. مقدار پراکسید هیدروژن در هر نمونه با استفاده از ضریب خاموشی ($M^{-1}Cm^{-1}$ ۰/۲۸) محاسبه گردید و مقادیر با واحد $\mu mol.g^{-1}$ FW بیان گردید.

فعالیت آنزیم کاتالاز جوان‌ترین برگ گیاهچه با استفاده از روش Aebi (۱۹۸٤) تعیین شد. به منظور استخراج آنزیم کاتالاز، ۱۰۰ میلی‌گرم بافت برگی توسط یک میلی لیتر بافر استخراج (۵۰ میلی لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی مولار (pH= ٦) تهیه و ٤ گرم پودر PVP اضافه شد) در چهار درجه سانتی‌گراد هموژن گردید. محلول حاصل در سرعت ۱۲۰۰۰rpm و دمای چهار درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. در ادامه، سه میلی لیتر بافر فسفات ۱۰۰ میلی‌مولار (pH= ٦) و ٤۰ میکرولیتر محلول ۳۰ میلی مولار آب اکسیژنه (H_2O_2) با هم مخلوط گردید. پس از افزودن ۱۰۰ میکرو لیتر عصاره آنزیمی، در پایان پنج دقیقه از شروع واکنش در دمای آزمایشگاه، جذب در طول موج ۲٤۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. اعداد جذب بر عدد ضریب خاموشی پراکسید هیدروژن ($\mu M^{-1}.cm^{-1}$ ۳۹/٤) تقسیم و فعالیت ویژه آنزیم کاتالاز بر اساس میکرو مول H_2O_2 تولید شده در دقیقه بیان شد.

سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز جوان‌ترین برگ گیاهچه با استفاده از روش MacAdam و همکاران (۱۹۹۲) صورت پذیرفت. به منظور استخراج آنزیم پراکسیداز، ۱۰۰ میلی‌گرم از نمونه گیاهی در یک میلی‌لیتر بافر استخراج (بافر فسفات+KCl+PVP)، در دمای چهار درجه سانتی‌گراد (با استفاده از هاون چینی سرد) ساییده شد. محلول تهیه شده پس از انتقال به لوله اپندورف در ۱۲۰۰۰rpm و دمای چهار درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵دقیقه سانتریفیوژ گردید. جهت ممانعت از تخریب آنزیم تا زمان اندازه‌گیری فعالیت، نمونه‌های سانتریفیوژ شده در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. سپس نمونه‌های عصاره حاوی آنزیم از فریزر خارج و در حمام یخ قرار داده شدند. در ادامه سه میلی‌لیتر بافر فسفات ۱۰۰ میلی‌مولار، ۵۰ میکرولیتر گایاکول ۲۰۰ میلی‌مولار و ٤۰ میکرولیتر محلول ۳۰ میلی‌مولار آب اکسیژنه با هم مخلوط

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.11.5]

گردید. سپس ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی به آن اضافه شد و بعد از پنج دقیقه از شروع واکنش در دمای آزمایشگاه، جذب در طول موج ٤٧٠ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید. اعداد مربوط به جذب بر عدد ضریب خاموشی تتراگایاکول ($\mu M^{-1}.cm^{-1}$ ٢٦/٦) تقسیم شدند و فعالیت ویژه آنزیم پراکسیداز بر اساس میکرومول تتراگایاکول تولید شده در دقیقه بیان شد. محلول جذب زمینه (Blank) شامل تمام موارد به جز عصاره استخراج شده بود.

به منظور تبدیل داده‌های مربوط به درصد جوانه‌زنی استاندارد از روش تبدیل زاویه‌ای استفاده شد. پس از آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها (بر اساس آزمون شاپیرو–ویلک) و بررسی یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی (طبق آزمون لون)، تجزیه‌ی واریانس متغیرهای اندازه گیری شده و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش LSD در سطح احتمال پنج درصد توسط نرم افزار آماری SAS (VER 9.1) صورت گرفت.

نتایج

با افزایش شدت تنش خشکی، درصد ظهور گیاهچه‌های کدو تخم کاغذی به طور معنی‌داری کاهش یافت ($P \leq 0.05$)، به طوریکه، کم‌ترین درصد ظهور گیاهچه‌ها در آبیاری ۳۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده گردید (جدول ۱). از سوی دیگر، درصد ظهور گیاهچه‌ها بذرهای پیش‌تیمار شده با غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید (SA and JA) نسبت به شاهد (عدم پیش‌تیمار بذر) افزایش معنی‌داری نشان داد ($P \leq 0.05$). بطور کلی غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید در حالت منفرد نسبت به غلظت‌های مختلف جاسمونیک اسید در افزایش درصد ظهور گیاهچه‌های کدو تخم کاغذی مؤثرتر بود. اما پیش‌تیمار بذرها با هر دو ماده به صورت توأم در غلظت‌های مختلف موجب بروز اثرات مثبت بیش‌تری شد. به طوریکه بالاترین درصد ظهور گیاهچه به تیمار SA_2 JA_2 (غلظت ۲۰۰ppm سالیسیلیک اسید و ۱۰۰ppm جاسمونیک اسید) و پایین‌ترین درصد ظهور گیاهچه به ترکیب تیماری SA_0 JA_0 (عدم پیش‌تیمار بذر) تعلق داشت (جدول ۱).

کاهش رطوبت خاک، موجب تأخیر معنی‌داری در ظهور گیاهچه‌های کدو تخم کاغذی شد ($P \leq 0.05$). تنش خشکی شدید (آبیاری در ۳۰ درصد ظرفیت زراعی) کم‌ترین سرعت ظهور گیاهچه را در مقایسه با سطوح دیگر تنش به خود اختصاص داد (شکل ۱). از طرف دیگر، پیش‌تیمار بذر با غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید موجب بهبود نسبی اثر منفی تنش خشکی بر سرعت ظهور گیاهچه‌ها گردید ($P \leq 0.05$). به صورتیکه، پیش‌تیمار بذرها با غلظت کم سالیسیلیک اسید و هر دو غلظت جاسمونیک اسید بصورت جداگانه، در تنش خشکی ملایم (آبیاری در ٦٠ درصد ظرفیت زراعی) و شدید (آبیاری در ۳۰ درصد ظرفیت زراعی) اثرات مثبت معنی‌داری بر سرعت ظهور گیاهچه‌ها نداشت. در حالیکه ترکیب غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید موجب بهبود نسبی اثرات سوء ناشی از تنش خشکی بر سرعت ظهور گیاهچه‌ها گردید. به طوریکه توده بذری پیش‌تیمار شده با غلظت‌های زیاد سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید (SA_2 JA_2) سریع‌ترین ظهور گیاهچه را نسبت به تیمار شاهد (SA_0 JA_0) در هر سه سطح تنش از خود نشان داد (شکل ۱).

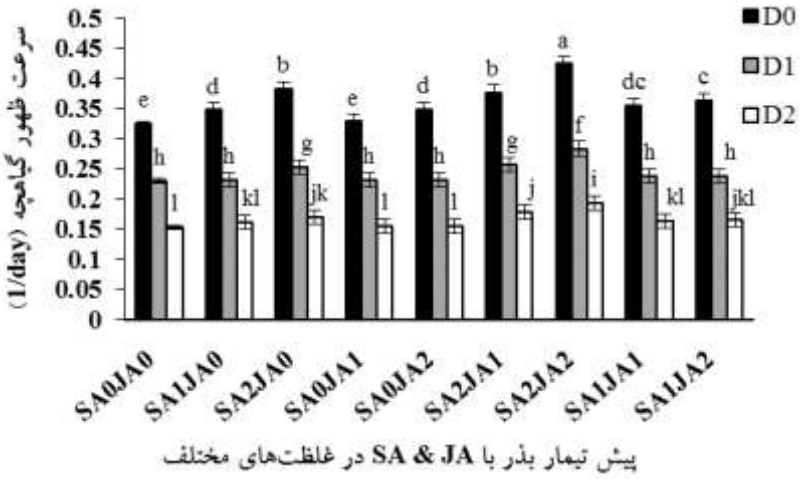
محدودیت آب در بستر کشت موجب تولید گیاهچه‌های کوتاه‌تر و سبک‌تری نسبت به شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) گردید ($P \leq 0.05$). با کاهش آب موجود در خاک، اثر بازدارندگی تنش خشکی بر رشد گیاهچه شدت یافت. به طوریکه آبیاری در ۳۰ درصد ظرفیت زراعی نسبت به شاهد کم‌ترین طول و وزن خشک گیاهچه را به خود اختصاص داد (شکل ۲ و ۳). از طرف دیگر، پیش‌تیمار بذر با غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید موجب شد که در سطوح مختلف تنش خشکی، گیاهچه‌های طویل‌تر و سنگین‌تری در مقایسه با توده بذری شاهد (عدم پیش‌تیمار بذر) تولید گردند ($P \leq 0.05$). پیش‌تیمار بذر با غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید به صورت منفرد گیاهچه‌های طویل‌تری و سنگین‌تری نسبت به غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.11.5]

جدول ۱- درصد ظهور گیاهچه‌های کدو تخم کاغذی تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید و تنش خشکی

تیمارهای آزمایشی	SA & JA	درصد ظهور گیاهچه (٪)
پیش‌تیمار بذر با SA & JA در غلظت‌های مختلف	SA_0 JA_0	۸۵/۳۳ ± ۱/۵٦۳ e
	SA_0 JA_1	۸۷/۲۵ ± ۱/۷٤۵ de
	SA_0 JA_2	۸۹/۰۸ ± ۱/۵۸۳ dc
	SA_1 JA_0	۸۷/۵۰ ± ۱/۵۰۰ d
	SA_1 JA_1	۹۲/۳۳ ± ۱/۳۲۱ b
	SA_1 JA_2	۹۲/۱٦ ± ۱/٤٦۵ b
	SA_2 JA_0	۸۹/٦٦ ± ۱/۷۸۵ c
	SA_2 JA_1	۹۳/۵۰ ± ۱/۳۲۸ ab
	SA_2 JA_2	۹٤/۳۳ ± ۱/۳۲۱a
تنش خشکی	D_0	۹۵/۹٤ ± ۰/۵۳۱ a
	D_1	۸۸/۹٤ ± ۰/٦۹۸ b
	D_2	۸۵/۵۰ ± ۰/۷۳۰ c
ضریب تغییرات (٪)	-	۲/۰٦

SA_0 (شاهد، عدم کاربرد اسید سالیسیلیک)، SA_1 (غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید)، SA_2 (غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید). JA_0 (شاهد، عدم کاربرد جاسمونیک اسید) ، JA_1 (غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام جاسمونیک اسید)، JA_2 (غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام جاسمونیک اسید). D_0 (شاهد، ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)، D_1 (٦۰ درصد ظرفیت زراعی، D_2 (۳۰ درصد ظرفیت زراعی). حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

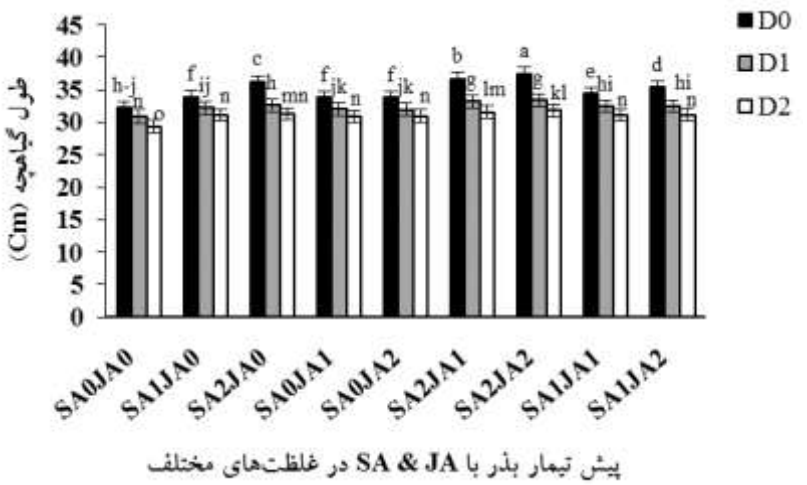


شکل۱- اثر متقابل تنش خشکی و پیش‌تیمار بذر بر سرعت ظهور گیاهچه‌های کدو تخم کاغذی

SA_0 (شاهد، عدم کاربرد اسید سالیسیلیک)، SA_1 (غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید)، SA_2 (غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید). JA_0 (شاهد، عدم کاربرد جاسمونیک اسید)، JA_1 (غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام جاسمونیک اسید)، JA_2 (غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام جاسمونیک اسید). D_0 (شاهد، ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)، D_1 (٦۰ درصد ظرفیت زراعی، D_2 (۳۰ درصد ظرفیت زراعی).

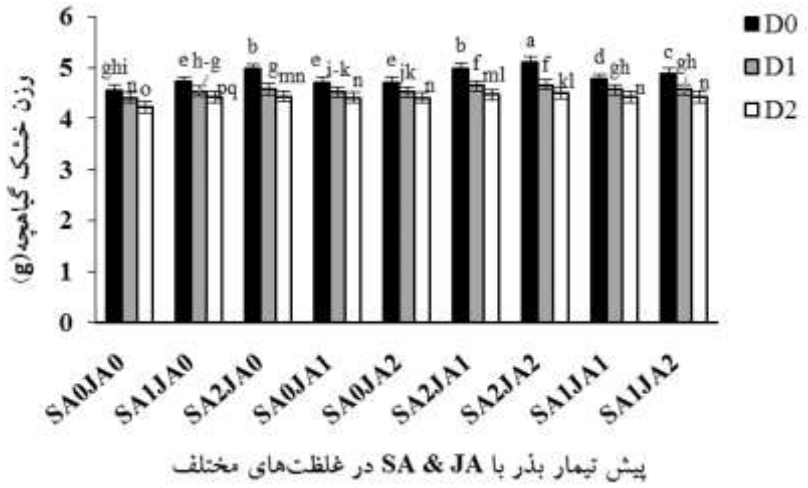
سالیسیلیک اسید و هر دو غلظت جاسمونیک اسید به تنهایی داشت. این درحالی بود که، کاربرد ترکیب غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید سودمندی بیش‌تری نسبت به کاربرد منفرد آن‌ها داشت. به‌طوریکه، غلظت زیاد سالیسیلیک

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.11.5]



شکل۲- اثر متقابل تنش خشکی و پیش‌تیمار بذر بر طول گیاهچه بذرهای کدو تخم کاغذی

SA_0 (شاهد، عدم کاربرد اسید سالیسیلیک)، SA_1 (غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید)، SA_2 (غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید). JA_0 (شاهد، عدم کاربرد جاسمونیک اسید)، JA_1 (غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام جاسمونیک اسید)، JA_2 (غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام جاسمونیک اسید). D_0 (شاهد، ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)، D_1 (۶۰ درصد ظرفیت زراعی، D_2 (۳۰ درصد ظرفیت زراعی).



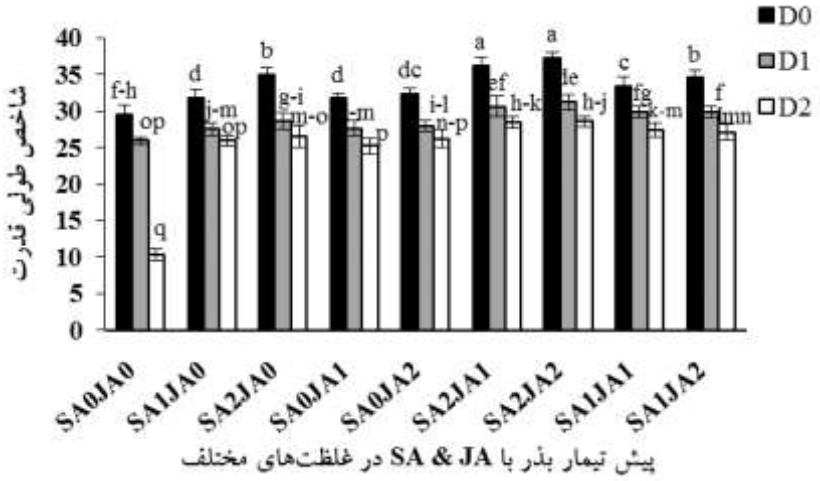
شکل۳- اثر متقابل تنش خشکی و پیش‌تیمار بذر بر وزن خشک گیاهچه‌های کدو تخم کاغذی

SA_0 (شاهد، عدم کاربرد اسید سالیسیلیک)، SA_1 (غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید)، SA_2 (غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید). JA_0 (شاهد، عدم کاربرد جاسمونیک اسید)، JA_1 (غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام جاسمونیک اسید)، JA_2 (غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام جاسمونیک اسید). D_0 (شاهد، ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)، D_1 (۶۰ درصد ظرفیت زراعی، D_2 (۳۰ درصد ظرفیت زراعی).

اسید همراه با غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام جاسمونیک اسید موجب تولید گیاهچه‌هایی با طول و وزن خشک بیش‌تری نسبت به شاهد (SA_0 JA_0) شد (شکل ۲ و ۳).

شاخص طولی قدرت گیاهچه کدو تخم کاغذی به طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت و با کاهش آب در دسترس گیاه، کاهش یافت ($P \leq 0.05$). خشکی شدید با کاهش حدود ۲۵ درصدی شاخص طولی قدرت نسبت به شاهد (عدم محدودیت آب) کم‌ترین مقدار را به خود اختصاص داد (شکل ٤). از سوی دیگر گیاهچه‌های به دست آمده از بذرهای پیش‌تیمار شده با غلظت‌های مختلف

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.11.5]



شکل٤- اثر متقابل تنش خشکی و پیش‌تیمار بذر بر شاخص شاخص طولی قدرت گیاهچه‌های کدو تخم کاغذی

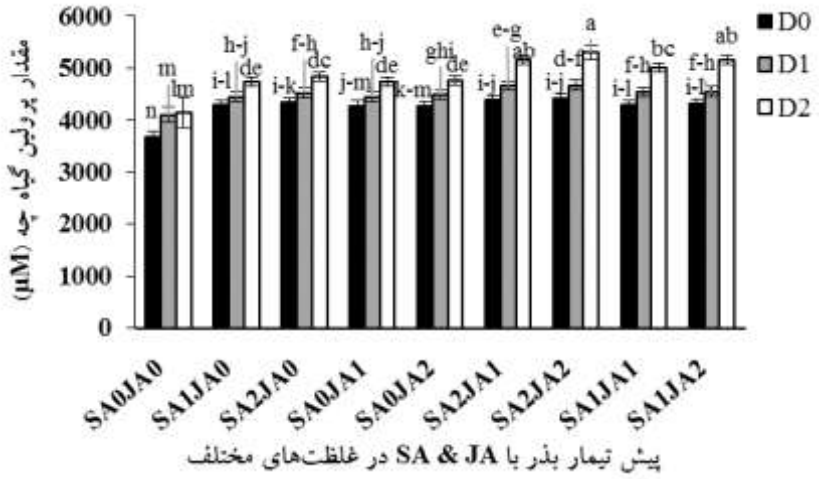
SA_0 (شاهد، عدم کاربرد اسید سالیسیلیک)، SA_1 (غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید)، SA_2 (غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید). JA_0 (شاهد، عدم کاربرد جاسمونیک اسید)، JA_1 (غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام جاسمونیک اسید)، JA_2 (غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام جاسمونیک اسید). D_0 (شاهد، ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)، D_1 (٦۰ درصد ظرفیت زراعی، D_2 (۳۰ درصد ظرفیت زراعی).

سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید، به لحاظ شاخص طولی قدرت، مقاومت نسبی در برابر تنش خشکی از خود نشان دادند ($P \leq 0.05$). چرا که تمامی ترکیب‌های غلظتی سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید تحت سطوح مختلف تنش خشکی شاخص طولی قدرت بیش‌تری در مقایسه با شرایط بدون پیش‌تیمار (شاهد) داشتند. هنگامی‌که بذرهای کدو تخم کاغذی با غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید (بدون جاسمونیک اسید) تیمار شدند، شاخص طولی قدرت گیاهچه‌ها بیش‌تر از سایر سطوح پیش‌تیمار بود، در حالیکه هر دو غلظت جاسمونیک اسید (در غیاب سالیسیلیک اسید) از لحاظ این صفت در یک گروه آماری قرار گرفتند و تفاوت معنی داری با هم نداشتند. علاوه براین، کاربرد همزمان غلظت‌های مختلف غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید اثرات مثبت بیش‌تری بر شاخص طولی قدرت داشتند. به‌طوریکه، بیش‌ترین مقدار شاخص طولی قدرت گیاهچه کدو تخم کاغذی در غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید توأم با غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام جاسمونیک اسید (SA_2 JA_2) در سطوح مختلف تنش خشکی حاصل گردید (شکل ٤).

افزایش شدت تنش خشکی در بستر کشت بذرهای کدو تخم کاغذی موجب افزایش معنی‌دار پرولین آزاد گیاهچه گردید ($P \leq 0.05$). به‌طوریکه در آبیاری با ۳۰ درصد ظرفیت زراعی، محتوای پرولین در حدود ۱۳ درصد نسبت به شاهد (شرایط بدون تنش) افزایش نشان داد (شکل ۵). در گیاهچه‌های به دست آمده از بذرهای پیش‌تیمار شده با ترکیب‌های غلظتی سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید، افزایش در میزان پرولین گیاهچه تحت تنش خشکی مشهودتر بود ($P \leq 0.05$). هر کدام از غلظت‌های سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید به صورت منفرد موجب افزایش پرولین آزاد گیاهچه‌ها در شرایط تنش خشکی شد، اما به لحاظ آماری این ترکیبات به تنهایی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. درحالیکه پیش‌تیمار بذرهای کدو تخم کاغذی با غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید به صورت همزمان موجب تولید گیاهچه‌هایی با محتوای پرولین آزاد بیش‌تری گردید. به طوریکه غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید توأم با غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام جاسمونیک اسید (SA_2 JA_2) در سطوح مختلف تنش خشکی بیش‌ترین میزان پرولین گیاهچه را به خود اختصاص داد (شکل ۵).

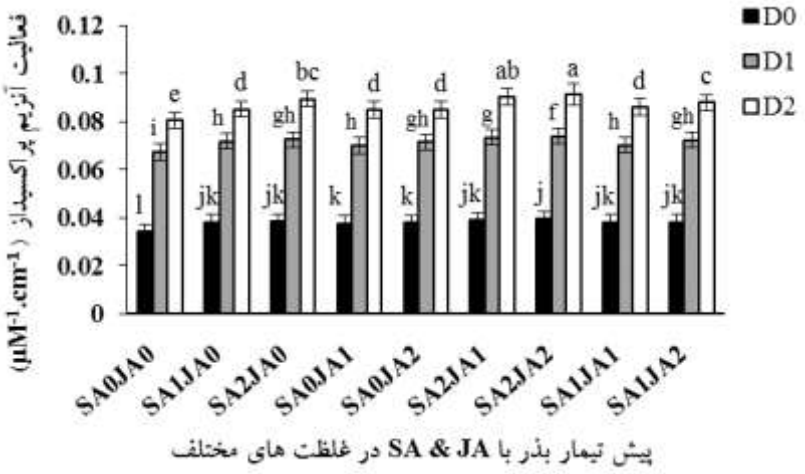
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.11.5]



شکل۵- اثر متقابل تنش خشکی و پیش‌تیمار بذر بر مقدار پرولین گیاهچه‌های کدو تخم کاغذی

SA_0 (شاهد، عدم کاربرد اسید سالیسیلیک)، SA_1 (غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید)، SA_2 (غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید). JA_0 (شاهد، عدم کاربرد جاسمونیک اسید)، JA_1 (غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام جاسمونیک اسید)، JA_2 (غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام جاسمونیک اسید). D_0 (شاهد، ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)، D_1 (۶۰ درصد ظرفیت زراعی، D_2 (۳۰ درصد ظرفیت زراعی).

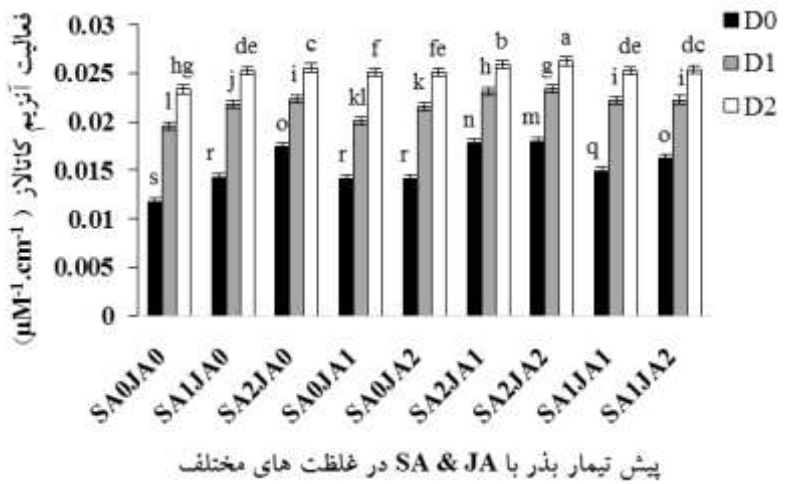


شکل۶- اثر متقابل تنش خشکی و پیش‌تیمار بذر بر فعالیت آنزیم پراکسیداز گیاهچه‌های کدو تخم کاغذی

SA_0 (شاهد، عدم کاربرد اسید سالیسیلیک)، SA_1 (غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید)، SA_2 (غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید). JA_0 (شاهد، عدم کاربرد جاسمونیک اسید)، JA_1 (غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام جاسمونیک اسید)، JA_2 (غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام جاسمونیک اسید). D_0 (شاهد، ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)، D_1 (۶۰ درصد ظرفیت زراعی، D_2 (۳۰ درصد ظرفیت زراعی).

فعالیت آنزیم پراکسیداز گیاهچه کدو تخم کاغذی به شدت تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت ($P \leq 0.05$). با شدت یافتن تنش فعالیت این آنزیم آنتی اکسیدان به طور معنی‌داری افزایش یافت. در سطوح خشکی ۶۰ و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی، به ترتیب، افزایش حدود ۴۷ و ۵۶ درصدی فعالیت آنزیم نسبت به شرایط بدون محدودیت آب در بستر کشت (شاهد) مشاهده گردید (شکل ۶). توده‌های بذری پیش‌تیمار شده با غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید منجر به افزایش معنی‌دار آنزیم پراکسیداز در شرایط تنش خشکی شد ($P \leq 0.05$). روند صعودی فعالیت آنزیم در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.11.5]



شکل۷- اثر متقابل تنش خشکی و پیش‌تیمار بذر بر فعالیت آنزیم کاتالاز گیاهچه‌های کدو تخم کاغذی

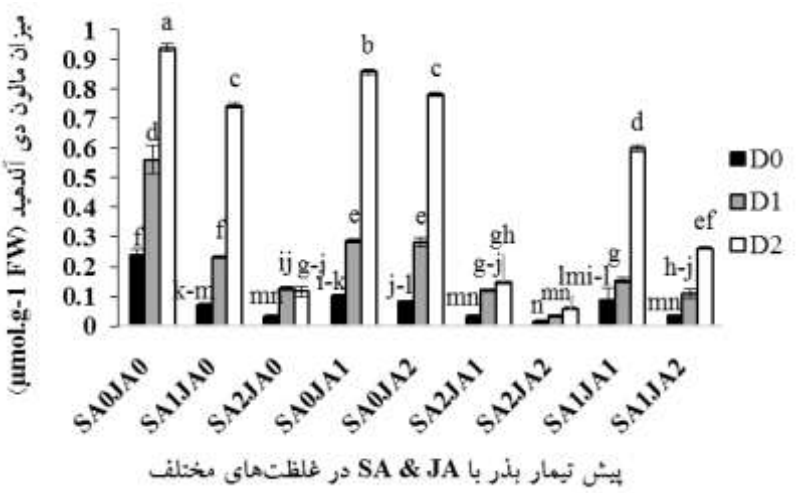
SA_0 (شاهد، عدم کاربرد اسید سالیسیلیک)، SA_1 (غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید)، SA_2 (غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید). JA_0 (شاهد، عدم کاربرد جاسمونیک اسید)، JA_1 (غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام جاسمونیک اسید)، JA_2 (غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام جاسمونیک اسید). D_0 (شاهد، ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)، D_1 (۶۰ درصد ظرفیت زراعی، D_2 (۳۰ درصد ظرفیت زراعی).

سطوح تنش در تمامی ترکیب‌های غلظتی سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید مشهود بود، اما در شرایط آبیاری نرمال سطوح مختلف پیش‌تیمار از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند و تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. از سوی دیگر در آبیاری ۶۰ و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی، پیش‌تیمار بذر با غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید توأم با غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام جاسمونیک اسید (SA_2 JA_2) بیش‌ترین فعالیت آنزیم پراکسیداز را موجب گردید (شکل ۶).

با خشک‌تر شدن محیط، فعالیت آنزیم کاتالاز گیاهچه افزایش یافت ($P \leq 0.05$). به‌طوریکه در تنش شدید رطوبتی، بیش‌ترین فعالیت آنزیم کاتالاز مشاهده شد (شکل ۷). پیش‌تیمار بذر با غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید موجب تولید گیاهچه‌هایی شد که فعالیت آنزیم کاتالاز آن‌ها در سطوح مختلف تنش افزایش معنی‌داری از خود نشان داد ($P \leq 0.05$). کاربرد غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید (بدون حضور جاسمونیک اسید) فعالیت آنزیم کاتالاز بیش‌تری نسبت به سایر سطوح پیش‌تیمار در حالت منفرد داشت. غلظت‌های مختلف جاسمونیک اسید (بدون اسید سالیسیلیک) نیز تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. اما کاربرد این دو ترکیب به صورت همزمان با هم برای پیش‌تیمار بذرهای کدو تخم کاغذی، از نظر فعالیت آنزیم کاتالاز گیاهچه، سودمندی بیش‌تری نسبت به استفاده‌ی منفرد از آن‌ها داشت و از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با سایر سطوح پیش‌تیمار داشت. به نحوی که در سطوح مختلف تنش خشکی، غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید توأم با غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام جاسمونیک اسید (SA_2 JA_2) بیش‌ترین فعالیت آنزیمی را از خود نشان داد (شکل ۷).

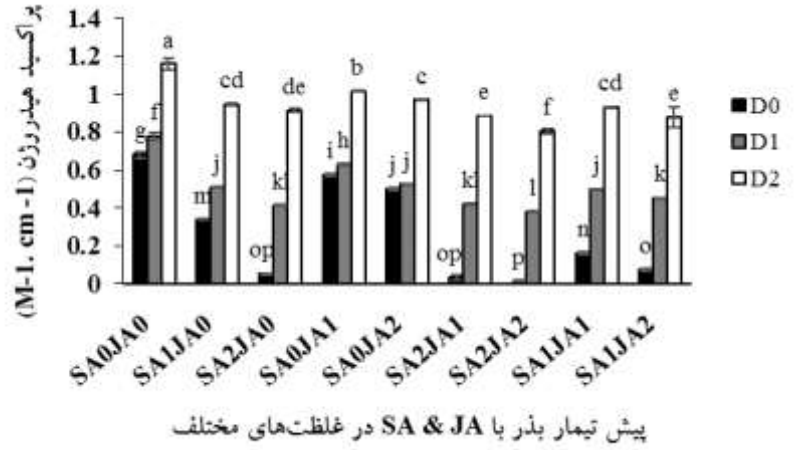
با افزایش سطوح خشکی میزان مالون دی‌آلدهید و پراکسید هیدروژن گیاهچه کدو تخم کاغذی به طور معنی‌داری افزایش یافت ($P \leq 0.05$). به‌طوریکه نسبت به شاهد (بدون تنش خشکی) تنش خشکی شدید موجب کاهش حدود ۸۴ درصدی میزان مالون دی آلدهید گیاهچه‌ها و ۷۱ درصدی میزان پراکسید هیدروژن گیاهچه‌ها و تنش خشکی ملایم موجب کاهش حدود ۶۴ درصدی میزان مالون دی آلدهید گیاهچه‌ها و ۴۷ درصدی میزان پراکسید هیدروژن گیاهچه‌ها گردید (شکل ۸ و ۹). از سوی دیگر، مقدار مالون دی‌آلدهید و پراکسید هیدروژن گیاهچه‌های حاصل از بذرهای پیش‌تیمار شده با غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.11.5]



شکل۸- اثر متقابل تنش خشکی و پیش‌تیمار بذر بر میزان مالون دی‌آلدهید گیاهچه‌های کدو تخم کاغذی

SA_0 (شاهد، عدم کاربرد اسید سالیسیلیک)، SA_1 (غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید)، SA_2 (غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید). JA_0 (شاهد، عدم کاربرد جاسمونیک اسید)، JA_1 (غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام جاسمونیک اسید)، JA_2 (غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام جاسمونیک اسید). D_0 (شاهد، ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)، D_1 (۶۰ درصد ظرفیت زراعی، D_2 (۳۰ درصد ظرفیت زراعی).



شکل۹- اثر متقابل تنش خشکی و پیش‌تیمار بذر بر میزان پراکسید هیدروژن گیاهچه‌های کدو تخم کاغذی

SA_0 (شاهد، عدم کاربرد اسید سالیسیلیک)، SA_1 (غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید)، SA_2 (غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید). JA_0 (شاهد، عدم کاربرد جاسمونیک اسید)، JA_1 (غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام جاسمونیک اسید)، JA_2 (غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام جاسمونیک اسید). D_0 (شاهد، ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)، D_1 (۶۰ درصد ظرفیت زراعی، D_2 (۳۰ درصد ظرفیت زراعی).

(SA and JA) در شرایط تنش نسبت به شاهد (عدم پیش‌تیمار بذر) کاهش معنی‌داری نشان داد ($P \leq 0.05$). غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید در حالت منفرد نسبت به غلظت‌های مختلف جاسمونیک اسید به صورت منفرد در کاهش مقدار مالون دی‌آلدهید و پراکسید هیدروژن گیاهچه‌های کدو تخم کاغذی مؤثرتر بودند. اما پیش‌تیمار بذرها با ترکیب هر دو ماده در غلظت‌های مختلف موجب بروز اثرات مثبت بیش‌تری شد. به طوریکه کم‌ترین مقدار مالون دی‌آلدهید و پراکسید هیدروژن گیاهچه‌ها به ترکیب تیماری SA_2JA_2 (غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام اسید سالیسیلیک و ۱۰۰ پی‌پی‌ام جاسمونیک اسید) و بیش‌ترین

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.11.5]

مقدار مالون دی‌آلدهید و پراکسید هیدروژن گیاهچه‌های به ترکیب تیماری SA_0 JA_0 (عدم پیش‌تیمار بذر) تعلق داشت (شکل ۸ و ۹).

بحث

با توجه به سیستم‌های آنتی اکسیدانی، شاخص‌های ظهور و رشد اولیه گیاهچه، مهم‌ترین مشاهده این مطالعه القای مقاومت به تنش خشکی در گیاهچه‌های حاصل از بذرهای پیش‌تیمار شده با سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید در کدو تخم کاغذی بود. در این پژوهش شاخص‌های ظهور گیاهچه‌های کدو تخم کاغذی با افزایش محدودیت آب در بستر کشت کاهش معنی‌داری داشت. مطابق با نتایج این مطالعه، پژوهشگران گزارش نمودند که تنش خشکی موجب کاهش معنی‌داری ظهور و رشد اولیه گیاهچه‌های کدو تخم کاغذی شد (کریم‌زاده حسینیان، ۱۳۹۲). Rajabi and Fetri (۲۰۱۳) بیان نمودند که اگر جذب آب توسط بذر دچار اختلال گردد، فعالیت‌های متابولیکی جوانه‌زنی در داخل بذر به آرامی صورت می‌گیرد و در نتیجه کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی بذر، ظهور و رشد اولیه گیاهچه را شاهد خواهیم بود. یکی از دلایل احتمالی کاهش ظهور و رشد اولیه گیاهچه کدو تخم کاغذی تحت تنش خشکی را می‌توان به تغییرات هورمونی نسبت داد، چرا که محدودیت آب در بستر بذر با افزایش اسید آبسیزیک، مانع از جوانه‌زنی بذر، ظهور و رشد مطلوب گیاهچه‌ها در مراحل ابتدایی رشد می‌شود (Ko *et al.*, 2006; Taiz *et al.*, 2015). در این راستا، پژوهشگران اعلام نمودند که سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید به عنوان سیگنال‌های درونی گیاه در پاسخ به تنش‌های زنده و غیر زنده نظیر پاتوژن‌ها، اشعه‌ی UV، شوری و کم آبی عمل می‌نمایند (Popova *et al.*, 2003). منوچهری‌فر و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند که سالیسیلیک اسید یکی از تنظیم‌کننده‌های رشد است که در پیش‌تیمار بذرها مورد استفاده قرار می‌گیرد. این تنظیم‌کننده دامنه‌ی وسیعی از فرآیندهای مختلف گیاهان نظیر ظهور گیاهچه و خصوصیات رشدی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و باعث بهبود جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه می‌شود (Rajasekaran *et al.*, 2002; Shakirova and Sahabutdinova, 2003; El-Tayeb, 2005). بطور کلی افزایش ظهور گیاهچه (سرعت و درصد ظهور گیاهچه) و رشد اولیه گیاهچه (طول و وزن خشک گیاهچه) را می‌توان به تأثیر سالیسیلیک اسید بر بیوسنتز جیبرلین، فعالیت دستگاه فتوسنتزی و حفاظت از آن، مقدار فتوسنتز، فعالیت آنزیم روبیسکو، مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی، هدایت روزنه‌ای و سیستم آنتی‌اکسیدانی نسبت داد (Rajasekaran *et al.*, 2002; Korkmaz, 2007). از سوی دیگر زارعی و همکاران (۱۳۹۵) عنوان کردند که پیش‌تیمار بذرهای سیاه‌دانه با جاسمونیک اسید شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه را به طور معنی‌داری افزایش داد، که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. پیش‌تیمار بذر با جاسمونات‌ها، موجب تحریک تولید پلی‌آمین آزاد در بافت‌های گیاهی می‌شود، لذا می‌توان گفت که جاسمونات و پلی‌آمین یک حالت هم‌افزایی نسبت به هم دارند که در اثر این هم-افزایی، پیش‌تیمار بذر با جاسمونیک اسید می‌تواند جوانه‌زنی بذر و ظهور گیاهچه را افزایش دهد (Kaya *et al.*, 2002).

مطابق نتایج این پژوهش، آقایی و احسان‌زاده (۱۳۹۰) گزارش نمودند که تنش خشکی، تجمع پرولین آزاد را در کدو تخم کاغذی افزایش داد. Saneoka (۲۰۰٤) تصریح کرد که تجمع پرولین رابطه مثبت و مستقیمی با افزایش مقاومت به تنش کم آبی در گیاهان دارد، که این موضوع در نتایج مطالعه حاضر مشهود بود. افزایش پرولین منجر به حفظ تورم و کاهش خسارت غشاء سلولی در گیاهان می‌شود، بنابراین با تنظیم اسمزی تحمل به تنش خشکی را افزایش می‌دهد (Pandey and Agarwal, 1998). از سوی دیگر پیش‌تیمار بذرها با سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید موجب تشدید روند صعودی محتوای پرولین آزاد گیاهچه‌های کدو تخم کاغذی تحت شرایط تنش خشکی شد. در این راستا Hussain و همکاران (۲۰۰۸) با کاربرد اسید سالیسیلیک در شرایط تنش خشکی در گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) دریافتند که این ماده موجب افزایش میزان پرولین آزاد گیاهچه‌ها می‌گردد. همچنین، Bandurska and Stroinski (۲۰۰۵) بیان

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.11.5]

کردند که تیمار با سالیسیلیک اسید محتوی پرولین را در برگ‌های *H. spontaneum* در شرایط کمبود آب افزایش داد. سالیسیلیک اسید با اثر بر فعالیت آنزیم‌های مسیر سنتز پرولین، موجب افزایش تولید این اسید آمینه می‌شود و از این طریق تحمل گیاه به شرایط تنش را ارتقا می‌دهد(Misra and Saxena, 2009; Li et al., 2017). از طرفی، همسو با نتایج این پژوهش Yoon و همکاران (۲۰۰۹) افزایش محتوای پرولین گیاهچه‌های سویا تحت تأثیر جاسمونیک اسید را گزارش نمودند. جاسمونیک اسید به عنوان کنترول‌کننده‌ی بیان ژن‌های تنظیم کننده‌ی اسمزی نظیر تئونین، اسموتین، هیدروکسی پرولین و پرولین عمل کرده و با تنظیم افزایشی آن‌ها به ویژه پرولین سبب افزایش میزان این اسید آمینه در شرایط تنش می شود (Wasternack and Kombrink, 2009; Geetika *et al.*, 2017).

در این پژوهش، با کاهش پتانسیل آب در بستر کشت تجمع رادیکال‌های آزاد اکسیژن در گیاهچه کدو تخم کاغذی افزایش یافت که این امر موجب افزایش واکنش‌های پراکسیداتیو و تجمع مواد سمی مانند مالون دی‌آلدهید و پراکسید هیدروژن گردید. از طرفی سیستم‌های آنتی‌اکسیدان نظر آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز در گیاهچه کدو تخم کاغذی در جهت خنثی کردن این اثرات سوء افزایش معنی‌داری نشان دادند. دلایل محکمی وجود دارد که تنش خشکی در گیاهان مختلف می‌تواند سبب تجمع انواع اکسیژن واکنش‌گر مانند آنیون سوپراکسید، رادیکال‌های هیدروکسیل، اکسیژن منفرد و پراکسید هیدروژن گردد (Todorova *et al.*, 2016). سالیسیلیک اسید به واسطه افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز، موجب ارتقاء توان آنتی‌اکسیدان‌های سلولی و سنتز پروتئین‌های جدید شده و از این طریق از دستگاه فتوسنتزی محافظت می‌کند (Pasala *et al.*, 2016)، به‌طوریکه این ترکیب در مطالعات متعدد به عنوان یک مولکول پیام‌رسان مهم در پاسخ به تنش‌های زیستی و غیر زیستی مورد تأکید قرار گرفته است (El-Tayeb, 2005; Le, Thanh *et al.*, 2017). به نظر می‌رسد که سالیسیلیک اسید با پاکسازی رادیکال‌های آزاد، از اکسیداسیون لیپیدها جلوگیری نموده و مانع از تجمع بیش‌تر مالون دی‌آلدهید و پراکسید هیدروژن می‌گردد (محمدی و سیاری، ۱۳۹۳). سالیسیلیک اسید به طور مستقیم یا غیر مستقیم آنزیم‌های آنتی اکسیدان را فعال می‌کند و می‌تواند به عنوان یک سوبسترای دهندی الکترون برای کاتالاز و پراکسیداز عمل نماید و در کاهش تنش به وجود آمده نقش مهمی ایفا کند (نظر بیگی و بلوچی، ۱۳۹۰). با توجه به نتایج مشاهده شده در این پژوهش مشخص گردید که تنش خشکی باعث آزاد شدن رادیکال‌های آزاد و به وجود آمدن تنش اکسیداتیو می‌گردد، که در نهایت منجر به افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان کاتالاز و پراکسیداز شد، که این آنزیم‌ها در کاهش تنش به وجود آمده و کاهش تجمع H_2O_2 و مالون دی‌آلدهید نقش مهمی ایفا نمودند. از سوی دیگر، عنوان شده است که جاسمونیک اسید با بالا نگه داشتن سطح فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نظیر کاتالاز و پراکسیداز مانع اثر رادیکال‌های آزاد حاصل از تنش، بر غشاء گردیده است و از تجمع مالون دی آلدهید و پراکسید هیدروژن ممانعت می‌کند (Wang, 1999). گزارش‌ها مختلفی مبنی بر اثر مثبت جاسمونیک اسید بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و کاهش تجمع مالون دی‌آلدهید در گیاه آرابیدوبپسیس (Jung, 2004)، کلزا (Comparot *et al.*, 2002) و بادام زمینی (Kumari *et al.*, 2006) ارائه شده است. تغییرهای سوخت و سازی ایجاد شده با جاسمونیک اسید منجر به تغییر در سطح رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌شود که این تغییرها زمینه‌ساز انگیزش سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی می‌شود. به نظر می‌رسد که، جاسمونیک اسید و گونه‌های فعال اکسیژن به ویژه پراکسید هیدروژن، در سیستم پیام‌رسانی سلولی دخالت داشته و باعث انگیزش دفاع آنتی‌اکسیدانی در شرایط تنش می‌گردد (Orozco-Cardenas *et al.*, 2001).

نتیجه‌گیری کلی

به نظر می‌رسد که پیش‌تیمار بذر کدو تخم کاغذی با سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید تأثیر زیادی بر قابلیت تحمل به تنش خشکی در بوته‌های حاصل دارد، به‌طوریکه در شرایط محدودیت آب ظهور و رشد اولیه این گیاهچه‌ها و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.11.5]

همچنین فعالیت سیستم‌های آنتی اکسیدانی در این گیاهچه‌ها نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان داد. این امر موجب افت شدید واکنش‌های پراکسیداتیو و تولید محصولات سمی نظیر مالون دی‌آلدهید و H_2O_2 در گیاهچه‌های کدو تخم کاغذی گردید. بطور کلی، تمامی سطوح سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید در مقایسه با شاهد (عدم پیش‌تیمار بذر) اثرات مثبتی در جهت تحمل به تنش خشکی در مرحله ظهور و استقرار گیاهچه از خود نشان دادند، اما گیاهچه‌های حاصل از بذرهای پیش‌تیمار شده با ترکیب توأم سطح بالای سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید (SA_2 JA_2) بترتیب با ۸، ۷ و ۵ درصد افزایش در سرعت ظهور، طول و وزن خشک گیاهچه از تحمل به تنش بالاتری برخوردار بودند. لذا با توجه به نتایج حاصل و بررسی‌های وسیع‌تر در این زمینه، می‌توان توصیه نمود که در مزارع کدو تخم کاغذی جهت یکنواختی ظهور و رشد اولیه گیاهچه و همچنین قابلیت تحمل به تنش خشکی در گیاهچه‌های حاصل، از پیش‌تیمار بذرها با سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید در غلظت‌های بهینه (غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید همراه با غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام جاسمونیک اسید) استفاده گردد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله نویسندگان این مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از معاونت پژوهشی و مالی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه ملایر اعلام می‌دارند.

منابع

امید بیگی، ر. (۱۳۷۹) رهیافت‌های تولید و فرآوری گیاهان دارویی. انتشارات آستان قدس رضوی.

آقایی، ا. ح. و احسان‌زاده، پ. (۱۳۹۰) اثر رژیم آبیاری بر عملکرد و برخی پارامترهای فیزیولوژیک گیاه داروئی کدو تخم کاغذی. مجله علوم باغبانی ایران ٤۲: ۲۹۹-۲۹۱.

بلوچی، ح. م. (۱۳۹۲) بررسی تأثیر پیش‌تیمار بذر بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در کدوی تخم کاغذی تحت تنش شوری. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی ۱۰: ۱۷۹-۱٦٥.

خزائی، ح. م.، پارسا، ف. و پناهی، ح. (۱۳۷۸) اثرات تلقیح نژادهای بومی ریزوبیوم بر گره‌زایی ژنوتیپ‌های دسی و کابلی نخود تحت رژیم‌های مختلف رطوبتی در مرحله رشد رویشی. مجله پژوهش‌های زراعی ایران ٦: ۹۷-۸۹.

زارعی. ب.، تقی‌پور، ز. و فاضلی، آ. (۱۳۹٥) بررسی تأثیر پرایمینگ بذر با غلظت‌های نختلف جاسمونیک اسید بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه سیاه‌دانه در شرایط تنش شوری. نشریه تحقیقات بذر ٦:۷٦-٦۷.

کافی، م.، برزوئی، ا.، صالحی، م.، کمندی، ع.، معصومی، ع. و نباتی، ج. (۱۳۸۸) فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان. جهاد دانشگاهی مشهد.

کریم‌زاده و حسینیان، ی. س.، بذرگر، ا. ب.، صدرآبادب حقیقی، ر. و بختیاری، س. (۱۳۹۲) مقایسه اثر پرایمینگ در بهبود ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر کدو تخم کاغذی تحت شرایط تنش خشکی. نشریه تحقیقات بذر ۳: ٦۰-٥۲.

محمدی، م. و سیاری، م. (۱۳۹۳) اثر اسید سالیسیلیک بر ویژگی‌های رشدی، محتوای پرولین و فعالیت آنتی اکسیدانی گیاه کاهو در شرایط شوری خاک. نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی ۱۳: ۱۲-۱.

منوچهری‌فر، پ.، لاری‌یزدی، ح. و زاجی، ب. (۱۳۹۲) تأثیر تنش خشکی و اسید سالیسیلیک بر برخی شاخص‌های جوانه‌زنی دو رقم ذرت. فصلنامه علمی-پژوهشی گیاه و زیست بوم ۳٤: ۲۰-۳.

نظر بیگی، ا. و بلوچی، ن. (۱۳۹۰) بررسی اثرات برهم‌کنش سالیسیلیک اسید و کلرید سدیم بر روی فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز در دو رقم کلزا. فصلنامه اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی ۳: ۲۰٤-۱۹٦.

Aebi, H. (1984) Catalase in vitro. Methods in Enzymology 105: 121-126.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.11.5]

Anda, A. and Pinter, L. (1994) Sorghum germination and development as influenced by soil temperature and water content. Agronomy Journal 86: 621-624.

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

Balbaki, R. Z., Zurayk, R. A., Blelk, M. M. and Tahouk, S. N. (1999) Germination and seedling development of drought tolerant and susceptible wheat under moisture stress. Seed Science and Technology 27: 291-302.

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

Bates, L. S. (1973) Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil 39: 205–207.

Boydak M., Dirik, H., Tilki, F. and Calikoglu, M. (2003) Effects of water stress on germination in six provenances of *Pinus brutia* seeds from different bioclimatic zones in Turkey. Turkish Journal of Agriculture 27: 91-97.

Cavazza, L., Patruno, A. and Cirillo, E. (2007) Field capacity in soils with a yearly oscillating water table. Biosystems Engineering 98: 364-370.

Comparot, S. M., Graham, C. M. and Reid, D. M. (2002) Methyl jasmonate elicits a differential antioxidant response in light and dark grown canola (*Brassica napus*) roots and shoots. Journal Plant Growth Regulation 38: 21-30.

Ekor, M. (2014) The growing use of herbal medicines: issues relating to adverse reactions and challenges in monitoring safety. Frontiers in Pharmacology 4: 1-10.

Ellis, R. H. and Roberts, E. H. (1981) The quantification of aging and survival in orthodox seeds. Seed Science Technology 9: 373-409.

El-Tayeb, M. A. (2005) Response of barley Gains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation 45: 215-225.

Geetika, S., Ruqia, M., Poonam, S., Harpreet, K., and Mudaser, A. M. (2017) Jasmonate signaling and stress management in plants. Mechanism of Plant Hormone Signaling under Stress 143-171.

Ghoulam, C. F., Ahmed, F. and Khalid, F. (2001) Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. Environmental and Experimental Botany 47: 139-150.

Govahi, M., Arvin, M. J. and Saffari, G. (2008) Response of seed sermination and seedling growth of sugar beet to low temperature by priming with PEG, acetyl salicylic acid and methyl jasmonate. Agrochimica 4: 12-21.

Harris, D. (2003) Reducing risk and increasing yields from rain fed crops in Africa using on farm seed priming. In: Harnessing Crop Technologies to Alleviate Hunger and Poverty in Africa. Pp: 87-88. 6th Biennial Conference of the Africa Crop Science Society, Hilton Nairobi, Kenya.

Heath, R. L. and Packer, L. (1968) Photo peroxidation in isolated chloroplasts, I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Archives of Biochemistry and Biophysics 125: 189–198.

Hung, S. H., Yu, C. W. and Lin, C. H. (2005) Hydrogen peroxide functions as a stress signal in plants. Botanical studies Bull. Academic journal 46: 1-10.

Hussain, M., Malik, M. A., Farooq, M., Ashraf, M. Y. and Cheema, M. A. (2008) Improving drought tolerance by exogenous application of glycine betaine and salicylic acid in sunflower. Journal of Agronomy and Crop Science 196: 136-145.

ISTA. (2008) International rules for seed testing. Rules 2008. Supple.

Jacob, H. and Clarke, G. (2002) Methods of soil analysis, part 4, physical method. Pp. 1692. Soil Science Society of America, Inc, Madison, Wisconsin, USA.

Jung, S. (2004) Effect of chlorophyll reduction in *Arabidopsis thaliana* by methyl jasmonate or norflurazon on antioxidant systems. Journal of Plant physiology and Biochemistry 42: 231-255.

Kalantar Ahmadi, S. A., Ebadi, A., Daneshian, J., Jahanbakhsh, S., Siadat, S. A. and Tavakoli, H. (2015) Effects of irrigation deficit and application of some growth regulators on defense mechanisms of canola. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 43:124-130

Kaya, M. D., Okcu, G., Atak, M., Cıkili, Y. and Kolsarici, O. (2006) Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus anuuus* L.). European Journal of Agronomy 24: 291-295.

Kaya, C., Kirnak, H., Higgs, D. and Saltli, K. (2002) Supplementary calcium enhances plant growth and fruit yield in strawberry cultivars grown at hight (NaCl) salinity. Scientia Horticultrea 93: 65-74.

Khalid, K. A. (2006) Influence of water stress on growth, essential oil and chemical composition of herbs (*Ocimum sp*.). International-Agrophysics 20: 289- 296.

Khan, A. J., Azam, F. and Ali, A. (2010) Relationship of morphological traits and grain yield in recombinant inbreed wheat lines grown under drought conditions. Pakistan Journal of Botany 42: 259-267.

Ko, J. H., Yang, S. H. and Han, K. H. (2006) Upregulation of an Arabidopsis RING-H2 gene, XERICO, confers drought tolerance through increased abscisic acid biosynthesis. The Plant Journal 47: 343-355.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.11.5]

Koo, A. J. (2017) Metabolism of the plant hormone jasmonate: a sentinel for tissue damage and master regulator of stress response. Phytochemistry Reviews 1-30.

Korkmaz, A., Uzunlu, M. and Demirkiran, R. (2007) Acetyl salicylic acid alleviates chilling induced damage in muskmelon seedlings. Canadian Journal of Plant Science 80: 581–585.

Kumari, G. J., Reddy, A. M., Naik, S. T., Kumar, S. G., Prasanthi, J., Sriranganayakulu, G., Reddy, P. C. and Sudhakar, C. (2006) Jasmonic acid induced changes in protein pattern, antioxidative enzyme activities and peroxidase isozymes in peanut seedlings. Biologia Plantarum 50: 219-226.

Le, Thanh, T., Thumanu, K., Wongkaew, S., Boonkerd, N., Teaumroong, N., Phansak, P. and Buensanteai, N. (2017) Salicylic acid-induced accumulation of biochemical components associated with resistance against Xanthomonas oryzae pv. oryzae in rice. Journal of Plant Interactions 12: 108-120.

Li, Z., Yu, J., Peng, Y. and Huang, B. (2017) Metabolic pathways regulated by abscisic acid, salicylic acid and γ-aminobutyric acid in association with improved drought tolerance in creeping bentgrass (*Agrostis stolonifera*). Physiologia plantarum 159: 42-58.

MacAdam, J. W., Nelson, C. J. and Sharp, R. E. (1992) Peroxidase activity in the leaf elongation zone of tall fescue. Plant Physiology 99:872-878.

Mahmud, S., Sharmin, S., Chowdhury, B. L. D. and Hossain, M. A. (2017) Research article effect of salinity and alleviating role of methyl jasmonate in some rice varieties. Asian Journal of Plant Science 16:87-93.

Maksymiec, W. (2011) Effects of jasmonate and some other signalling factors on bean and onion growth during the initial phase of cadmium action. Biologia Plantarum 55: 112-118.

Meyer, S. E. and Pendleton, R. L. (2000) Genetic regulation of seed dormancy in *Purshia tridentate* (Rosaceae). Annal of Botany 85: 521-529.

Misra, N. and Saxena, P. (2009) Effect of salicylic acid on proline metabolism in lentil grown under salinity stress. Plant Science 177: 181-189.

Orozco-Cardenas, M. L., Narvaez-Vasquez, J. and Ryan, C. A. (2001) Hydrogen peroxide acts as a second messenger for the induction of defence genes in tomato plants in response to wounding, systemin, and methyl jasmonate. The Plant Cell 13:179-191.

Pandey, R. and Agarwal, R. M. (1998) Water stress-induced change in proline contents and nitrate reductase activity in Rice under light and dark condition. Physiology and Molecular Biology of Plants 4:53-57.

Pasala, R. K., Khan, M. I. R., Minhas, P. S., Farooq, M. A., Sultana, R., Per, T. S., Deokate, P. P., Khan, N. A. and Rane, J. (2016) Can plant bio-regulators minimize crop productivity losses caused by drought, heat and salinity stress? An integrated review. Journal of Applied Botany and Food Quality 22: 89.

Popova, L., Ananieva, E., Hristova, V., Christov, K., Georgieva, K., Alexieva, V., and Stoinova, Z. h. (2003) Salicylic Acid and Methyl Jasmonte induced protection on photosynthesis to paraquat oxidative stress. Bulgarian journal of plant physiology 133: 152.

Rajabi, M. and Fetri, M. (2013) Effect of drought and salinity stress on germination and seedling growth of Coriander (*Coriandrum sativum*). International Journal of Farming and Allied Sciences 2: 510-513.

Rajasekaran, L. R., Stiles, A., Surette, M. A., Sturz, A. V., Blake, T. J., Caldwell, C. and Nowak, J. (2002) Stand establishment technologies for processing carrots: Effects of various temperature regimes on germination and the role of salicylates in promoting germination at low temperatures. Canadian Journal of Plant Science 82: 443-450

Saneoka, H., Moghaieb, R. E. A., Premachandra, G. S. and Fujita, K. (2004) Nitrogen nutrition and water stress effects on cell membrane stability and leaf water relations in *Agrostis palustris Huds*. Environmental and Experimental Botany 52:131-138.

Shakirova, F. M., Shakhbutdinova, A. R., Bezrukova, M. V., Fatkhutdionova, R. A. and Fatkhutdionova, D. R. (2003) Changes in the hormonal status of wheat seed ling induced by salicylic acid and salinity. Plant science 164: 317-322.

Shakirova, F. M. and sahabutdinova D. R. (2003) Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. Plant science 164: 317-322.

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

Todorova, D., Talaat, N. B., Katerova, Z., Alexieva, V. and Shawky, B. T. (2016) Polyamines and brassinosteroids in drought stress responses and tolerance in plants. Water stress and crop plants: A sustainable approach (ed. Ahmad, P.) Pp. 608-627.

Wang, S. Y. (1999) Methyl jasmonate reduces water stress in strawberry. Journal of Plant Growth Regulation 18: 127-134.

Wasternack, C. and Kombrink, E. (2009) Jasmonates: Structural requirements for lipid-derived signals active in plant stress responses and development. ACS Chemical Biology 5: 63-77.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.11.5]

Yoon, J. Y., Hamayun, M., Lee, S. K. and Lee, I. J. (2009) Methyl jasmonate alleviated salinity stress in soybean. Journal of Crop Science and Biotechnology 12: 63-68.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.11.5]

Effect of seed priming with Salicylic Acid and Jasmonic Acid on emergence and early growth of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seedlings under drought stress condition

Majid Rostami[1] and Ahmad Javadi[2]

[1]Department of Agronomy, Faculty of Faculty of Agriculture and Natural Resources, Malayer University, Iran
[2]Department of Agronomy and Plant Breeding. Faculty of Agriculture and Natural Resources. University of Mohaghegh Ardabili
(Received: 04/09/2017, Accepted: 03/01/2018)

Abstract

In order to study the effect of seed priming with salicylic acid (SA) and jasmonic acid (JA) on emergence and early growth of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seedlings under drought stress condition, a factorial experiment based on randomized complete block design (RCBD) with four replications was conducted in the greenhouse of Malayer University. Experimental treatments were seed priming with salicylic acid (0, 100 and 200 ppm) and jasmonic acid (0, 50 and 100 ppm) and three levels of drought stress (100, 60 and 30% of field capacity). Based on the results, drought stress significantly ($P\leq0.05$) affected the percentage and rate of seedling emergence. In severe drought stress (30% of field capacity) percentage and rate of seedling emergence were decreased 10% and 54%, respectively. Furthermore, seedling length, seedling dry weight and seedling length vigor index decreased 11%, 9% and 25%, respectively, whereas at the same condition malondialdehyde and proline content increased 84% and 13%, respectively. Severe drought stress also increased the activity of catalase and proxidase enzymes in pumpkin seedlings up to 39 and 57 percent, respectively. Seed priming with salicylic acid and jasmonic acid significantly ($P\leq0.05$) decreased the negative effect of drought stress on all of the studied traits except seedling emergence percentage. Simultaneous priming with highest level of salicylic acid and jasmonic acid resulted in highest drought tolerance in pumpkin seedlings.
Key words: Antioxidant enzymes, Germination rate, Plant hormones, Seed priming

Corresponding author, Email: M.rostami@malayeru.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.11.5]