# اثر پرایمینگ بذر با سالیسیلیک‌اسید و تنش کم‌آبی بر فعالیت آنزیمی و عملکرد ذرت دانه‌ای

رضا صیامی[۱]، بهرام میرشکاری [۲]، فرهاد فرح وش*[۳]، ورهرام رشیدی[۴] و علیرضا تاری‌نژاد[۵]

۱،۲،۳و۴) گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.
۵) عضو هیأت علمی گروه بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران.

**این مقاله مستخرج از رساله دکتری می‌باشد.**

*** نویسنده مسئول: farahvash@iaut.ac.ir**

**تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۵/۱۰** **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۸/۲**

## چکیده

**به‌منظور بررسی اثر پرایمینگ بذر با سالیسیلیک‌اسید و تنش کم‌آبی بر فعالیت آنزیمی و عملکرد ذرت دانه‌ای، این آزمایش در سال ۱۳۹۴ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز به‌صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی شامل دو سطح آبیاری نرمال (بدون تنش) و اعمال کم‌آبی به‌ترتیب براساس ۷۰ و ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A پس از مرحله ۹-۸ برگی ذرت و عامل فرعی در سه سطح شامل پرایمینگ بذر ذرت با غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام از سالیسیلیک‌اسید به‌همراه شاهد (عدم پرایمینگ) در مرحله قبل از کاشت بود. براساس نتایج حاصل از آزمایش، در اثر وقوع تنش کم‌آبی ۲۷ درصد بر فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز در برگ ذرت افزوده شد و پرایمینگ بذر با غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام از سالیسیلیک‌اسید، فعالیت آنزیم مذکور را به‌ترتیب ۳۲ و ۴۲ درصد افزایش داد. عملکرد دانه ذرت در اثر اعمال تنش کم‌آبی با افزایش دور آبیاری از ۷۰ به ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک از مرحله ۹-۸ برگی به بعد، ۱۱۰ گرم در مترمربع کاهش یافت و پرایمینگ بذر با غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام از سالیسیلیک‌اسید عملکرد دانه ذرت را به‌طور میانگین ۱۳/۵۰ درصد افزایش داد و اختلاف آماری معنی‌داری از لحاظ عملکرد دانه بین دو غلظت مورد مطالعه وجود نداشت. بنابراین با توجه به عدم وجود اختلاف معنی‌دار از لحاظ صفات مورد بررسی و به‌ویژه عملکرد دانه میان دو سطح غلظت، به‌نظر می‌رسد که پرایمینگ بذر با غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک‌اسید در راستای افزایش عملکرد دانه ذرت در هر دو حالت آبیاری نرمال و اعمال تنش کم‌آبی مؤثر بوده است.**

**واژه‌های کلیدی:** آبیاری نرمال، تشتک تبخیر و سوپراکسیددیسموتار.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.34.2.9 ]

**مقدمه**

ذرت از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی محسوب می‌شود که مستقیماً به‌عنوان غذای اصلی گروه بزرگی از انسان‌ها، دام و طیور مورد استفاده قرار گرفته و بر اساس گزارش سازمان خوار و بار و کشاورزی جهانی ذرت دانه‌ای از لحاظ میزان تولید به‌عنوان اولین محصول غله‌ای مهم در جهان محسوب می‌گردد (بی‌نام، ۱۳۹۲). پرایمینگ یا پیش‌تیمار بذر یک استراتژی قبل از کاشت جهت بهبود جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه از طریق تقدم فعالیت‌های متابولیکی قبل از ظهور ریشه‌چه است که اغلب به جذب بیش‌تر رطوبت، مواد غذایی و تابش خورشید و در نهایت افزایش عملکرد منتج می‌شود (Khan *et al.*, 2008). سالیسیلیک‌اسید ترکیب محافظت‌کننده در برابر تنش‌ها است و به‌دلیل ایجاد سیگنال مولکولی به‌منظور تنظیم واکنش گیاهان نسبت به تنش‌های محیطی حائز اهمیت می‌باشد (Baghizadeh and Hajmohammadrezaei, 2011). سالیسیلیک‌اسید در مقادیر کم در گیاهان وجود دارد و به‌طور ذاتی نقش آنتی‌اکسیدان‌ها را بازی کرده و موجب حذف رادیکال‌های آزاد می‌شود (Khaled *et al.*, 2007). از سالیسیلیک‌اسید جهت کاهش اثر مضر ناشی از تنش غیر زیستی استفاده می‌شود (Horvath *et al.*, 2007). اثر سوء ناشی از تنش آب بر رشد و نمو و عملکرد ذرت به زمان وقوع و شدت تنش، مرحله نموی و ژنوتیپ گیاه بستگی دارد (Paolo and Rinaldi, 2008). بروز تنش کم‌آبی به‌هنگام گل‌دهی و پر شدن دانه موجب کاهش عملکرد معنی‌دار در ذرت گردیده است (سیلسپور و همکاران، ۱۳۸۸). وقوع تنش کم‌آبی موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در برگ ذرت گردیده است (دولت‌آبادیان و همکاران، ۱۳۸۸). اعمال تنش کم‌آبی طی مراحل گل‌دهی و پر شدن دانه به‌ترتیب موجب کاهش ۲۹/۲ و ۱۸/۱ درصدی عملکرد دانه ذرت شده است (ربانی و امام، ۱۳۹۰). پرایمینگ بذر گندم قبل از کاشت با سالیسیلیک‌اسید نقش سودمندی تحت شرایط تنش کم‌آبی داشته است (Hamada and Al-Hakimi., 2011). پرایمینگ بذر ذرت و سویا با سالیسیلیک‌اسید باعث افزایش سطح برگ شده است (Khaled *et al.*, 2007). پرایمینگ بذرهای گندم با سالیسیلیک‌اسید به افزایش اندازه سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت منجر گردیده است (Shakirova, 2007). پرایمینگ بذرهای برنج با غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک‌اسید عملکرد این گیاه را به‌طور معنی‌داری افزایش داده است (Farooq *et al.*, 2009). پرایمینگ بذرهای ذرت با غلظت‌های مختلف سالیسیلیک‌اسید به افزایش عملکرد دانه و ماده خشک در هر دو شرایط تنش کم‌آبی و بدون تنش منتج گردیده است (مهرابیان مقدم و همکاران، ۱۳۹۰). پرایمینگ بذر ذرت با سالیسیلیک‌اسید موجب بهبود سبزکردن، استقرار اولیه، پنجه‌زنی، آللومتری، عملکرد دانه و کاه و هم‌چنین شاخص برداشت گردیده است (Farooq *et al.*, 2008). پرایمینگ بذرهای ذرت با سالیسیلیک‌اسید موجب افزایش میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در برگ شده است (طباطبایی، ۱۳۹۲). این آزمایش با هدف بررسی اثر پرایمینگ بذر با سالیسیلیک‌اسید و تنش کم‌آبی بر فعالیت

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.34.2.9 ]

آنزیمی و عملکرد دانه ذرت و هم‌چنین امکان‌سنجی تعدیل و کاهش اثرات ناشی از وقوع تنش کم‌آبی با استفاده از روش پرایمینگ سالیسیلیک‌اسید اجرا شد.

## مواد و روش ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۴ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز واقع در ۱۵ کیلومتری شرق تبریز اجرا شد. آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار روی بذر ذرت هیبرید سینگل‌کراس ۲۶۰ در مزرعه انجام شد. عامل اصلی شامل دو سطح آبیاری نرمال (بدون تنش) و اعمال کم‌آبی به‌ترتیب براساس ۷۰ و ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A پس از مرحله ۹-۸ برگی ذرت و عامل فرعی در سه سطح شامل پرایمینگ بذر ذرت با غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام از سالیسیلیک‌اسید (Farooq *et al*., 2009; Rao *et al*., 2012) به همراه شاهد (عدم پرایمینگ) در مرحله قبل از کاشت بود. پس از تهیه غلظت‌های مورد نظر سالیسیلیک‌اسید، بذرهای ضدعفونی شده با هیپوکلریت سدیم پنج درصد به مدت ۲۴ ساعت در محلول سالیسیلیک‌اسید و در دمای یخچال (۵-۴ درجه سلسیوس) قرار گرفتند. سپس بذرها به مدت ۴۸ ساعت در دمای اتاق (۲۵ درجه سلسیوس) خشک شدند و پس از تیمار با قارچ‌کش کاربوکسی تیرام، روز بعد جهت کشت به مزرعه منتقل شدند (بالجانی و شکاری، ۱۳۹۱). پس از آماده‌سازی زمین، کاشت در ۲۰ اردیبهشت ماه با فاصله بین ردیفی ۷۵ سانتی‌متر و روی ردیفی ۲۰ سانتی‌متر با تراکم ۶۷ هزار بوته در هکتار و در عمق ۴-۳ سانتی‌متری خاک انجام گردید. براساس نتایج تجزیه خاک (جدول ۱) و توصیه آزمایشگاه خاک‌شناسی، از کودهای فسفات آمونیوم و سولفات پتاسیم به‌ترتیب به مقدار ۱۱۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله قبل از کاشت و کود نیتروژنه از منبع اوره به مقدار ۸۰ کیلوگرم در هکتار (۴۶ درصد نیتروژن خالص) استفاده شد.

**جدول ۱: ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش.**

| هدایت الکتریکی ($dsm^{-1}$) | اسیدیته گل اشباع | درصد مواد خنثی‌شونده | درصد کربن آلی | درصد نیتروژن کل | فسفر قابل جذب (ppm) | پتاسیم قابل جذب (ppm) | شن (٪) | سیلت (٪) | رس (٪) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱/۷۹ | ۷/۹۳ | ۴ | ۱/۲۱ | ۰/۱۱۸ | ۱۶/۹ | ۳۴۲ | ۶۴ | ۲۰ | ۱۶ |

کنترل علف‌های هرز به‌روش دستی و در مراحل ساقه‌روی و ۹-۸ برگی ذرت در طی فصل رشد انجام شد. آبیاری از زمان کاشت بذر تا مرحله ۹-۸ برگی به‌طور یکسان در تمامی تیمارها براساس ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک انجام و بعد از آن مرحله تا انتهای فصل رشد بسته به نوع تیمار بر حسب ۷۰ و ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک در محل اجرای تحقیق (ایستگاه کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی تبریز) ادامه یافت. به‌هنگام رسیدگی تعداد بوته‌های واقع در

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.34.2.9 ]

سطح یک مترمربعی از هر کرت با رعایت اثرات حاشیه‌ای برداشت و صفات زمان ظهور گل‌تاجی، شاخص سطح برگ (LAI)[1]، غلظت پرولین، فعالیت آنزیم‌های سوپراکسیددیسموتاز (SOD)[2]و پراکسیداز (POD)[3]و عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. تعداد روزهای سپری شده از زمان کاشت بذر تا بیرون آمدن گل‌های تاجی به اندازه ۱۵-۱۰ سانتی‌متر از بین برگ‌ها به‌عنوان زمان ظهور گل‌تاجی محسوب گردید (عنایت قلی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲). به‌منظور اندازه‌گیری شاخص سطح برگ در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک از رابطه ۱ (Moll and Kamparth, 1977; Acquaah, 2002) سطح برگ هر بوته و از روی آن شاخص سطح برگ محاسبه گردید:

رابطه ۱: $A = L \times W \times ۰/۷۵$

رابطه ۲: $LAI = nA$

در این رابطه n تعداد بوته، A سطح برگ اندازه‌گیری شده گیاه، L طول برگ و W بزرگ‌ترین پهنای برگ می‌باشد. غلظت پرولین به روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر تعیین گردید. اندازه‌گیری فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز طبق روش Giannopolitis و Ries (۱۹۷۷) انجام یافت. فعالیت آنزیم پراکسیداز با دنبال‌کردن تغییرات جذب در طول موج ۴۷۰ نانومتر در اثر اکسیداسیون گایاکول اندازه‌گیری شد (Kalir *et al*., 1984). پس از جدا کردن دانه‌ها از بلال‌های موجود نسبت به توزین دانه‌ها با ترازوی حساس جهت تعیین عملکرد دانه اقدام گردید. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C انجام و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

## نتایج و بحث

### زمان ظهور گل‌تاجی

براساس نتایج تجزیه واریانس اثر تنش کم‌آبی و پرایمینگ سالیسیلیک‌اسید بر زمان ظهور گل‌تاجی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). زمان ظهور گل‌تاجی به‌دنبال اعمال تنش کم‌آبی حدود یک هفته در مقایسه با آبیاری نرمال تسریع گردید (جدول ۳). پرایمینگ بذر ذرت با غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام از سالیسیلیک‌اسید به‌طور میانگین زمان ظهور گل‌تاجی را در مقایسه با شاهد حدود ۱۰ روز تسریع کرد و اختلاف آماری معنی‌داری از لحاظ این صفت بین دو پرایمینگ وجود نداشت (جدول ۴). از اثر تنش کم‌آبی گل‌دهی زودهنگام، زودرسی و تسریع در رسیدگی فیزیولوژیک گیاهان زراعی می‌باشد که نوعی سازوکار جهت گریز از خشکی محسوب می‌شود (کافی و همکاران، ۱۳۸۷). بنابراین می-

[1] Leaf Area Index
[2] Superoxide dismutase
[3] Peroxidase

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-21 ]
[ DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.34.2.9 ]

توان وجود نوعی مکانیسم در ذرت با هدف فرار از خشکی را به‌خوبی استنباط نمود. طی مطالعه‌ای بر روی اثر پرایمینگ بذر ذرت مشاهده شده است که بوته‌های حاصل از بذرهای پرایم‌شده در فاصله زمانی کوتاه‌تری گل‌های تاجی خود را ظاهر کرده‌اند (Harris *et al*., 2004). بسته به غلظت به‌کار رفته، گونه گیاه، دوره رشدی و شرایط محیطی سالیسیلیک‌اسید اثر متفاوتی روی فرآیندهای مختلف فیزیولوژیکی نظیر شروع برخی فرآیندها و ممانعت از برخی دیگر دارد (Iqbal *et al*., 2006). احتمالاً پرایمینگ بذر ذرت با سالیسیلیک‌اسید از طریق تسریع در جوانه‌زنی و سبزشدن بذرها موجب تسریع در ظهور گل‌تاجی آن گردیده است.

**جدول ۲: تجزیه واریانس اثر تنش کم‌آبی و پرایمینگ سالیسیلیک‌اسید بذر بر صفات مورد بررسی ذرت**

| منابع تغییر | درجه آزادی | زمان ظهور گل‌تاجی | شاخص سطح برگ | غلظت پرولین برگ | فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز در برگ | فعالیت آنزیم پراکسیداز در برگ | عملکرد دانه |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تکرار | ۲ | ۲۵/۲۵$^{ns}$ | ۰/۱۷$^{ns}$ | ۰/۱۸$^{ns}$ | ۴۸۷/۳۴$^{ns}$ | ۰/۵۶$^{ns}$ | ۲۲۰۶/۴۷$^{ns}$ |
| تنش | ۱ | ۲۷۶/۱۲* | ۳/۰۰۱* | ۶/۶۶** | ۱۸۹۲/۵۶* | ۷/۵۱* | ۵۴۰۰۲/۱۳* |
| خطای کرت اصلی | ۲ | ۱۲/۸۸$^{ns}$ | ۰/۱۲$^{ns}$ | ۰/۰۴$^{ns}$ | ۶۴/۱۴$^{ns}$ | ۰/۲۵$^{ns}$ | ۱۱۲۱/۵۲$^{ns}$ |
| پرایمینگ سالیسیلیک‌اسید | ۲ | ۱۹۳/۹۶* | ۰/۸۸* | ۱۱/۴۷** | ۱۳۳۶/۴۴** | ۳۸/۲۶** | ۱۶۱۶۱/۶۶* |
| تنش× پرایمینگ سالیسیلیک‌اسید | ۲ | ۱۲/۳۲$^{ns}$ | ۰/۱۸$^{ns}$ | ۰/۴۰$^{ns}$ | ۷۸/۵۷$^{ns}$ | ۱/۱۷$^{ns}$ | ۱/۷۳$^{ns}$ |
| خطای کرت فرعی | ۸ | ۲۴/۳۸ | ۰/۱۸ | ۰/۵۱ | ۱۰۶/۸۵ | ۰/۴۳ | ۲۳۱۴/۳۲ |
| ضریب تغییرات (٪) | - | ۷/۲۴ | ۱۰/۹۶ | ۱۳/۶۰ | ۱۲/۱۸ | ۹/۶۶ | ۶/۵۷ |

ns، * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

### شاخص سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش کم‌آبی و پرایمینگ سالیسیلیک‌اسید بر شاخص سطح برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). شاخص سطح برگ ذرت در اثر اعمال تنش کم‌آبی از مرحله ۹-۸ برگی به بعد حدود ۱۹ درصد کاهش یافت (جدول ۳). پرایمینگ بذر ذرت با هر دو غلظت ۱۰۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام از سالیسیلیک‌اسید موجب افزایش شاخص سطح برگ گردید به‌گونه‌ای که شاخص سطح برگ از ۳/۴۸ در شاهد به‌طور میانگین به ۴/۱۳ افزایش یافت و اختلاف آماری معنی‌داری بین غلظت‌های به‌کار رفته مشاهده نشد (جدول ۴). شاخص سطح برگ ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی به‌دنبال وقوع تنش کم‌آبی کاهش یافته است (Aniya and Herzog, ؛ Nesmith and Ritchie, 1992

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.34.2.9 ]

2004). وقوع تنش کم‌آبی در مرحله رشد رویشی ذرت از این لحاظ حائز اهمیت است که بر گسترش برگ و توسعه ساقه اثر گذاشته و تجمع مواد در این اندام‌ها را به‌شدت کاهش می‌دهد (امام، ۱۳۸۶). وقوع تنش کم‌آبی از طریق کاهش فشار تورژسانس مورد نیاز جهت توسعه و رشد سلول‌های برگ، موجب جلوگیری از گسترش برگ‌ها گردیده و در نهایت موجب کاهش شاخص سطح برگ می‌شود. شاخص سطح برگ ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی در اثر پرایمینگ بذرهای آن‌ها با سالیسیلیک‌اسید افزایش یافته است (Khodary, 2004؛ شکاری و همکاران، ۱۳۸۹). توانایی سالیسیلیک‌اسید در افزایش توده گیاه و تخفیف اثر منفی ناشی از تنش کم‌آبی، امکان کاربرد این ماده را در راستای بهبود رشد گیاه نشان می‌دهد (Bideshki and Arvin, 2010). افزایش در شاخص سطح برگ و توده گیاه به‌دنبال پرایمینگ بذر با سالیسیلیک‌اسید احتمالاً به‌دلیل تحریک و توسعه رشد ریشه و ساقه و در نتیجه جذب مطلوب‌تر آب و مواد غذایی از خاک بوده است.

**جدول ۳: مقایسه میانگین‌های اثر تنش کم‌آبی بر صفات مورد بررسی ذرت**

| سطوح آبیاری | زمان ظهور گل-تاجی (روز) | شاخص سطح برگ | غلظت پرولین برگ (میکرومول بر گرم وزن تر) | فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز در برگ (میکرومول بر دقیقه بر گرم) | فعالیت آنزیم پراکسیداز در برگ (میکرومول بر دقیقه بر گرم) | عملکرد دانه (گرم در مترمربع) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| نرمال (۷۰ میلی‌متر) | ۷۰/۲۷ a | ۴/۳۲ a | ۴/۶۷ b | ۷۴/۶۲ b | ۶/۱۶ b | ۷۸۶/۵۶ a |
| اعمال تنش (۱۱۰ میلی‌متر) | ۶۲/۴۴ b | ۳/۵۱ b | ۵/۸۹ a | ۹۵/۱۳ a | ۷/۴۵ a | ۶۷۷/۰۱ b |
| $LSD_{5\%}$ | ۷/۲۸۱ | ۰/۷۰۸ | ۰/۴۰۴ | ۱۶/۲۴ | ۱/۰۱۴ | ۶۷/۹۳ |

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

**جدول ۴: مقایسه میانگین‌های اثر پرایمینگ سالیسیلیک‌اسید بذر بر صفات مورد بررسی ذرت**

| سطوح پرایمینگ بذر | زمان ظهور گل-تاجی (روز) | شاخص سطح برگ | غلظت پرولین برگ (میکرومول بر گرم وزن تر) | فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز در برگ (میکرومول بر دقیقه بر گرم) | فعالیت آنزیم پراکسیداز در برگ (میکرومول بر دقیقه بر گرم) | عملکرد دانه (گرم در مترمربع) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| شاهد | ۷۲/۷۹ a | ۳/۴۸ b | ۳/۶۸ b | ۶۸/۰۸ b | ۳/۸۹ b | ۶۷۲/۰۱ b |
| ۱۰۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک‌اسید | ۶۴/۲۹ b | ۴/۰۸ a | ۶/۰۹ a | ۸۹/۹۱ a | ۸/۳۲ a | ۷۵۸ a |
| ۲۰۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک‌اسید | ۶۲ b | ۴/۱۹ a | ۶/۰۷ a | ۹۶/۶۳ a | ۸/۲۱ a | ۷۶۵/۳۵ a |
| $LSD_{5\%}$ | ۶/۵۷۴ | ۰/۵۷۱ | ۰/۹۵۶ | ۱۳/۷۶ | ۰/۸۷۶ | ۶۴/۰۵ |

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

## غلظت پرولین

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر تنش کم‌آبی و پرایمینگ سالیسیلیک‌اسید بر غلظت پرولین برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). وقوع تنش کم‌آبی از مرحله ۹-۸ برگی به بعد غلظت پرولین را ۱/۲۲ میکرومول بر گرم وزن‌تر افزایش داد و در نتیجه حدود ۲۶ درصد بر غلظت این اسیدآمینه در برگ ذرت در مقایسه با شاهد افزوده شد

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-21 ]
[ DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.34.2.9 ]

(جدول ۳). براساس مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) غلظت پرولین برگ در اثر پرایمینگ با سالیسیلیک‌اسید افزایش قابل ملاحظه‌ای نشان داد به‌گونه‌ای که پرایمینگ با هر دو غلظت ۱۰۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام از سالیسیلیک‌اسید موجب شد تا غلظت پرولین در برگ ذرت از ۳/۶۸ در حالت شاهد به ۶/۰۸ میکرومول بر گرم وزن تر افزایش یابد. در اثر وقوع تنش کم‌آبی، غلظت پرولین در برگ ذرت جهت تعدیل تنش اسمزی ناشی از کم‌آبی افزایش یافته است (جمالی و همکاران، ۱۳۹۱). تولید و تجمع اسیدهای آمینه آزاد به‌ویژه پرولین توسط بافت گیاه طی تنش خشکی به‌عنوان نوعی پاسخ سازش (سازگاری) به‌شمار می‌رود و پرولین به‌عنوان یک محافظت‌کننده یا ثابت‌نگهدارنده آنزیم‌ها یا ساختار غشاهای سلولی در مقابل آسیب‌های یونی مثل گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) ایفای نقش می‌کند (Zare *et al*., 2014). تجمع پرولین در بافت‌های گیاهی به‌علت افزایش بیوسنتز پرولین و هیدرولیز پروتئین‌ها می‌باشد (Zengin, 2006).

**فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز**

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش کم‌آبی و پرایمینگ سالیسیلیک‌اسید بر فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز به‌ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در اثر تنش کم‌آبی حدود ۲۷ درصد بر فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز در برگ ذرت افزوده شد (جدول ۳). در اثر پرایمینگ بذر با غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام از سالیسیلیک‌اسید، فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتار موجود در برگ ذرت به‌ترتیب معادل ۸۹/۹۱ و ۹۶/۶۳ میکرومول بر دقیقه بر گرم به‌دست آمد که نشانگر افزایش ۳۲ و ۴۲ درصدی در فعالیت آنزیم مذکور در اثر کاربرد سالیسیلیک‌اسید بوده است (جدول ۴). افزایش در فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز در برگ گندم در اثر اعمال تنش کم‌آبی گزارش شده است (افروغ و همکاران، ۱۳۹۰). افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز زمانی رخ می‌دهد که یون سوپراکسید درون سلولی افزایش یافته باشد. این‌گونه فعال اکسیژن در اثر تنش‌های محیطی مختلف از جمله کم‌آبی و شوری افزایش می‌یابد (Smirnoff, 1998). گیاهان گندم حاصل از بذرهای پرایم‌شده با سالیسیلیک‌اسید، فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز بالاتری را در مقایسه با شاهد نشان داده‌اند (Singh and Usha, 2003). سالیسیلیک‌اسید در القای پروتئین‌های دفاعی اعم از سوپراکسیددیسموتاز و پراکسیداز به‌منظور حفاظت از سلول‌ها در مقابل عوامل نامساعد و تنش‌ها نقش مهمی دارد (Vestena *et al*., 2001).

**فعالیت آنزیم پراکسیداز**

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر تنش کم‌آبی و پرایمینگ سالیسیلیک‌اسید بر فعالیت آنزیم پراکسیداز به‌ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در اثر اعمال تنش کم‌آبی، ۲۱ درصد بر فعالیت آنزیم پراکسیداز در برگ ذرت در مقایسه با آبیاری نرمال افزوده شد (جدول ۳). پرایمینگ بذر ذرت با هر دو غلظت ۱۰۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام از

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.34.2.9 ]

سالیسیلیک‌اسید افزایش قابل ملاحظه‌ای در فعالیت آنزیم پراکسیداز نشان داد به‌گونه‌ای که فعالیت آنزیم مذکور از ۳/۸۹ میکرومول بر دقیقه بر گرم در حالت شاهد به‌طور میانگین به ۸/۲۶ میکرومول بر دقیقه بر گرم در حالت پرایمینگ افزایش یافت و بین دو غلظت به‌کار رفته اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). فعالیت آنزیم پراکسیداز در اثر تنش کم‌آبی در برگ ذرت افزایش یافته است (دولت‌آبادیان و همکاران، ۱۳۸۸). پاسخ آنتی‌اکسیدانی به‌هنگام کم‌آبی به شدت تنش و نوع گونه گیاهی بستگی دارد و معمولاً گونه‌های گیاهی مقاوم از ظرفیت حفاظتی کارآمدتری در مقابل تنش اکسیداتیو القاء شده توسط تنش کم‌آبی برخوردارند و می‌توانند از طریق بالابردن میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان از قبیل پراکسیداز میزان حفاظت را افزایش دهند (Hosseini Boldaji *et al*., 2012). مصرف خارجی سالیسیلیک‌اسید فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان سوپراکسیددیسموتاز و پراکسیداز را تحریک نموده و تحمل گیاه نسبت به تنش‌های محیطی را افزایش داده است (Sakhabutdinova *et al*., 2004). کاربرد سالیسیلیک‌اسید فعالیت آنزیم‌های آنتی-اکسیدانی را در گیاه ذرت افزایش داده است (Kranten *et al*., 2008). در بذرهای پرایم شده ذرت فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی افزایش یافته است که این افزایش شاید دلیلی بر برتری عملکرد حاصل از بذرهای تیمار شده در شرایط نرمال و تنش در مقایسه با شاهد بوده است (طباطبایی، ۱۳۹۲).

**عملکرد دانه**

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش کم‌آبی و پرایمینگ سالیسیلیک‌اسید بر عملکرد دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). اعمال تنش کم‌آبی از مرحله ۹-۸ برگی به بعد در اثر افزایش دور آبیاری از ۷۰ به ۱۱۰ میلی‌متر، عملکرد دانه ذرت را حدود ۱۱۰ گرم در مترمربع کاهش داد (جدول ۳). پرایمینگ بذر با غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام از سالیسیلیک‌اسید عملکرد دانه ذرت را به‌طور میانگین ۱۳/۵۰ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داد و اختلاف آماری معنی‌داری از لحاظ عملکرد دانه بین دو غلظت مورد مطالعه وجود نداشت (جدول ۴). اعمال تنش کم‌آبی در مراحل کاکل‌دهی و تشکیل بلال ذرت موجب کاهش شدید عملکرد دانه گردیده است (Cakir, 2004). وقوع تنش کم‌آبی قبل از ابریشم‌دهی بلال، عملکرد دانه ذرت را ۱۵ تا ۲۲ درصد کاهش داده است (Osborne *et al*., 2005). تنش کم‌آبی با کاستن از طول دوره سبزمانی برگ در مراحل پایانی رشد می‌تواند موجب افت شدید در تولید مواد پرورده توسط اندام‌های فتوسنتزکننده شود (امام و نیک‌نژاد، ۱۳۹۰). از این‌رو، کاهش تولید مواد پرورده می‌تواند از طریق اثر منفی بر تعداد و وزن دانه‌های تولیدی منجر به کاهش عملکرد دانه شود. براساس نتایج حاصل از آزمایش انجام یافته توسط مهرابیان مقدم و همکاران (۱۳۹۰) نیز اثر سالیسیلیک‌اسید بر بهبود رشد و افزایش عملکرد دانه ذرت در هر دو شرایط تنش و غیرتنش

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.34.2.9 ]

محسوس بوده است که با یافته‌های به‌دست آمده از این آزمایش هم‌خوانی دارد. پرایمینگ بذرهای گندم با سالیسیلیک-اسید موجب افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش آبی گردیده است (Shakirova, 2007). پرایمینگ بذر لوبیا چشم‌بلبلی با سالیسیلیک‌اسید موجب افزایش عملکرد در هر دو حالت آبیاری نرمال و تنش کم‌آبی شده است (شکاری و همکاران، ۱۳۸۹). پرایمینگ بذرهای برنج با استفاده از سالیسیلیک‌اسید به عملکرد دانه بیش‌تری منتج گردیده به‌گونه‌ای که عملکرد دانه نسبت به شاهد ۲۵درصد افزایش یافته است (Ghodrat *et al.*, 2013). انتخاب براساس سطح برگ در گیاه ذرت تحت شرایط عادی و هم‌چنین تنش کم‌آبی می‌تواند پتانسیل عملکرد را افزایش دهد (Agric *et al.*, 2007). بنابراین پرایمینگ بذر با سالیسیلیک‌اسید از طریق افزایش رشد و شاخص سطح برگ در گیاهان حاصله توانسته عملکرد دانه را در هر دو حالت آبیاری نرمال و تنش کم‌آبی افزایش دهد.

## نتیجه‌گیری

براساس نتایج حاصل از این آزمایش وقوع تنش کم‌آبی از مرحله ۹-۸ برگی به بعد، عملکرد دانه ذرت را ۱۱۰ گرم در مترمربع کاهش داد. هم‌چنین اثر مطلوب پرایمینگ بذر با سالیسیلیک‌اسید بر رشد و به‌ویژه عملکرد دانه ذرت کاملاً مشهود بود به‌گونه‌ای که به‌طور میانگین ۱۳/۵۰ درصد افزایش در عملکرد دانه مشاهده گردید و باتوجه به عدم وجود اختلاف معنی‌دار از لحاظ صفات مورد بررسی و به‌ویژه عملکرد دانه میان دو سطح غلظت سالیسیلیک‌اسید، به‌نظر می‌رسد که پرایمینگ بذر با غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک‌اسید در راستای افزایش عملکرد دانه ذرت در هر دو حالت آبیاری نرمال و اعمال تنش کم‌آبی مؤثر بوده است.

## منابع

**افروغ، ز.، افروغ، ه. و ساطعی، آ. ۱۳۹۰.** تأثیر میدان مغناطیسی بر محتوای آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان کاتالاز و سوپراکسیددیسموتاز در دانه رست‌های گندم. همایش ملی دستاوردهای نوین در زراعت. باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان واحد شهر قدس.

**امام، ی. ۱۳۸۶.** زراعت غلات. ویرایش سوم. انتشارات دانشگاه شیراز. ۱۹۰ صفحه.

**امام، ی. و نیک‌نژاد، م. ۱۳۹۰.** مقدمه‌ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه شیراز. ۵۷۱ صفحه.

**بالجانی، ر. و شکاری، ف. ۱۳۹۱.** تأثیر پیش‌تیمار با سالیسیلیک‌اسید بر روابط شاخص‌های رشد و عملکرد در گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) تحت شرایط تنش خشکی آخر فصل. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. جلد ۲۲. شماره ۱، ص ۱۰۳-۸۷.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.34.2.9 ]

**بی‌نام. ۱۳۹۲.** دستورالعمل فنی ذرت. وزارت جهاد کشاورزی. معاونت تولیدات گیاهی. بخش تولیدات غلات، حبوبات و گیاهان علوفه‌ای.

**جمالی، ج.، انتشاری، ش. و حسینی، م. ۱۳۹۱.** تأثیر عناصر پتاسیم و روی بر تغییرات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی مقاومت به خشکی در ذرت (رقم سینگل‌کراس ۷۰۴). فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژیکی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. سال چهارم. شماره ۱۴، ص ۴۴-۳۷.

**دولت‌آبادیان، آ.، مدرس ثانوی، س.ع. و شریفی، م. ۱۳۸۸.** اثر تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی اسید آسکوربیک بر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و برخی تغییرات بیوشیمیایی در برگ ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.). مجله زیست-شناسی ایران. جلد ۲۲. شماره ۳، ص ۴۲۲-۴۰۷.

**ربانی، ج. و امام، ی. ۱۳۹۰.** پاسخ عملکرد هیبریدهای ذرت بر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد. مجله تولید و فرآوری گیاهان زراعی. جلد ۱. شماره ۲، ص ۷۸-۶۵.

**سیلسپور، م.، جعفری، پ. و ملاحسین، ح. ۱۳۸۸.** اثر تنش خشکی بر ذرت. نشریه پژوهش در علوم کشاورزی. جلد ۲، ص ۲۴-۱۳.

**شکاری، ف.، پاک‌مهر، آ.، راستگو، م.، وظایفی، م. و قریشی‌نسب، م.ج. ۱۳۸۹.** تأثیر پرایمینگ بذر با سالیسیلیک‌اسید بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) تحت تنش کم‌آبی در مرحله غلاف‌بندی. مجله علوم کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز. جلد ۴. شماره ۱۳، ص ۲۹-۱۳.

**عنایت قلی‌زاده، م. ر.، بخشنده، ع.، قرینه، م.ح.، عالمی سعید، خ و سیادت، ع. ۱۳۹۲.** واکنش ویژگی‌های فنولوژیکی هیبریدهای ذرت دانه‌ای به تنش خشکی. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. سال پنجم. شماره ۱۸. ص ۱۷-۵.

**طباطبایی، س. ا. ۱۳۹۲.** تأثیر پرایمینگ‌های مختلف بذر ذرت بر شاخص‌های جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم‌های آنتی-اکسیدانی تحت شرایط تنش کم‌آبی. مجله علوم و تکنولوژی بذر. جلد ۲. شماره ۴، ص ۷۹-۷۲.

**کافی، م.، برزویی، ا.، صالحی، م.، کمندی، ع.، معصومی، ع. و نباتی، ج. ۱۳۸۷.** فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

**مهرابیان مقدم، ن.، آروین، م.ج.، خواجویی‌نژاد، ق. و مقصودی، ک. ۱۳۹۰.** تأثیر سالیسیلیک‌اسید بر رشد و عملکرد علوفه و دانه ذرت تحت تنش خشکی در شرایط مزرعه. مجله تولید نهال و بذر. جلد ۲۷. شماره ۱، ص ۵۵-۴۱.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.34.2.9 ]

**Acquaah, G. 2002.** Principles of crop production (Theory, technical and technology). Prentice-Hall of India. New Delhi, pp: 460.

**Agric, J., Saleem, R., Saleem, U. and Sobhani, Gh. 2007.** Correlation and path analysis in maize. Journal of Agricultural Research, 45(3): 177-183

**Aniya, A. O. and Herzog, H. 2004.** Water-use efficiency, leaf area and leaf gas exchange of cowpeas under mid-season drought. European Journal of Agronomy, 20: 327-339.

**Baghizadeh, A. and Hajmohammadrezaei, M. 2011.** Effect of drought stress and its interaction with ascorbate and salicylic acid on okra (*Hibiscus esculentus* L.) germination and seedling growth. Journal of Physiology & Biochemistry, 7(1): 55-65.

**Bates, L. S., Waldren, R. P. and Tevre, I. V. 1973.** Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant Soil, 39: 205-207.

**Bideshki, A. and Arvin, M. J. 2010.** Effect of salicylic acid (SA) and drought stress on growth, bulb yield and allicin content of garlic (*Allium sativum*) in field. Plant Ecophysiology, 2: 73-79.

**Cakir, R. 2004.** Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crops Research, 89: 1-16.

**Farooq, M., Aziz, T., Barsa, S. M. A., Cheema, M. A. and Rehman, H. 2008.** Chilling tolerance in hybrid maize induced by seed priming with salicylic acid. J. Agro. Crop Sci, 194: 161-168.

**Farooq, M., Basra, S. M. A., Wahid, A., Ahmad, N. and Saleem, B. A. 2009.** Improving the drought tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) by exogenous application of salicylic acid. J. Agron. Crop Sci, 195: 237-246.

**Ghodrat, V., Moradshahi, A., Rousta, M. J. and Karampour, A. 2013.** Improving yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.) by indolebutyric acid (IBA), gibberlic acid ($GA_3$) and salicylic acid (SA) pre-sowing seed treatments. American-Eurasian J. Agric and Environ. Sci, 13(6): 872-876.

**Giannopolitis, C. and Ries, N. 1977.** Superoxide dismutases I: Occurrence in higher in higher plants. Plant Physiology, 59: 309-314.

**Hamada, A. M. and Al-Hakimi, A. M. A. 2011.** Salicylic acid versus salinity drought induced stress on wheat seedlings. Roslinna Vyroba, 47: 444-450.

**Harris, D., Joshi, A., Khan, P. A., Gothkar, P. and Sodhi, P. S. 2004.** On-farm seed priming in semi-arid agriculture: development and evaluation in maize, rice and chickpea in India using participatory methods. Exp. Agri, 35: 15-29.

**Horvath, E., Szalai, G. and Janda, T. 2007.** Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling. J. Plant Growth Regul, 26: 290-300.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.34.2.9 ]

**Hosseini Boldaji, S. A., Khavari-Nejad, R. A., Hassan Sajedi, R., Fahimi, H. and Saadatmand, S. 2012.** Water availability effects on antioxiodant enzyme activities, lipid peroxidation and reducing sugar content of alfalfa (*Medicago sativa* L.). Acta Physiologia Plantarum, 34: 1177-1186.

**Iqbal, M., Ashraf, M., Jamil, A. and Shafiq, U. R. M. 2006.** Does seed priming induce changes in the levels of some endogenous hormones in hexaploid wheat plant under salt stress? J. Integrative Plant Biol, 48(2): 181- 189.

**Kalir, A., Omri, G. and Poljakoff-Mayber, A. 1984.** Peroxidase and Catalase activity in leaves of *Halimione portulacoides* exposed to salinity. Plant Physiology, 62: 238-244.

**Khaled, T., Feras, Q. A., Mohammad, Gh., Mohammad, M. and Tamam, El-E. 2007.** Antioxidant activity and total phenolic content of selected Jordanian plant species. Food Chemistry, 104: 1372-1378.

**Khan, A., Khalili, S. K., Khan, A. Z., Marwat, K. B. and Afzal, A. 2008.** The role of seed priming in semi-arid area for mung bean phenology and yield. Pak. J. Bot, 40 (6): 2471-2480.

**Khodary, S. E. A. 2004.** Effect of salicylic acid on growth photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt-stress maize plants. Int. J. Agric. Boil and Environ Sci, 6: 5-8.

**Krantev, A., Yordanova, R., Janda, T., Szalai, G. and Popova, L. 2008.** Treatment with salicylic acid decreases the effect of cadmium on photosynthesis in maize plants. J. Plant Physiol, 165(9): 920-931.

**Moll, R. H. and Kamparth, E. J. 1977.** Effect of population density up on agronomic traits associated with genetic increases in yield of maize. Agron. J, 69: 81-84.

**Nesmith, D. S. and Ritchie, J. T. 1992.** Short and long-term response of corn to pre-anthesis soil water deficit. Agronomy Journal, 84: 107-113.

**Osborne, S. L., Schepers, D. D., Frencis, J. S. and Schlemmer, M. R. 2005.** Use of spectral radiance to estimate in-season biomass and grain yield in nitrogen and water stress on corn. Crops Sci, 42: 165-171.

**Paolo, E. D. and Rinaldi, M. 2008.** Yield response of corn to irrigation and nitrogen fertilization in a Mediterranean environment. Field Crops Research, 89: 1-16.

**Rao, S. R., Qayyum, A., Razzaq, A., Ahmad, M., Mohmood, I. and Sher, A. 2012.** Role of application of salicylic acid and L-Tryptophan in drought tolerance of maize. The J. Animal and Plant Sci, 22(3): 768-772.

**Sakhabutdinova, A. R., Fatkhudinova, D. R. and Shakirova, F. M. 2004.** Effect of salicylic acid on the activity of antioxidant enzymes in wheat under conditions of salination. Applied Biochemistry and Microbiology, 40:501-505.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.34.2.9 ]

**Shakirova, F. M. 2007.** Role of hormonal system in the manifestation of growth promoting and anti-stress action of salicylic acid. P: 69-90. In: Hayat, S. and Ahmad, A. (eds). Salicylic Acid: A Plant Hormone. Springer. Dordrecht. Netherlands.

**Singh, B. and Usha, K. 2003.** Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. Plant Growth Regul, 39: 137-141.

**Smirnoff, N. 1998.** Plant resistance to environmental stress. Curr. Opin. Biotechnol, 9: 214-2.

**Vestena, S., Fett-Neto, A. G., Duarte, R. C. and Ferreira, A. G. 2001.** Regulation of mimosin accumulation in *Leucaena leucocephala* seedlings. Plant Science, 161: 597-604.

**Zare, N., Sadat Noori, S. A., Khosh Kholgh Sima, N. A. and Mortazavian, S. M. M. 2014.** Effect of laser priming on accumulation of free proline in spring durum wheat (*Triticum turgidum* L.) under salinity stress. International Transaction Journal of Engineering, Management, Applied Science Technologies, 5 (2): 119-130.

**Zengin, K. F. 2006.** The effects of $Co^{+2}$ and $Zn^{+2}$ on the content of protein, abscisic acid, proline and chlorophyll in bean (*Phaseolus vulgaris* cv. Stik). Journal of Environmental Biology, 27: 441-44.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.34.2.9 ]