

## اثر اسید سالیسیلیک بر مقاومت به تنش‌های شوری و قلیائیت گیاه فلفل شیرین (*Capsicum annuum* L.)

فردین قنبری<sup>۱\*</sup>، علی‌اشرف امیری‌نژاد<sup>۲</sup>، محمد سیاری<sup>۳</sup> و سجاد کردی<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> خرم‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خرم‌آباد، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان

<sup>۲</sup> کرمانشاه، دانشگاه رازی کرمانشاه، دانشکده کشاورزی، گروه خاک‌شناسی

<sup>۳</sup> همدان، دانشگاه بوعلی سینا همدان، دانشکده کشاورزی، گروه علوم باغبانی

تاریخ پذیرش: ۹۴/۹/۵

تاریخ دریافت: ۹۳/۴/۹

### چکیده

شوری و قلیایی بودن خاک از مهمترین مشکلات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا از جمله ایران می‌باشند. در این مطالعه اثر اسید سالیسیلیک در گیاه فلفل شیرین تحت تنش شوری و قلیائیت مورد مطالعه قرار گرفته است. تیمارهای آزمایش شامل غلظت‌های صفر و ۱۵۰ میلی‌مولار تنش شوری، ۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار تنش قلیا و ۰، ۰/۷۵ و ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بودند. نتایج نشان داد که شوری و قلیایی بودن خاک دارای آثار منفی بر رشد و عملکرد گیاه فلفل می‌باشند. کاهش رشد و عملکرد در شرایط تنش شوری نسبت به تنش قلیا بیشتر مشاهده شد و بیشترین کاهش در موقع وجود همزمان شوری و قلیا رخ داد. کاربرد اسید سالیسیلیک سبب کاهش آثار سوء تنش بر گیاه شد. به طوری که استفاده از این ماده هم در شرایط شوری و هم در شرایط قلیا سبب افزایش معنی‌دار عملکرد، پارامترهای رشدی و کلروفیل گردید. در بیشتر صفات مورد ارزیابی، غلظت ۰/۷۵ میلی‌مولار مؤثرتر از غلظت ۱/۵ میلی‌مولار بود. به طور کلی نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که تنش شوری و قلیا دارای آثار منفی بر رشد و عملکرد در گیاه فلفل می‌باشند که این آثار منفی می‌تواند به وسیله کاربرد اسید سالیسیلیک کاهش یابد. واژه‌های کلیدی: pH بالا، رشد، عملکرد، کلروفیل، نمک.

\* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۸۸۴۴۴۰۰۵، پست الکترونیکی: f.ghanbari63@gmail.com

### مقدمه

در خاک‌های شور و سدیمی (خاک‌های دارای سدیم زیاد)،  $Na^+$ ،  $Ca^{2+}$ ،  $Mg^{2+}$  و  $K^+$  کاتیون‌های عمده نمک‌های معدنی محلول هستند و  $Cl^-$ ،  $SO_4^{2-}$ ،  $HCO_3^-$ ،  $CO_3^{2-}$  و  $NO_3^-$  آنیون‌های عمده متناظر آنها می‌باشند (۱۷). این یون‌ها به نمک‌های خنثی (Neutral salts) و یا نمک‌های قلیایی (Alkaline salts) تبدیل می‌شوند. یانگ و همکاران (۳۰) تنش نمک‌های طبیعی را بر اساس ویژگی‌های نمک-ها به تنش نمک‌های خنثی (Neutral salts stress)، تنش نمک‌های قلیایی (Alkaline salts stress) و تنش مخلوط نمک‌ها (Mixed salts stress) طبقه بندی کردند. برخی

شوری و قلیایی بودن خاک از مهمترین فاکتورهای محیطی محدود کننده تولید محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا از جمله ایران می‌باشند. بر اساس آمار و اطلاعات موجود شوری و قلیائیت خاک حدود ۹۳۲ میلیون هکتار از زمین‌های دنیا و حدود ۱۰۰ میلیون هکتار را در آسیا به طور جدی تحت تأثیر قرار داده‌اند (۲۴). ایران کشوری است که دارای مناطق وسیع شور و کویری است و حدود ۱۲/۵ درصد (برابر ۲۰۴۸۰۰ کیلومتر مربع) از زمین‌های کشور که در مناطق خشک و نیمه خشک قرار دارند، دارای خاک‌های شور و قلیایی هستند (۲).

خاک‌های شور و قلیایی در کشور، لزوم شناخت واکنش-های گیاهان در این خاک‌ها و همچنین روش‌های کنترل ضروری به نظر می‌رسد.

روش‌های افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی شامل روش‌های اصلاحی و مهندسی ژنتیک و استفاده از مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی می‌باشد. تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی به طور وسیع در محصولات کشاورزی به عنوان عاملی برای بهبود عملکرد محصولات بکار برده می‌شوند و اغلب برای افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌ها استفاده می‌شوند. گزارش‌های موفقی از کاربرد برخی از این مواد در مقابله با اثرات نامطلوب تنش شوری بر گیاهان ارائه شده است (۱۴). اسید سالیسیلیک (Salicylic acid) یا اورتو هیدروکسی بنزوئیک اسید، یک تنظیم‌کننده رشد درونی از گروه ترکیبات فنلی طبیعی می‌باشد که در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه نقش دارد. القای گلدهی، رشد و نمو، سنتز اتیلن، تأثیر در باز و بسته شدن روزنه‌ها و تنفس از نقش‌های مهم اسید سالیسیلیک به‌شمار می‌رود (۲۵). اسید سالیسیلیک در گیاهانی که تحت تنش هستند نقش حفاظتی دارد. این ترکیب سبب افزایش مقاومت به تنش شوری در گیاه فلفل (۸ و ۱۰)، تنش خشکی در گیاه برنج (۱۲)، تنش سرما و گرما در گوجه فرنگی و لوبیا (۲۷) و تنش عناصر سنگین در جو (۲۱) و *Bromus tomentellus* (۴) شده است ولی تاکنون گزارشی از کاربرد این ماده در مقابله با تنش قلیائیت منتشر نشده است. مکانیسم عمل اسید سالیسیلیک در برابر تنش‌ها به نقش آن در تنظیم آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات دارای گونه-های اکسیژن فعال در گیاه برمی‌گردد. اسید سالیسیلیک از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، گیاهان را از صدمات حاصل از واکنش‌های اکسیداتیو حفظ می‌کند (۱۴). هدف از این مطالعه ارزیابی اثر اسید سالیسیلیک بر رشد و عملکرد و برخی پاسخ‌های فیزیولوژیکی گیاه فلفل شیرین تحت تنش‌های شوری و قلیائیت می‌باشد.

مطالعات به طور روشن مشخص کرده‌اند که تنش نمک-های قلیایی و تنش نمک‌های خنثی دو نوع مجزای تنش برای گیاهان هستند و باید به ترتیب تنش قلیایی (Alkali stress) و تنش شوری (Salt stress) نامیده شوند (۲۹). در حقیقت نمک‌های قلیایی ( $\text{NaHCO}_3$  و  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) می‌توانند اثرات زیان‌بارتری بر گیاهان نسبت به نمک‌های خنثی ( $\text{NaCl}$  و  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) داشته باشند (۲۹). وقتی که خاک‌های شور دارای یون‌های  $\text{HCO}_3^-$  و  $\text{CO}_3^{2-}$  باشند pH خاک زیاد شده و گیاهان تحت تاثیر اثرات زیان‌بار هر دو نوع تنش شوری و قلیایی قرار می‌گیرند.

به طور کلی تنش شوری در خاک شامل تنش اسمزی و صدمه ایجاد شده به وسیله یون‌ها بوده (۲۳) اما در تنش قلیائیت اثرات pH بالا نیز وجود دارد. pH بالا در محیط ریشه سبب غیر محلول شدن و رسوب یون‌های فلزی و فسفر، کاهش عملکرد فیزیولوژیکی ریشه و تخریب ساختار سلول ریشه می‌شود (۱۸). تنش قلیایی می‌تواند ضمن جلوگیری از جذب آنیون‌های غیرآلی از قبیل  $\text{Cl}^-$ ،  $\text{NO}_3^-$  و  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  بر روی جذب انتخابی  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  تأثیر بگذارد و تعادل یونی را به هم بریزد (۳۰). بنابراین در خاک‌های قلیایی گیاهان باید بر خشکی فیزیولوژیکی و سمیت یون‌ها و همچنین حفظ کردن تعادل یونی درون سلولی و تنظیم pH در محیط خارج از ریشه غلبه کنند. با وجود اینکه اثرات فیزیولوژیکی تنش شوری بر گیاهان به خوبی مطالعه شده است، اما اطلاعات بسیار کمتری در رابطه با اثرات تنش قلیائیت و بر هم‌کنش شوری و قلیائیت بر گیاهان موجود می‌باشد. همچنین تحقیقات بر روی واکنش‌های فیزیولوژیکی گیاهان به تنش نمک‌ها عمدتاً بر عکس‌العمل گیاهان به تنش شوری حاصل از نمک  $\text{NaCl}$  متمرکز شده است و اطلاعات بسیار اندکی در رابطه با اثرات مضر نمک‌های مختلف و اثرات متقابل آنها بر گیاهان وجود دارد. همچنین برخی مطالعات نشان داده‌اند که نمک‌های مختلف اثرات متفاوتی بر رشد و نمو گیاهان دارند (۲۰ و ۲۲). با توجه به این مطالب و سطح وسیع

## مواد و روشها

این تحقیق در سال ۱۳۹۰ در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام اجرا شد. در طول مدت آزمایش میانگین دمای روزانه ۲۳-۲۸ و دمای شبانه ۱۸-۱۵ درجه سانتی-گراد بود. ابتدا برای تهیه نشاء مطلوب و یک‌دست، چند گرم بذر فلفل شیرین (*Capssicum annuum L.*) تهیه شده از شرکت پاکان بذر اصفهان در خزانه کاشته شد. سپس عملیات آبیاری در چند روز اول با توجه به ضرورت و جلوگیری از خشک شدن بستر و بذرها به صورت روزانه انجام شد. وجین علف‌های هرز دو تا سه روز یکبار انجام گردید. پس از جوانه زنی و ظهور برگ‌های حقیقی عملیات تنک کاری و واکاشت در خزانه دوم به منظور تولید نشاءهای قوی و یک‌دست و نیز اجتناب از رقابت نوری بین نشاءها انجام شد. برای انجام آزمایش از گلدان‌های به ابعاد ۲۰ سانتی‌متر ارتفاع، ۲۳ سانتی‌متر قطر دهانه و ۱۸ سانتی‌متر قطر کف گلدان استفاده شد. در داخل هر گلدان ۷ کیلوگرم مخلوط خاکی (شامل خاک زراعی، ماسه بادی و کود دامی پوسیده به نسبت ۱:۱:۲) ریخته شد. در مرحله ۴-۶ برگی از بین نشاءهای تولید شده، نشاءهای یک‌دست و قوی انتخاب و در داخل هر گلدان دو نشاء کاشته شد. در هفته اول به منظور کاهش تنش کم‌آبی و اطمینان از استقرار نشاءها، گلدان‌ها هر روز آبیاری شدند. پس از استقرار کامل نشاءها و حذف نشاء ضعیف‌تر، تیمارهای آزمایشی شروع شد. تیمار سالیسیلسک اسید به صورت محلول پاشی برگی در غلظت‌های ۰، ۰/۷۵ و ۱/۵ میلی‌مولار تا خیس شدن کامل سطح برگ‌های هر گیاه انجام گردید و با فاصله دو هفته یکبار دیگر تکرار شد. در گلدان‌های شاهد تنها آب مقطر اسپری شد. در هر محلول چند قطره توین ۲۰ به عنوان سورفاکتانت نیز مورد استفاده قرار گرفت. ۴۸ ساعت پس از اعمال تیمار اسید سالیسیلسک، تیمار تنش شروع شد و تا پایان فصل رشد ادامه یافت. بدین ترتیب که برای اعمال تیمار شوری از دو

نمک NaCl و Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> به نسبت مولی ۱:۱ در دو غلظت ۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار استفاده شد. همچنین برای اعمال تنش قلیائیت از دو نمک قلیایی NaHCO<sub>3</sub> و Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> به نسبت مولی ۱:۱ در سه غلظت ۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار استفاده شد. برای این کار ابتدا نمک‌های مورد نظر به صورت جداگانه تهیه شد و با نسبت مساوی برای اعمال هر یک از تنش‌های شوری و قلیائیت مورد استفاده قرار گرفت (۱۸). اعمال تیمارهای تنش با آب حاوی نمک‌های ذکر شده در غلظت‌های مورد نظر انجام شد. در تیمارهای شاهد (۰ میلی‌مولار) آبیاری با آب مقطر انجام گردید. لازم به ذکر است که آبیاری به صورت زه‌آب بود (با فاصله ۱ روز در میان و به مقدار ۵۰۰ میلی‌لیتر در هر گلدان) و همچنین در فاصله ۳ هفته یکبار گلدان‌ها با آب معمولی (بدون شوری) آبیاری شدند تا از تجمع نمک در گلدان‌ها اجتناب شود. در طول مدت آزمایش از زمان کاشت تا برداشت (حدود پنج ماه) مراقبت‌های زراعی شامل وجین علف‌های هرز، آبیاری بر اساس تیمارهای مختلف، مبارزه با آفات، استفاده از کودهای شیمیایی مکمل و ... انجام شد. برای اندازه‌گیری عملکرد کل هر یک از بوته‌ها پس از برداشت میوه‌ها، به کمک یک ترازوی دیجیتالی، وزن میوه‌ها در برداشت‌های متوالی ثبت و در پایان پس از جمع‌بندی میانگین عملکرد هر بوته محاسبه شد. برای محاسبه تعداد میوه در بوته تعداد کل میوه‌های برداشت شده از هر بوته ثبت و برای هر تکرار معدل‌گیری شد. از تقسیم عملکرد کل بر تعداد میوه در هر بوته میانگین وزن میوه به دست آمد. قطر ساقه در سطح خاک و ارتفاع بوته به ترتیب با استفاده از کولیس و خط کش اندازه‌گیری شدند. اندازه‌گیری سطح برگ با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج از برگ‌های کاملاً توسعه یافته هر گلدان انجام شد. اندازه‌گیری وزن خشک و وزن تر بوته و برگ در پایان برداشت انجام گردید. به این ترتیب که وزن تر بوته پس از قطع کامل بوته‌ها از سطح خاک بوسیله ترازوی دیجیتالی ثبت شد. بوته و برگ توزین شده را در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴۸

## نتایج

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) اثرات ساده شوری و قلیائیت بر تمام صفات مورد ارزیابی در سطح ۱ درصد آماری معنی‌دار شد. اثرات ساده اسید سالیسیلیک بر عملکرد کل، تعداد میوه، ارتفاع بوته، سطح برگ، وزن تر و خشک بوته، وزن خشک برگ و شاخص کلروفیل در سطح ۱ درصد و بر قطر ساقه و وزن تر برگ در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. اثرات متقابل شوری و قلیائیت بر عملکرد کل، وزن میوه، وزن تر و خشک گیاه و وزن تر برگ در سطح ۵ درصد و بر وزن خشک برگ در سطح ۱ درصد آماری معنی‌دار شد. اثرات متقابل شوری و سالیسیلیک اسید بر صفات عملکرد کل و سطح برگ در سطح ۱ درصد و بر قطر ساقه در سطح ۵ درصد آماری معنی‌دار شد. اثرات متقابل قلیائیت و سالیسیلیک اسید بر وزن تر گیاه و بر صفات وزن میوه، وزن خشک گیاه و شاخص کلروفیل در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. اثرات سه‌گانه شوری، قلیائیت و اسید سالیسیلیک تنها بر صفات وزن میوه و وزن تر گیاه در سطح ۵ درصد معنی‌دار گردید.

ساعت قرار داده و پس از توزین، وزن خشک آنها ثبت شد. اندازه‌گیری کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل سنج دستی (SPAD) انجام گردید. این دستگاه بر اساس تفاوت بین نور جذب شده در طول موج ۴۳۰ نانومتر (حد اکثر طول موج جذبی کلروفیل a و b) و ۷۵۰ نانومتر (نور مادون قرمز) و با فرض عدم عبور نور از لایه‌های برگ، اعدادی بین صفر تا ۸۰ و بدون واحد ثبت می‌کند که معیاری از میزان کلروفیل برگ است (۳). بدین منظور در هر بوته ۱۰ قرائت از برگ‌های میانی گیاهان هر تکرار انجام شد. پس از میانگین‌گیری ۱۰ قرائت، عدد به دست آمده به عنوان شاخص کلروفیل هر تکرار در نظر گرفته شد. این تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل ۲×۳×۳ با فاکتورهای اصلی تنش شوری، تنش قلیائیت و اسید سالیسیلیک در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار انجام شد (در مجموع ۵۴ گلدان). به منظور انجام محاسبات آماری از نرم‌افزارهای SAS و MSTAT-C استفاده گردید. همچنین مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در گیاه فلغل شیرین تحت تأثیر تنش شوری، تنش قلیائیت و اسید سالیسیلیک

منابع تغییرات	عملکرد کل	وزن میوه	تعداد میوه	ارتفاع	سطح برگ	قطر ساقه	وزن تر گیاه	وزن خشک گیاه	وزن تر برگ	وزن خشک برگ	شاخص کلروفیل
شوری	۱۴۴۰۱۰**	۱۱۱۲**	۵۶/۰۱**	۱۶۷۷**	۱۸۲۹**	۶۷/۷۸**	۵۹۴۹**	۹۲**	۴/۱۸**	۰/۰۵**	۹۹۴**
قلیائیت	۱۱۷۰۳**	۱۳۷**	۴/۶۶**	۲۲۸**	۹۳۲**	۲۱/۶۸**	۶۲۱**	۱۸**	۰/۶۷**	۰/۰۲**	۷۹**
سالیسیلیک	۲۳۱۳**	۲۱ <sup>ns</sup>	۵/۰۵**	۵۶**	۴۲۹**	۱/۵۱*	۱۸۷**	۳/۲۸**	۰/۰۴*	۰/۰۰۷**	۴۱**
شوری×قلیائیت	۸۸۸**	۸۶**	۰/۲۹ <sup>ns</sup>	۱/۴۰ <sup>ns</sup>	۵۲ <sup>ns</sup>	۰/۶۹ <sup>ns</sup>	۶۲**	۵/۴۵**	۰/۱۶**	۰/۰۰۲*	۲/۸ <sup>ns</sup>
شوری×سالیسیلیک	۹۶۰**	۱۱ <sup>ns</sup>	۰/۲۲ <sup>ns</sup>	۴/۵۷ <sup>ns</sup>	۲۳۷**	۱/۶۹*	۸ <sup>ns</sup>	۰/۲۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۲ <sup>ns</sup>
قلیائیت×سالیسیلیک	۱۴۲ <sup>ns</sup>	۲۴*	۰/۶۳ <sup>ns</sup>	۷/۹۰ <sup>ns</sup>	۳۶ <sup>ns</sup>	۰/۴۸ <sup>ns</sup>	۳۵**	۰/۸۴*	۰/۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۸ <sup>ns</sup>	۵/۳**
شوری×قلیائیت×سالیسیلیک	۳۹۳ <sup>ns</sup>	۲۹*	۰/۱۰ <sup>ns</sup>	۸/۸۵ <sup>ns</sup>	۴۷ <sup>ns</sup>	۰/۱۱ <sup>ns</sup>	۲۱*	۰/۳۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۱/۲ <sup>ns</sup>
خطای آزمایشی	۱۸۰	۸	۰/۲۹	۴/۶۵	۱۹	۰/۳۹	۷	۰/۳۱	۰/۰۱	۰/۰۰۰۷	۱/۷
ضربیت تغییرات	۹/۲۳	۱۰/۱۶	۱۱/۱۵	۴/۸۹	۸/۰۳	۷/۸۴	۸/۱۲	۸/۴۴	۱۱/۶۲	۱۲/۴۳	۹/۱۶

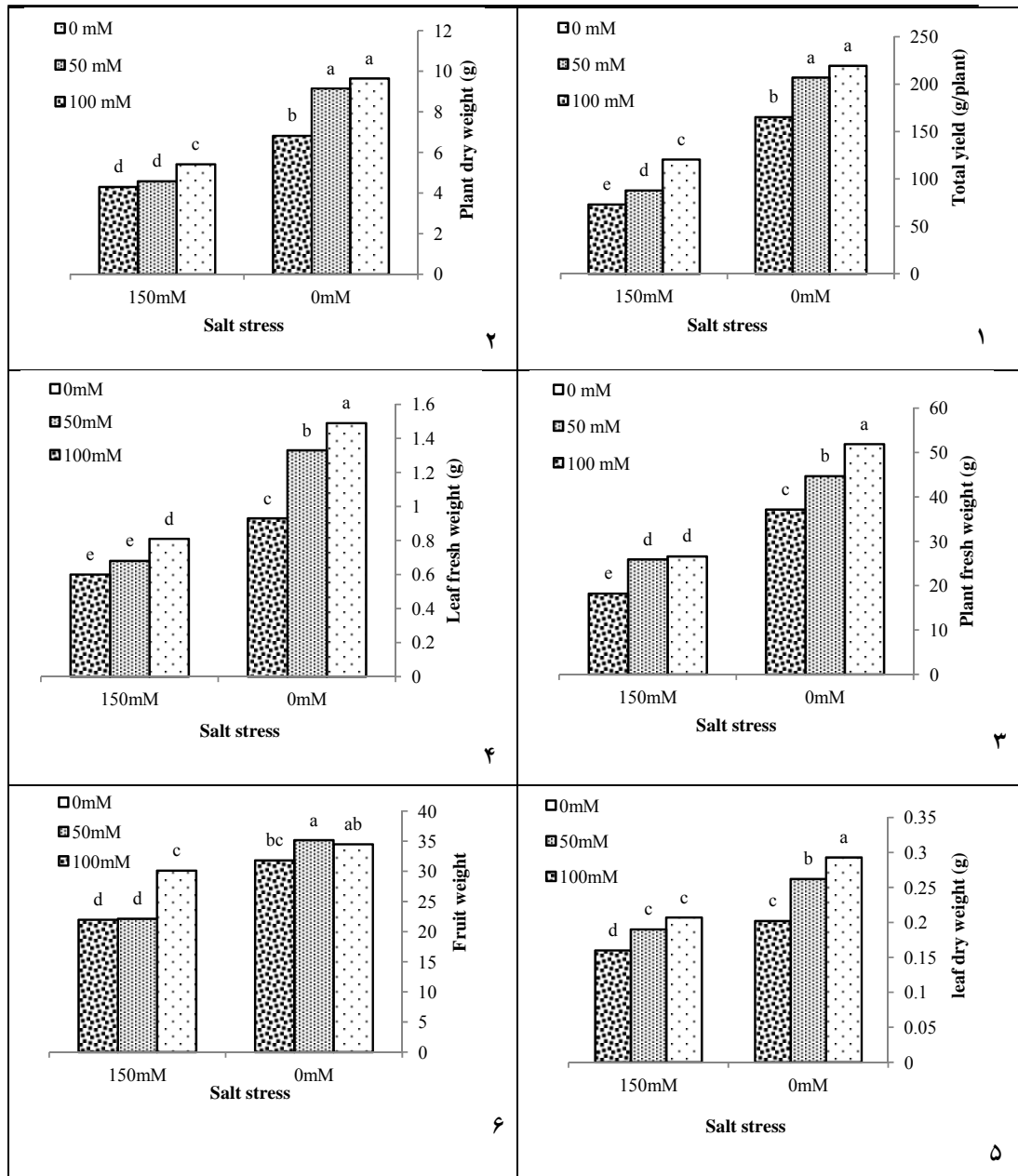
\*: معنی‌دار در سطح ۱ درصد، \*\*: معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ns: عدم معنی‌داری.

اثرات ساده قلیائیت نشان داد که تمامی صفات تحت تأثیر تیمار قرار گرفتند، به طوری که در اثر افزایش تنش قلیائیت تمامی صفات کاهش معنی‌داری داشتند. نتایج مقایسه میانگین حاکی از تأثیر مثبت و معنی‌دار اسید سالیسیلیک بر

مقایسه میانگین اثرات ساده شوری بر صفات مورد ارزیابی حاکی از کاهش معنی‌دار تمامی صفات مورد مطالعه در اثر تیمار شوری می‌باشد، به طوری که تمام صفات در دو گروه آماری جداگانه قرار گرفتند. همچنین مقایسه میانگین

(شکل ۵) و تعداد میوه در بوته (شکل ۶) در ترکیب تیماری ۰ میلی‌مولار (شاهد)، تنش شوری و ۰ میلی‌مولار (شاهد) تنش قلیائیت مشاهده شد. همچنین کمترین میزان تمامی این صفات در شدیدترین تیمار تنش یعنی ۱۵۰ میلی‌مولار تنش شوری و ۱۰۰ میلی‌مولار تنش قلیائیت به دست آمد.

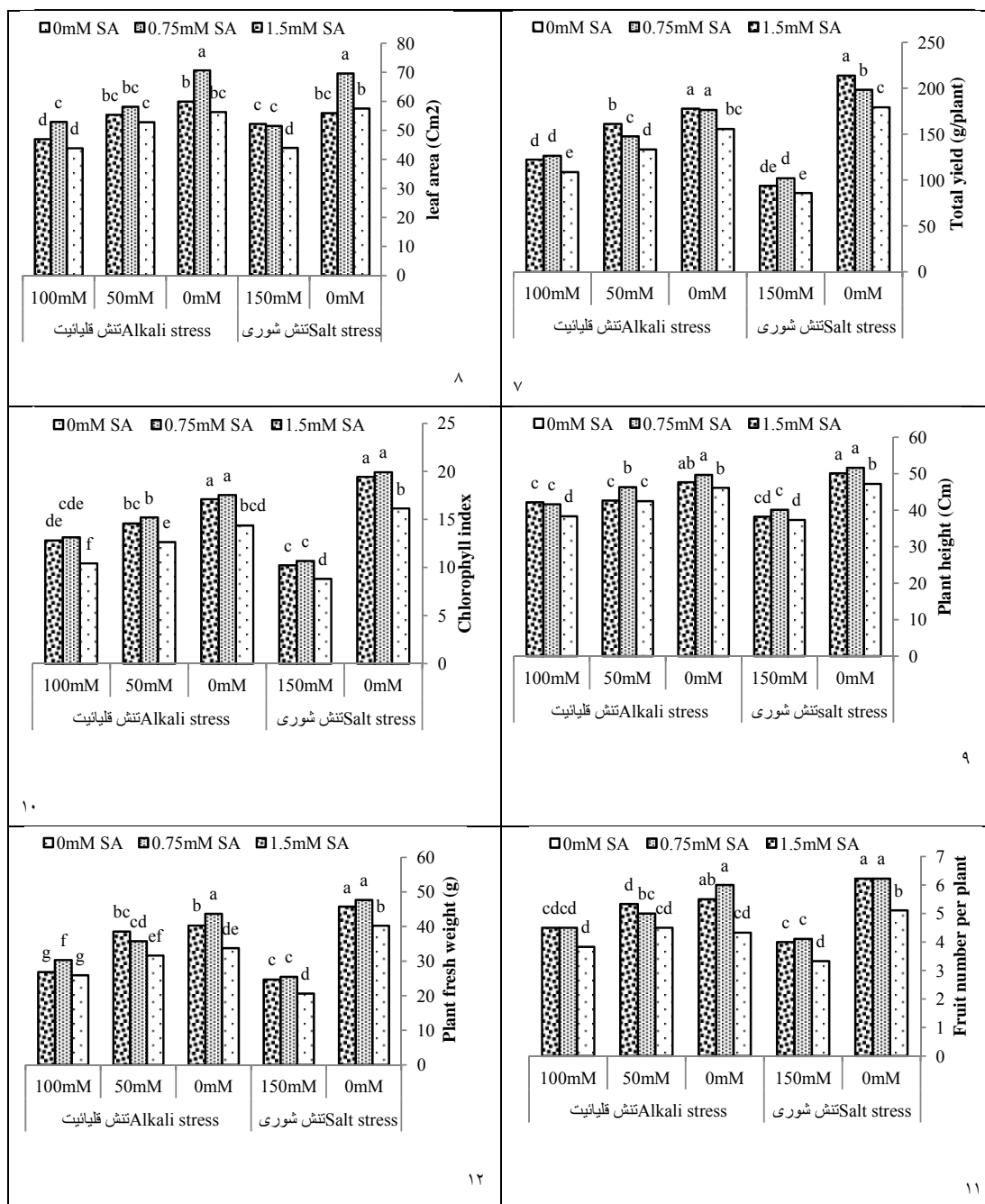
صفات عملکرد کل، تعداد میوه، ارتفاع بوته، سطح برگ، قطر ساقه، وزن تر و خشک گیاه و شاخص کلروفیل بود که در بیشتر صفات غلظت ۰/۷۵ میلی‌مولار مؤثرتر از غلظت ۱/۵ میلی‌مولار بود. نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری و قلیائیت نشان داد که بالاترین میزان عملکرد کل (شکل ۱)، وزن خشک بوته (شکل ۲)، وزن تر بوته (شکل ۳)، وزن تر برگ (شکل ۴)، وزن خشک برگ



اثر سطوح مختلف شوری و قلیائیت بر عملکرد کل (شکل ۱)، وزن خشک گیاه (شکل ۲)، وزن تر گیاه (شکل ۳) و وزن تر برگ (شکل ۴) در گیاه فلفل شیرین

شرایط تنش قلیائیت سبب افزایش معنی‌دار صفات عملکرد کل (شکل ۷)، سطح برگ (شکل ۸)، ارتفاع بوته (شکل ۹)، تعداد میوه در بوته (شکل ۱۰)، وزن تر بوته (شکل ۱۱) و شاخص کلروفیل (شکل ۱۲) شد.

نتایج متقابل اثرات اسید سالیسیلیک بر تنش شوری و تنش قلیائیت حاکی از تأثیر مثبت و معنی‌دار این ماده بر بیشتر صفات مورد ارزیابی در آزمایش بود، به طوری که استفاده از اسید سالیسیلیک هم در شرایط تنش شوری و هم در



تأثیر سالیسیلیک اسید بر عملکرد کل (شکل ۷)، سطح برگ (شکل ۸)، ارتفاع گیاه (شکل ۹)، شاخص کلروفیل (شکل ۱۰)، تعداد میوه در گیاه (شکل ۱۱) و وزن تر گیاه (شکل ۱۲) در فلفل شیرین تحت تنش شوری و قلیائیت

## بحث

تنش به عنوان یک عامل ایجاد کننده اختلال در فیزیولوژی گیاه بر روی پارامترهای رشدی گیاه نیز تأثیر می‌گذارد. نتایج این تحقیق نشان داد که تنش شوری و قلیائیت بر پارامترهای رشدی و میزان عملکرد فلغل تأثیر منفی دارد. به طوری که در اثر تنش شوری عملکرد کل، وزن میوه، تعداد میوه، ارتفاع، سطح برگ، قطر ساقه، وزن تر گیاه، وزن خشک گیاه، وزن تر برگ و وزن خشک برگ به ترتیب ۵۲، ۲۷، ۳۴، ۲۲، ۱۹، ۲۴، ۴۷، ۴۴، ۴۴ و ۲۸ درصد نسبت به شاهد کاهش یافته است. تأثیر تنش در کاهش رشد و عملکرد یک پدیده عمومی بوده و در مطالعات زیادی گزارش شده است (۸ و ۱۸). همچنین دپاسکال و همکاران (۱۰) نیز نشان دادند که تنش شوری در گیاه فلغل سبب کاهش سطح برگ، تعداد برگ، وزن خشک برگ و گیاه، وزن میوه و عملکرد کل می‌شود. یکی از مهمترین واکنش‌های گیاه به شوری کاهش رشد است. شوری خاک از چند طریق بر فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه تأثیر می‌گذارد. اثر نخست و اصلی مربوط به کل املاح محلول در خاک است که باعث کاهش پتانسیل اسمزی می‌شود. با کاهش پتانسیل اسمزی، انرژی آزاد آب کاهش یافته و گیاه برای به دست آوردن مقدار مشخصی آب باید انرژی حیاتی بیشتری صرف کند، بنابراین بخشی از انرژی که گیاه برای رشد و نمو به آن نیاز دارد، صرف جذب آب شده و به این ترتیب رشد عمومی آن کاهش می‌یابد، به این اثر اصطلاحاً اثر اسمزی می‌گویند. اثر دوم مربوط به وجود یون‌های خاص در محلول خاک است. یون‌هایی مانند کلر، سدیم و بر به تنهایی می‌توانند بطور مستقیم موجب بروز سمیت در گیاه شوند و در مکانیسم‌های جذب عناصر غذایی گیاه اختلال ایجاد کنند. اثر سوم در واقع پیامد اثر نوع دوم است که موجب بروز عدم تعادل تغذیه‌ای می‌شود. بدین صورت که وجود یون‌های سدیم و کلر و مانند آنها به مقدار زیاد موجب برهم خوردن تعادل عناصر

غذایی موجود در محلول خاک شده و در نهایت جذب و انتقال سایر عناصر ضروری مانند کلسیم، پتاسیم و منیزیم از خاک به گیاه مختل می‌گردد (۷). در تنش قلیائیت، با وجود اثرات تنش شوری اثر pH بالا نیز وجود دارد. pH بالا در محیط ریشه سبب غیر محلول شدن و رسوب یون-های فلزی و فسفر، کاهش عملکرد فیزیولوژیکی ریشه و تخریب ساختار سلول ریشه می‌شود (۱۸). برخی محققان نشان دادند که pH بالا در محیط‌های قلیایی فاکتور کلیدی محدودیت رشد و نمو گیاهان تحت این شرایط می‌باشد (۱۸). در این تحقیق تنش قلیائیت همانند تنش شوری سبب کاهش معنی دار پارامترهای رشدی و عملکرد در گیاه فلغل شد ولی بر خلاف نتایج سایر محققان (۲۹) که نشان دادند تنش قلیائیت در گیاهان اثرات به مراتب شدیدتری نسبت به تنش شوری در غلظت‌های مشابه دارد، در این تحقیق اثرات منفی تنش شوری (۱۵۰ میلی‌مولار) شدیدتر از اثرات تنش قلیائیت (۱۰۰ میلی‌مولار) بود، به طوری که در شرایط ۱۰۰ میلی‌مولار تنش قلیائیت عملکرد کل، وزن میوه، تعداد میوه، ارتفاع، سطح برگ، قطر ساقه، وزن تر گیاه، وزن خشک گیاه، وزن تر برگ و وزن خشک برگ به ترتیب ۳۰، ۱۸، ۱۸، ۱۴، ۲۴، ۲۳، ۳۰، ۲۶، ۳۳، ۲۸ و ۲۵ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. دلیل اساسی اثرات خفیف‌تر تنش قلیائیت به تنش شوری در این مطالعه احتمالاً می‌تواند انتخاب غلظت پایین‌تر تنش قلیائیت نسبت به تنش شوری و یا مقاومت بهتر گیاه فلغل به تنش قلیائیت نسبت به تنش شوری باشد. نتایج این تحقیق به درستی این مطلب را تأیید می‌کند که تنش همزمان شوری و قلیائیت می‌تواند به مراتب اثرات مخرب‌تری بر رشد و عملکرد گیاهان نسبت به هر یک از تنش‌ها به تنهایی داشته باشد، به طوری که در تمامی صفات مورد ارزیابی شدیدترین کاهش رشد و عملکرد در شدیدترین تیمار ترکیبی تنش (۱۵۰ میلی‌مولار شوری و ۱۰۰ میلی‌مولار قلیائیت) مشاهده شد. لازم به ذکر است که علاوه بر کاهش رشد و عملکرد

از کاشت، اضافه کردن به محیط هیدروپونیک، تیمار خاکی و اسپری برگی) باعث حفاظت چندین گونه گیاهی بر علیه تنش‌های غیر زیستی از طریق تحریک دامنه وسیعی از فرایندهای درگیر در مقاومت به تنش‌ها شده است (۱۶). تیمار گندم با ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک سبب افزایش تقسیم سلولی مرستم انتهایی گیاه شده و از این طریق رشد و عملکرد گیاه افزایش یافته است (۲۸). کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک سبب افزایش میزان فتوسنتز و همچنین ثبات غشاء سلولی در جو شده و از این طریق رشد گیاه در محیط شور بهبود یافته است (۱۱). از سوی دیگر، گنس و همکاران (۱۵) نشان دادند که کاربرد این ماده در شرایط شور و نرمال با جلوگیری از اثرات منفی یون‌های  $Cl^-$  و  $Na^+$  و بهبود جذب  $N$ ،  $Mg$ ،  $Fe$ ،  $Mn$  و  $Cu$  سبب افزایش رشد و عملکرد گیاه ذرت می‌شود.

از علائم تنش‌های محیطی در گیاهان، کاهش میزان کلروفیل است که این کاهش به ژنوتیپ گیاه بستگی دارد (۹). نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که در اثر تنش شوری و قلیائیت شاخص کلروفیل به ترتیب ۵۰ و ۲۵ درصد نسبت به شاهد کاهش یافته است. گزارش‌های مشابهی در مورد کاهش میزان کلروفیل در اثر تنش‌های شوری و قلیائیت در گیاه یولاف (۱۳) وجود دارد که منطبق با یافته‌های این تحقیق است. میزان کلروفیل در گیاهان زنده یکی از فاکتورهای مهم حفظ ظرفیت فتوسنتزی به‌شمار می‌رود. در این حالت با توجه به شدت، مدت و مرحله رشدی، تأثیر تنش بر هر یک از مقادیر کلروفیل  $a$ ،  $b$  و  $a+b$  در گیاهان متفاوت خواهد بود (۱). کاهش کلروفیل برگ می‌تواند به علت اختلال در جذب عناصر غذایی ضروری در سنتز کلروفیل باشد (۶). تنش‌های شوری و قلیائیت همانند سایر تنش‌های محیطی در نهایت تنش اکسیداتیو ایجاد می‌کنند و موجب افزایش تولید انواع اکسیژن واکنش‌گر می‌شوند و کاهش میزان کلروفیل در این شرایط، نشان‌دهنده وسعت آسیب‌های اکسیداتیو است. بر اساس نظر اسپوتز و فنگ‌میر (۲۶)

علائم ناشی از تنش شوری و قلیائیت به صورت رنگ پریدگی و زردی (کلروز) شدید برگ‌های پایین، پیچش برگ‌های پایینی و در نهایت مرگ و ریزش آنها، ریزش گل‌ها و چروکیده شدن میوه‌ها، پژمردگی کل بوته و در نهایت از بین رفتن کل بوته (۱۵۰ میلی‌مولار شوری و ۱۰۰ میلی‌مولار قلیائیت) مشاهده شد. در حقیقت کاهش شدید در برخی صفات همانند وزن تر و خشک در شرایط تنش همزمان شوری و قلیائیت مربوط به ریزش و کاهش سطح برگ در این تیمار می‌باشد. بدیهی است که با کاهش سطح برگ و ریزش برگ‌ها، گیاه آب کمتری را از طریق تعرق از دست می‌دهد، بنابراین محدود شدن سطح تعرق‌کننده را شاید بتوان یکی از پاسخ‌های گیاه به شرایط تنش قلمداد کرد.

نتایج حاصل از تیمار اسید سالیسیلیک بر پارامترهای رشدی خاکی از تأثیر مثبت و معنی‌دار این ماده بر صفات عملکرد کل، تعداد میوه، ارتفاع بوته، سطح برگ، قطر ساقه، وزن تر و خشک بوته و همچنین وزن تر و خشک برگ بود. اسید سالیسیلیک یک تنظیم‌کننده رشد گیاهی می‌باشد که در مقادیر کم و زیاد اثرات متفاوتی بر رشد و فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه می‌گذارد. در بیشتر صفات مورد ارزیابی تیمار ۰/۷۵ میلی‌مولار مؤثرتر از تیمار ۱/۵ میلی‌مولار بود. تأثیر مثبت و معنی‌دار تیمار اسید سالیسیلیک در افزایش رشد و عملکرد در گیاهان لفل (۸)، برنج (۱۲) و ذرت (۱۵) تحت تنش نیز گزارش شده است که با یافته‌های این تحقیق مطابقت دارد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات متقابل اسید سالیسیلیک و شوری و همچنین اسید سالیسیلیک و قلیائیت نیز آشکار کرد که این ترکیب هم در شرایط تنش شوری، هم در شرایط تنش قلیائیت و همچنین در شرایط بدون تنش تأثیر مثبت و معنی‌داری بر عملکرد کل (شکل ۷)، سطح برگ (شکل ۸)، ارتفاع بوته (شکل ۹)، تعداد میوه در بوته (شکل ۱۰) و وزن تر بوته (شکل ۱۱) دارد. ثابت شده است که استفاده از اسید سالیسیلیک به روش‌های مختلف (خیساندن بذور قبل



افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز تحت شرایط تنش باشد. در این مطالعه استفاده از غلظت‌های ۰/۷۵ و ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک سبب افزایش ۲۵ و ۱۶ درصدی شاخص کلروفیل برگ‌های فلفل شیرین نسبت به شاهد شد (جدول ۲). همچنین مقایسه میانگین اثرات متقابل اسید سالیسیلیک و تنش شوری و اسید سالیسیلیک و تنش قلیائیت حاکی از تأثیر مثبت و معنی‌دار این ماده در افزایش این صفت هم در شرایط تنش شوری و هم در شرایط تنش قلیائیت بود (شکل ۱۲).

کاهش میزان کلروفیل در اثر تنش مربوط به افزایش تولید رادیکال‌های اکسیژن در سلول می‌باشد. این رادیکال‌های آزاد سبب پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه این رنگیزه می‌شوند و با کاهش میزان کلروفیل تغییرات زیادی در مقدار تولید در گیاهان به وجود می‌آید. از سوی دیگر گزارش شده که فعالیت آنزیم کلروفیلاز در شرایط تنش بیشتر است. بنابراین کاهش مقدار کلروفیل مشاهده شده در این تحقیق احتمالاً می‌تواند به دلیل اختلال در جذب عناصر غذایی، افزایش تخریب اکسیداتیو کلروفیل و یا

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات تنش شوری، تنش قلیائیت و اسید سالیسیلیک بر صفات مورد مطالعه در گیاه فلفل شیرین

صفات مورد ارزیابی												
تیمارها	هر تیمار (میلی مولار)	عملکرد کل (گرم در بوته)	وزن میوه (گرم)	تعداد میوه	ارتفاع (سانتی متر)	سطح برگ (سانتی متر مربع)	قطر ساقه (میلی متر)	وزن تر گیاه (گرم)	وزن خشک گیاه (گرم)	وزن تر برگ (گرم)	وزن خشک برگ (گرم)	شاخص کلروفیل
شوری	صفر	۱۹۷ <sup>a</sup>	۳۳ <sup>a</sup>	۵/۸۵ <sup>a</sup>	۴۹ <sup>a</sup>	۶۱ <sup>a</sup>	۹/۱۴ <sup>a</sup>	۴۴ <sup>a</sup>	۸/۵۴ <sup>a</sup>	۱/۲۵ <sup>a</sup>	۰/۲۵ <sup>a</sup>	۱۸ <sup>a</sup>
	۱۵۰	۹۳ <sup>b</sup>	۲۴ <sup>b</sup>	۳/۸۱ <sup>b</sup>	۳۸ <sup>b</sup>	۴۹ <sup>b</sup>	۶/۹۰ <sup>b</sup>	۲۳ <sup>b</sup>	۴/۷۷ <sup>b</sup>	۰/۶۹ <sup>b</sup>	۰/۱۸ <sup>b</sup>	۹ <sup>b</sup>
قلیائیت	صفر	۱۷۰ <sup>a</sup>	۳۳ <sup>a</sup>	۵/۲۷ <sup>a</sup>	۴۷ <sup>a</sup>	۶۲ <sup>a</sup>	۹/۱۳ <sup>a</sup>	۳۹ <sup>a</sup>	۷/۵۳ <sup>a</sup>	۱/۱۵ <sup>a</sup>	۰/۲۵ <sup>a</sup>	۱۶ <sup>a</sup>
	۵۰	۱۴۷ <sup>b</sup>	۲۸ <sup>b</sup>	۴/۹۴ <sup>a</sup>	۴۳ <sup>a</sup>	۵۵ <sup>b</sup>	۸/۰۰ <sup>b</sup>	۳۵ <sup>b</sup>	۶/۸۷ <sup>b</sup>	۱/۰۰ <sup>b</sup>	۰/۲۲ <sup>b</sup>	۱۴ <sup>b</sup>
	۱۰۰	۱۱۹ <sup>c</sup>	۲۶ <sup>b</sup>	۴/۲۷ <sup>c</sup>	۴۰ <sup>c</sup>	۴۷ <sup>c</sup>	۶/۹۴ <sup>c</sup>	۲۷ <sup>c</sup>	۵/۵۶ <sup>c</sup>	۰/۷۷ <sup>c</sup>	۰/۱۸ <sup>c</sup>	۱۲ <sup>c</sup>
سالیسیلیک اسید	صفر	۱۳۲ <sup>b</sup>	۳۰ <sup>a</sup>	۴/۲۲ <sup>b</sup>	۴۲ <sup>c</sup>	۵۱ <sup>c</sup>	۷/۸۳ <sup>b</sup>	۳۰ <sup>b</sup>	۶/۱۷ <sup>b</sup>	۰/۹۳ <sup>b</sup>	۰/۲۱ <sup>a</sup>	۱۲ <sup>b</sup>
	۰/۷۵	۱۵۰ <sup>a</sup>	۲۸ <sup>b</sup>	۵/۱۶ <sup>a</sup>	۴۵ <sup>a</sup>	۶۰ <sup>a</sup>	۸/۳۶ <sup>a</sup>	۳۶ <sup>a</sup>	۶/۹۶ <sup>a</sup>	۱/۰۳ <sup>a</sup>	۰/۲۲ <sup>a</sup>	۱۵ <sup>a</sup>
	۱/۵	۱۵۳ <sup>a</sup>	۲۸ <sup>ab</sup>	۵/۱۱ <sup>a</sup>	۴۴ <sup>b</sup>	۵۴ <sup>b</sup>	۷/۸۸ <sup>b</sup>	۳۵ <sup>a</sup>	۶/۸۳ <sup>a</sup>	۰/۹۶ <sup>ab</sup>	۰/۲۲ <sup>a</sup>	۱۴ <sup>a</sup>

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشند.

اکسیدانی مرتبط دانست که گیاه را در برابر آسیب‌هایی از جمله تخریب کلروفیل حفظ می‌کند.

### نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش به منظور افزایش مقاومت به تنش شوری و قلیائیت در گیاه فلفل شیرین از تنظیم‌کننده رشد اسید سالیسیلیک به صورت محلول پاشی برگی استفاده شد. قرار گرفتن گیاه فلفل شیرین در معرض تنش باعث کاهش پارامترهای رشد، عملکرد و میزان کلروفیل شد که تأثیر تنش شوری مخرب‌تر از تنش قلیائیت بود. استفاده از اسید سالیسیلیک سبب کاهش آثار سوء تنش هم در شرایط شوری و هم در شرایط قلیائیت گردید که غلظت ۰/۷۵

به طور مشابه تیمار اسید سالیسیلیک سبب افزایش رنگیزه-های فتوسنتزی در چندین گونه گیاهی شده است (۱۴). تنش‌های مختلف محیطی شامل تنش‌های زنده و غیر زنده سبب تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن شده و تنش اکسیداتیو ایجاد می‌کنند. از سوی دیگر سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی در گیاهان تحت تنش سبب کاهش آثار تنش‌های محیطی از جمله تخریب کلروفیل می‌شوند. افزایش فعالیت سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی در اثر تیمار اسید سالیسیلیک در گیاهان اثبات شده است (۵ و ۱۴). بنابراین دلیل احتمالی افزایش محتوای کلروفیل گیاه فلفل تحت تنش در پاسخ به تیمار اسید سالیسیلیک را می‌توان به القاء پاسخ‌های آنتی

گیاهان تحقیقات بیشتر و کامل‌تری به منظور شناخت اثرات این تنش‌ها و راه‌های مقابله با آنها انجام شود.

میلی‌مولار آن مؤثرتر از غلظت ۱/۵ میلی‌مولار بود. بنابراین پیشنهاد می‌شود با توجه به شرایط تنش‌زا در خاک‌های کشور و اثرات مخرب تنش‌های شوری و قلیائیت بر

## منابع

۱. آرزوجو، ا.، حیدری، م. و قنبری، ا. ۱۳۸۸. بررسی تنش خشکی و سه نوع کود بر عملکرد گل، پارامترهای فیزیولوژیک و جذب عناصر غذایی در گیاه دارویی بابونه (*Matricaria chamomilla* L.). فصل‌نامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۵ (۴): ۴۹۴-۴۸۲.
۲. باقری راد، ا.، دیبانتی نیلکی، ق.، مصداقی، م. و امیرخانی، م. ۱۳۸۶. بررسی کیفیت علوفه سه گونه علف گندمی *Aeluropus lagopoides* A. littoralis و *Puccinellia distans* در منطقه شور و قلیایی اینچه برون (استان گلستان). پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۷۶: ۱۶۳-۱۵۷.
۳. شفق کلوانق، ج.، زهتاب سلماسی، س.، جوانشیر، ع.، مقدم، م. و دباغ محمدی نسب، ع. ۱۳۸۸. تاثیر سطوح مختلف نیتروژن و تداخل علف‌های هرز بر عملکرد، اجزای عملکرد و میزان کلروفیل برگ سویا. مجله دانش کشاورزی پایدار. ۱۹: ۲۰-۱.
۴. طویلی، ع.، صابری، م.، شهریاری، ع.، حیدری، م. ۱۳۹۲. بررسی اثر پیش تیمار سالیسیلیک اسید بر ویژگی‌های جوانه زنی بذر و رشد اولیه دانه رست *Bromus tomentellus* Boiss. در شرایط تنش کادمیم. مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران). ۲۶ (۲): ۲۰۸-۲۱۶.
۵. کشاورز، ح.، مدرس ثانوی، س. ع. و زرین کمر، ف. ۱۳۹۳. تفاوت در پاسخ آنتی‌اکسیدانی دو رقم کلزا بهاره و پاییزه (*Brassica napus* L.) در شرایط مزرعه‌ای تحت تاثیر اسید سالیسیلیک. مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران). ۲۷ (۲): ۲۸۸-۲۹۸.
۶. نورانی آزاد، ح. و چوبینه، د. ۱۳۸۷. مطالعه تنش آبی بر بیوماس، قندهای محلول، پرولین، آنزیم‌ها و یون‌ها در گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.). فصلنامه علمی-پژوهشی دانش زراعتی ایران. ۳ (۲): ۲۶-۱۹.
۷. همایی، م. ۱۳۸۱. واکنش گیاهان به شوری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
8. Changli, Z. and Chanyou, C. 2010. Physiological effect of exogenous salicylic acid on decreasing salt damage to pepper seedlings. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 3:1-11.
9. Colom, M. R. and Vazzana, C. 2001. Drought stress effect on three cultivars of *Eragrostis curvula*: photosynthesis and water relation. Journal of Plant Growth Regulator, 34: 195-202.
10. De Pascale, S., Ruggiero, C. and Barbieri, G. 2003. Physiological responses of pepper to salinity and drought. Journal of American Society Science, 128(1): 48-54.
11. El-Tayeb, M. A. 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regul., 45:215-224.
12. 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. Journal of Agronomy and Crop Science, 195: 237-246.
13. Gao, W. Z., Zhang, J. T., Liu, Z., Xu, Q. T., Li, X. J. and Mu, C. 2012. Comparative effects of two alkali stresses, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> and NaHCO<sub>3</sub> on cellionic balance, osmotic adjustment, pH, photosynthetic pigments and growth in oat (*Avena sativa* L.). Australian Journal of Crop Science, 6 (6): 995-1003.
14. Ghorbani Javid, M., Sorooshzadeh, A., Moradi, F., Modarre-Sanavy, S. A. M. and Allahdadi, I. 2011. The role of phytohormones in alleviating salt stress in crop plants. Australian Journal of Crop Science, 5(6): 726-734.
15. Gunes, Y., Inal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Bagci, E. G. and Cicek, G. N. 2007. Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. Journal of Plant Physiology, 164: 728-736.
16. Horvath, E., Szalai, G. and Janda, T. 2007. Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling. Journal of Plant Growth Regulator, 26: 290-300.

17. Läuchli, A, and Lüttge, U. 2002. Salinity in the soil environment. In: Tanji, K.K. (ed.): Salinity: Environment-Plants-Molecules. Kluwer Academic Publ., Boston. Pp. 21-23.
18. Li, C., Fang, B., Yang, C., Shi, D. and Wang, D. 2009. Effects of various salt-alkaline mixed stresses on the state of mineral elements in nutrient solutions and the growth of alkali resistant halophyte *Chloris virgata*. Journal of Plant Nutrition, 32: 1137-1147.
19. Li, C., Wang, H., Wang, H., Ni, F. and Shi, D. 2012. Comparative investigation of single salts stresses and their mixtures on Eragrostioid (*Chloris virgata*) to demonstrate the relaxation effect of mixed anions. Australian Journal of Crop Science, 6(5):839-845.
20. Liu, D. L., Zhang, X. X., Cheng, Y. X., Takano, T. S. and Liu, S. K. 2006. RHsp90 gene expression in response to several environmental stresses in rice (*Oryza sativa* L.). Plant Physiol Biochem, 44:380-386.
21. Metwally, A., Finkemeier, I., Georgi, M. and Dietz, K. J. 2003. Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in barley seedlings. Plant Physiology, 132: 272-281.
22. Mozafar, A. and Goodin, J. R. 1985. Salt tolerance of two differently drought-tolerant wheat genotypes during germination and early seedling growth. Plant Soil, 96: 303-316.
23. Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell Environ., 25: 239-250.
24. Rao, P. S., Mishra, B., Gupta, S. R. and Rathore, A. 2008. Reproductive stage tolerance to salinity and alkalinity stresses in rice genotypes. Plant Breeding, 127: 256-261.
25. Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol., 43: 439-63.
26. Schutz, M, and Fangmeir, E. 2001. Growth and yield response of spring wheat (*Triticum aestivum* L. cv. *Minaret*) to elevated CO<sub>2</sub> and water limitation. Environmental Pollution, 11: 187-194.
27. Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E. and Dixon, K. 2000. Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant Growth Regulator, 30: 157-161.
28. Shakirova, F. M., Sakhabutdinova, A. R., Bezrukova, M. V., Fatkhutdinova, R. A. and Fatkhutdinova, D. R. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. Plant Science, 164: 317-322.
29. Shi, D. C. and Yin, L. J. 1993. Difference between salt (NaCl) and alkaline (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) stresses on *Puccinellia tenuiflora* (Griseb.) Scribn Plants. Acta Botanica Sinica, 35: 144-149.
30. Yang, C., Chong, J., Kim, C., Li, C., Shi, D. and Wang, D. 2007. Osmotic adjustment and ion balance traits of an alkali resistant halophyte *Kochia sieversiana* during adaptation to salt and alkali conditions. Plant and Soil, 294: 263-276.

## Effects of Salicylic acid on salinity and alkali resistance in sweet pepper plant (*Capsicum annuum* L.)

Ghanbari F.<sup>1</sup>, Amirinejad A.A.<sup>2</sup>, Sayyari M.<sup>3</sup> and Kordi, S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Young Researchers and Elite Club, Khoram-Abad Branch, Islamic Azad University, Khoram-Abad, I.R. of Iran

<sup>2</sup>Soil Science Dept., Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, I.R. of Iran

<sup>3</sup>Horticultural Science Dept., Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, I.R. of Iran

### Abstract

Salinization and alkalization of soils are agricultural problems in arid and semiarid regions of the world such as Iran. In this experiment the effects of salicylic acid (SA) on resistance of pepper under salt and alkali stresses was investigated. Experimental treatments include 0 and 150 mM of NaCl stress, 0, 50 and 100 mM of Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>/NaHCO<sub>3</sub> and 0, 0.75 and 1.5 mM SA. Results showed that salt and alkali stresses imposed negative effects on plant growth and productivity. Reduction in growth and yield in salinity condition was higher than alkaline condition and maximum reduction occurred in mixed stresses. Application of SA in both conditions significantly increased yield, plant growth parameters and chlorophyll content. For most traits, 0.75 mM of SA was more effective than 1.5mM concentration. In general, Salinity and alkalinity have negative effects on growth and yield of pepper plant and these negative effects can be reduced by application of SA.

**Key words:** Chlorophyll content, Growth, High pH, Salinity, Yield.