تأثیر تنش شوری و اسید سالیسیلیک بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک گیاه بادمجان (*Solanum melongena* var. Taki) در سیستم کشت بدون خاک

محمود رقامی[1*]، احمد استاجی[1]، واحد باقری[1] و الیاس آریاکیا[2]

(تاریخ دریافت:۱۳۹۳/۱۰/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۴/۲۴)

چکیده

شوری، مسئله بسیار جدی برای توسعه کشاورزی، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک، به‌شمار می‌رود. از طرف دیگر، مزایای متعدد کشت بدون خاک در این مناطق سبب گسترش استفاده از این سیستم‌ها شده است. در این پژوهش، به منظور بررسی اثر سالیسیلیک اسید و تنش شوری بر خصوصیات رویشی و فیزیولوژیک بادمجان، آزمایشی به صورت فاکتوریل با دو فاکتور شامل اسید سالیسیلیک در سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و تنش شوری در سه سطح (صفر، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) با سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که اثرهای ساده و متقابل سطوح مختلف شوری و اسید سالیسیلیک، به‌جز قطر شاخه، کلروفیل b و میزان عنصر کلسیم، بر شاخص‌های رویشی، رنگدانه‌های فتوسنتزی، قندهای محلول، پرولین و عناصر معدنی معنی‌دار شد. با افزایش سطح شوری، شاخص‌های ارتفاع، تعداد برگ، سطح برگ، وزن تر و خشک شاخساره، وزن تر و خشک ریشه، رنگدانه‌های فتوسنتزی شامل کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید، قندهای محلول و میزان عنصر پتاسیم کاهش یافت؛ کاربرد اسید سالیسیلیک، شاخص‌های مذکور را بهبود بخشید. ولی مقدار غلظت عناصر سدیم و کلر تحت شرایط تنش شوری افزایش یافت و کاربرد اسید سالیسیلیک تا حدودی این شرایط را بهبود بخشید. همچنین، مقدار پرولین با افزایش سطح شوری و کاربرد اسید سالیسیلیک افزایش یافت. بر اساس نتایج به دست آمده و با توجه به افزایش املاح در آب آبیاری گلخانه‌ها، با کاربرد اسید سالیسیلیک می‌توان رشد گیاه را در شرایط شوری بهبود بخشید.

کلمات کلیدی: مقاومت به تنش، محلول¬پاشی، شاخص سبزینگی

مقدمه

بادمجان (*Solanum melongena* L.) یکی از گیاهان دو لپه و متعلق به خانواده سولاناسه است که از زمان‌های بسیار قدیم در هند کشت می‌شده است و از آنجا به نقاط دیگر جهان راه یافته است. یکی از چالش‌های پیش رو، به‌ویژه در مناطق نیمه جنوبی کشور، کاهش کیفیت آب آبیاری و افزایش روند شور شدن آب و خاک در این مناطق است. سارواس و لنز (۴۴) گزارش کردند که بادمجان دارای حساسیت متوسط به شوری می‌باشد. اما توجه بیشتر به شوری در تولید بادمجان از اهمیت قابل توجهی برخوردار می‌باشد. معمولاً با افزایش شوری، عملکرد

۱. گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولیعصر(عج) رفسنجان
۲. گروه علوم باغبانی، بانک گیاهی مرکز ملی ذخایر ژنتیکی و زیستی ایران، جهاد دانشگاهی (ACECR)
*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mraghami@vru.ac.ir

تقریباً به طور خطی کاهش می‌یابد (۲). در عین حال، واکنش گیاه به شوری پیچیده بوده و به مدت زمان تنش، نوع شوری، مرحله رشد گیاه، زمانی که گیاه در معرض تنش شوری قرار دارد و نیز بسیاری از عامل‌های دیگر وابسته است (۱۲-۳۰). شوری موجب اختلال در جذب مواد معدنی می‌شود، به طوری که با دخالت در فعالیت‌های ناقل‌ها و کانال‌های یونی در ریشه، مانند کانال‌های انتخابی K^+ (رقابت سدیم با پتاسیم)، مهار رشد ریشه توسط آثار اسمزی Na^+ موجب کاهش جذب آب و مواد معدنی می‌شود (۴۰). از سوی دیگر، شوری با جایگزینی Na^+ با $Ca2^+$ در غشا، نفوذپذیری غشا را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۴۳). تنش شوری باعث تولید گونه‌های فعال اکسیژن و افزایش نشت‌پذیری غشای سلول‌ها شده، که علاوه بر آسیب اکسیداتیو وارد شده توسط گونه‌های فعال اکسیژن، باعث افزایش برخی پروتئین‌ها، مانند پروتئین‌های شوک گرمایی، چپرون‌ها و سایر پروتئین‌های سم‌زدا می‌شود (۴۸). گیاه برای حفظ تورژسانس در تنش شوری موادی می‌سازد که باعث منفی‌تر شدن پتانسیل آب درون سلول‌ها شده، به گیاه اجازه حفظ تورگور را می‌دهد. این مواد، که اسمولیت نام دارند، ترکیباتی هستند که قابلیت انحلال زیادی دارند؛ با این حال، وزن مولکولی آنها کم می‌باشد (۸). در حال حاضر از ترکیباتی استفاده می‌شود که مقاومت گیاهان را به تنش‌های محیطی افزایش داده، موجب بهبود فعالیت‌های متابولیک گیاه می‌شوند. یکی از این ترکیبات، اسید سالیسیلیک است. اسید سالیسیلیک، یا اُرتوهیدروکسی بنزوئیک اسید، به وسیله سلول‌های ریشه تولید می‌شود و نقش محوری در فرایندهای فیزیولوژیک مختلف مثل رشد، تکامل گیاه، فتوسنتز و جوانه‌زنی ایفا می‌کند. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک روی ساقه¬های سویا باعث افزایش رشد ساقه‌ها و ریشه‌ها در شرایط مزرعه و گلخانه شد (۴-۲۱). ماندال و همکاران (۳۲) گزارش کردند که کاربرد بیرونی اسید سالیسیلیک می‌تواند باعث ایجاد مقاومت گیاه گوجه‌فرنگی در برابر قارچ فوزاریوم شود. همچنین، در یک آزمایش، از چهار ترکیب شامل کیتوسان، اسید سالیسیلیک، متیل سالیسیلیک و متیل جاسمونات برای ایجاد پایداری دیواره سلولی و فعالیت آنزیم‌های دفاعی در گیاه بادمجان استفاده شد. نتایج نشان داد که ترکیبات فنلی، لیگنین‌ها و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در ریشه و قسمت‌های هوایی بادمجان در هر چهار تیمار افزایش یافت (۳۳). محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک، سرعت فتوسنتز را در گیاهان زراعی مختلف، مانند ذرت (۲۸) و کلزا (۳۶) افزایش داد. سنارانتا و همکاران (۴۵) بیان کردند که اسید سالیسیلیک یک مولکول علامتی مهم برای ایجاد پاسخ‌های گیاهان در برابر تنش‌های محیطی است. بررسی‌ها نشان داده که اسید سالیسیلیک موجب جلوگیری از صدمه به اسیدهای چرب غیراشباع، کاهش نفوذپذیری غشا و حفاظت از غشای تیلاکوئیدی در زمان تنش شوری در گیاهان لوبیا و گوجه‌فرنگی می‌شود. کایدن و همکاران (۲۵) گزارش کرد که اسید سالیسیلیک رشد گیاهان جوان رشد کرده در محیط شور را افزایش می‌دهد. ایشان همچنین نشان داد که افزایش رشد گیاهان گندم تحت شرایط کنترل و شور، در حالی که با اسید سالیسیلیک تیمار شده باشند، به‌خاطر افزایش فتوسنتز در برگ می‌باشد. با کاربرد اسید سالیسیلیک، میزان عناصر سدیم و کلر در شاخه گیاهان تحت تنش شوری در گوجه‌فرنگی کاهش یافت (۷). در یک آزمایش که توسط الحکیمی و حامد (۶) انجام شد، نشان داده شد که گیاهان گندم تحت تنش شوری که با اسید سالیسیلیک تیمار شده بودند میزان عنصر پتاسیم آنها افزایش یافت. کاربرد بیرونی اسید سالیسیلیک باعث تغییر در میزان رنگیزه‌های گیاهی تحت تنش شوری می‌شود. خوداری (۲۸) گزارش کرد که افزایش معنی‌داری در میزان رنگیزه‌های گیاهی در گیاهان ذرت محلول‌پاشی شده با اسید سالیسیلیک وجود دارد.

هدف این پژوهش، ارزیابی تأثیر اسید سالیسیلیک بر رشد و برخی پارامترهای فیزیولوژیک و متابولیک و کاهش اثر تنش شوری مانند میزان عناصر، قند، پرولین و رنگیزه‌های گیاهی در گیاه بادمجان بود.

مواد و روش‌ها

کاشت بذرها و محلول‌دهی

این پژوهش روی گیاه بادمجان (Solanum melongena L.)،

جدول ۱. مقادیر غلظت عناصر در محلول غذایی

نوع محلول ذخیره	ترکیب شیمیایی	غلظت محلول ذخیره	حجم محلول ذخیره در لیتر محلول نهایی
I	KH_2PO_4	۱ مولار	۵ میلی‌لیتر در لیتر
	KNO_3	۱ مولار	
I I	$MgSO_4.7H_2O$	۱ مولار	۲ میلی‌لیتر در لیتر
I I I	$Ca(NO_3)_2.4H_20$	۱ مولار	۵ میلی‌لیتر در لیتر
IV	H_3BO_3	۲/۹ گرم در لیتر	۱ میلی‌لیتر در لیتر
	$ZnSO_4$	۰/۲۲ گرم در لیتر	
	$MnSO_4$	۱/۸۱ گرم در لیتر	
	$CuSO_4$	۰/۰۵۱ گرم در لیتر	
	H_2MoO_4	۲/. گرم در لیتر	
IV	Fe-EDDHA	۵ گرم در لیتر	۲ میلی‌لیتر در لیتر

رقم هیبرید تاکی، از شرکت تاکی کشور ژاپن تهیه و در گلخانه‌ی دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان در سال ۹۲-۱۳۹۱ انجام شد. گیاهان در گلخانه‌ای با ۱۳ ساعت نور طبیعی (۲۱ درجه سلسیوس) و ۸ ساعت تاریکی (۱۸ درجه سلسیوس) و رطوبت نسبی ۶۰٪ رشد کردند. ابتدا بذرها در پرلیت جوانه‌دار شدند و بعد از سه هفته نشاهای بادمجان به گلدان‌های یونولیتی حاوی پرلیت انتقال داده شدند. در هر گلدان دو عدد گیاه کشت گردید. آبیاری گیاهان تا زمان شروع اعمال شوری، روزانه دو بار و هر بار به مقدار ۲۰۰ میلی‌لیتر (۱۰۰ میلی‌لیتر ساعت ۸ صبح و ۱۰۰ میلی‌لیتر ساعت ۱۸ عصر) در هر گلدان انجام شد. محلول غذایی مورد استفاده برای تغذیه گیاهان بر اساس جدول ۱ آماده و محلول‌دهی گردید (۴۱). بعد از گذشت سه هفته از کاشت، تیمار شوری در سه سطح (صفر میلی‌مولار به عنوان کنترل، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار) کلرید سدیم همراه با محلول غذایی اعمال گردید. گیاهان کنترل همان محلول غذایی را دریافت کردند. بعد از گذشت ۶ هفته از کاشت، تیمار اسید سالیسیلیک (غلظت‌های صفر به عنوان کنترل، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌لیتر) به صورت اسپری شاخساره در دو نوبت به فاصله یک هفته انجام شد.

پارامترهای رویشی

پارامترهای رویشی که در این آزمایش اندازه‌گیری شدند شامل تعداد برگ، سطح برگ، ارتفاع ساقه، قطر ساقه، وزن تر و خشک قسمت هوایی و وزن تر و خشک ریشه بود.

ارتفاع با استفاده از خط‌کش و قطر ساقه در ارتفاع ۵ سانتی‌متری ساقه با استفاده از کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری سطح برگ، با استفاده از دستگاه سنجش سطح برگ (Leaf area meter) مدل CI 202 اسکن و سطح برگ بر حسب سانتی‌متر مربع به‌دست آمد. برای اندازه‌گیری وزن تر، ابتدا گیاه از ناحیه طوقه جدا و به دو قسمت اندام‌های هوایی و ریشه تقسیم شد و پس از شستشو و خشک شدن، با ترازو هر کدام از اندام‌ها جداگانه توزین گردید. برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها را به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده و سپس توزین شدند.

تنظیم‌کننده‌های اسمزی

برای اندازه‌گیری پرولین، ابتدا از ۰/۵ گرم برگ به‌خوبی رشد یافته، به روش پاکین و لُشاسور (۳۹) عصاره تهیه شد و سپس

با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (PG Instruments, T80 UV/VIS) در طول موج ۵۱۵ نانومتر، میزان پرولین تعیین شد. برای اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول، ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره¬ی الکلی که قبلاً برای پرولین تهیه شده بود، با ۳ میلی‌لیتر آنترون تازه تهیه شده، مخلوط گردید. این محلول ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم قرار داده شد تا واکنش انجام و رنگی شود. سپس، میزان جذب آن با اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۲۵ نانومتر قرائت و مقدار قندهای محلول محاسبه گردید (۲۳).

رنگیزه‌های گیاهی

برای اندازه‌گیری کلروفیل کل، a، b و کاروتنوئیدها ابتدا ۰/۲۵ گرم برگ تازه را خرد کرده و آن را در یک هاون چینی سرد با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰٪ سائیده تا به‌صورت توده یکنواختی درآید. سپس، مخلوط حاصل را در لوله‌های فالکون ۲۰ میلی‌لیتری ریخته و به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۳۵۰۰ سانتریفیوژ گردید. میزان جذب نور محلول رویی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل T80 UV/VIS) در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۶، ۶۵۲ و ۶۶۳ نانومتر قرائت گردید (۲۷).

$$Chla = [۱۲/۲۵A_{۶۶۳} - ۲/۷۹A_{۶۴۶}] \times V / ۱۰۰۰ \times W \quad [۱]$$

$$Chlb = [۱۲/۲۱A_{۶۴۶} - ۵/۱۰A_{۶۶۳}] \times V / ۱۰۰۰ \times W \quad [۲]$$

$$Chlt = Chla + Chlb \quad [۳]$$

$$Car = (۴۷۰ - ۱/۸ \times Chla - ۸۵/۰۲ \times Chlb) / ۱۹۸ \quad [۴]$$

که V حجم نمونه، W وزن نمونه و Car میزان کاروتنوئید است.

عناصر غذایی

عناصر غذایی که در این آزمایش اندازه‌گیری شدند شامل کلسیم، پتاسیم، سدیم و کلر در اندام هوایی بود. برای تهیه عصاره، ابتدا ۰/۵ گرم از نمونه خشک شده و آسیاب شده را وزن کرده و سپس در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۳ ساعت قرار داده شد تا نمونه‌ها تبدیل به خاکستر شدند و سپس ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال به هر نمونه اضافه گردید و در نهایت توسط آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانیده شد. این عصاره به طور مستقیم جهت اندازه‌گیری عناصر کلسیم، پتاسیم و سدیم به کار رفت. عناصر سدیم و پتاسیم بعد از عصاره‌گیری با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل GBC avanta) اندازه‌گیری گردید. کلسیم با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر (Genway, UK) قرائت گردید. کلر نیز به روش موهر با نیترات نقره تیتر گردید (۱۰).

این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام پذیرفت. داده‌های به-دست آمده با استفاده از نرم افزار آماری SAS تجزیه و تحلیل شدند و مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال ۵٪ توسط آزمون دانکن انجام شد. با استفاده از برنامه MINITAB نسخه ۱۴، تست نرمالیته روی داده ها انجام شد.

نتایج و بحث

صفات رویشی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرهای ساده و متقابل سطوح مختلف شوری و اسید سالیسیلیک، به‌جز شاخص قطر شاخه، در خصوص شاخص‌های رویشی ارتفاع، تعداد برگ، سطح برگ، وزن تر و خشک شاخساره و وزن تر و خشک ریشه معنی‌دار شد (جدول ۲). با افزایش سطح شوری، به‌جز شاخص قطر شاخه، شاخص‌های رویشی ارتفاع، تعداد برگ، سطح برگ، وزن تر و خشک شاخساره و وزن تر و خشک ریشه کاهش یافت و کاربرد اسید سالیسیلیک شاخص‌های مذکور را بهبود بخشید، به‌طوری که در هر یک از سطوح تیمار شوری، با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک، بیشترین میزان ارتفاع، تعداد برگ، سطح برگ، وزن تر و خشک شاخساره و وزن تر و خشک ریشه به دست آمد (جدول ۳).

همانطور که نتایج آزمایش نشان داد، تنش شوری باعث کاهش رشد گیاه بادمجان شد و کاربرد سالیسیلیک اسید صفات رویشی

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس تنش شوری و سالیسیلیک اسید بر صفات رویشی و رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه بادمجان

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات											
		ارتفاع	قطر ساقه	تعداد برگ	سطح برگ	وزن تر شاخساره	وزن خشک شاخساره	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید	SPAD
تنش شوری (S)	۲	۲۵۷/۵۶**	۰/۳۱**	۲۰/۹۵**	۲۰۸۷۵۸/۳۷**	۴۹۳/۴۴**	۴۱/۷۳**	۴۷۱/۲۶**	۶۴/۲۳**	۰/۳۰**	۰/۲۳**	۱/۲۸**	۰/۱۴۱**	۹۳/۴۵**
سالیسیلیک اسید (SA)	۲	۲۳۲/۵۶**	۰/۰۹ns	۳۰/۲۸**	۱۱۴۳۲/۹۵**	۳۱۲/۱۱**	۵۹/۳۷**	۳۶۲/۸۱**	۵۷/۵۱**	۰/۰۵**	۰/۰۳**	۰/۲۹**	۰/۰۳۴**	۵۲/۰۵**
S×SA	۴	۱۸/۸۱**	۰/۰۱ns	۰/۸۷*	۸۰۲/۸۴*	۱۱/۰۵**	۹/۱۵**	۹/۵۴*	۴/۱۹*	۰/۰۰۴**	۰/۰۰۶ns	۰/۰۲**	۰/۰۰۵*	۳/۹۵*
خطا	۱۸	۳/۹۳	۰/۰۷	۰/۲۳	۲۰۱/۳۱	۲/۳۰	۷/۱۷	۴۶/۹۲	۰/۲۹	۰/۰۱۸	۰/۵۳	۰/۰۵	۰/۰۰۲	۲۳/۸۹
ضریب تغییرات (٪)		۴/۱۹	۴/۱۱	۴/۲۶	۳/۱۲	۴/۱۸	۶/۷۱	۳/۷۹	۶/۲۷	۳/۰۰۳	۳/۸۲	۳/۲۰	۲/۴	۲/۷۴

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

جدول ۳. اثر متقابل تنش شوری و سالیسیلیک اسید بر صفات رویشی و رنگدانه‌های فتوسنتزی گیاه بادمجان

تنش شوری (میلی‌مولار)	سالیسیلیک اسید (mg/L)	قطر ساقه	ارتفاع	تعداد برگ	وزن خشک ریشه	وزن تر ساقه	وزن خشک ساقه	وزن تر ریشه	سطح برگ	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید	SPAD
		(سانتی‌متر)			(گرم)					(میلی‌گرم بر گرم)				
۰	۰	۶/۵۶a	۸۹/۴bc	۱۱/۱۷c	۸/۳۳c	۳۶/۰۰cd	۶/۵۶a	۳۸/۳۳cd	۵۷۹c	۱/۲۴a	۰/۷۴a	۱/۹۳bc	۰/۵۵bc	۴۳/۳۳c
	۵۰	۶/۶۲a	۵۷/۵b	۱۲/۳۳b	۱۰/۶۷b	۴۲/۳۳b	۶/۶۲a	۴۶/۰۰b	۶۳۶/۶۷a	۱/۲۷a	۰/۷۸a	۲/۰۴b	۰/۵۸b	۴۵/۳۳b
	۱۰۰	۶/۷۲ a	۵۷/۵ a	۱۵/۵ a	۱۴/۳۳ a	۵۱/۶۷ a	۶/۷۲ a	۵۴/۶۷ a	۶۵۳/۳۳a	۱/۳۱ a	۰/۸۵ a	۲/۲۴ a	۰/۶۱a	۴۷/۸۳ a
۷۵	۰	۶/۴۵a	۴۳/۳۳d	۹/۱۷e	۶/۶۷d	۳۲/۰e	۶/۴۵a	۳۴/۰ef	۳۶۹e	۰/۹۷cd	۰/۵۸a	۱/۵۴e	۰/۳۸d	۳۹/۵d
	۵۰	۶/۶۱a	۴۶/۶۷cd	۱۱/۰b	۸/۶۷c	۲۹/۶۷c	۶/۶۱a	۴۰/۳۳c	۴۰۶d	۱/۰۹b	۰/۶۵a	۱/۷۴d	۰/۵۵c	۲۹/۶۷d
	۱۰۰	۶/۶۹a	۵۰/۳۳bc	۱۲/۳۳b	۱۰/۸۳b	۴۱/۶۷b	۶/۶۹a	۴۵/۳۳b	۴۵۶/۳۳c	۱/۱۴b	۰/۶۷a	۱/۸۱cd	۰/۵۶bc	۴۱/۰۰bc
۱۵۰	۰	۶/۱۵a	۳۳/۸۳e	۸/۱۷f	۳/۰۱e	۲۳/۰۰f	۶/۱۵a	۲۶/۰۰g	۳۰۵/۸۳g	۰/۸۰e	۰/۴۰a	۱/۰۳g	۰/۲۷f	۳۵/۳۰e
	۵۰	۶/۴۱a	۴۳/۵d	۱۰/۳۳cd	۶/۳۳d	۲۹/۶۷e	۶/۴۱a	۳۳/۳۳f	۳۲۵/۶۷gf	۰/۹۱d	۰/۴۷a	۱/۳۹f	۰/۳۵e	۴۱/۰۰d
	۱۰۰	۶/۳۲a	۴۹/۱۷bc	۱۱/۶۷bc	۸/۰۲c	۳۳/۰۰de	۶/۳۲a	۳۶/۳۳de	۳۶۹gf	۱/۰۰۴c	۰/۵۲a	۱/۵۳e	۰/۳۸d	۴۱/۱۷d

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

را بهبود بخشید. کاهش رشد یک نوع سازگاری برای زنده ماندن گیاه در شرایط تنش است (۵۳). گیاهان برای کاهش اثر ناشی از تنش شوری، سعی در حفظ انرژی متابولیک می‌نمایند تا با کاهش انرژی رشد، انرژی لازم برای تنظیم اسمزی و یونی را فراهم نمایند (۲۶). همچنین، گیاهان در واکنش به تنش‌های محیطی، پروتئین‌هایی تولید می‌کنند که القا و تحریک آنها توسط فیتوهورمون‌هایی نظیر ABA و سالیسیلیک اسید ایجاد می‌شود (۳۷). سالیسیلیک اسید به عنوان مولکول پیام‌رسان، اساساً در پاسخ به تنش‌های محیطی در گیاهان دخالت می‌نماید و در بافت‌های گیاه تحت شرایط تنش، تجمع یافته و سبب افزایش مقاومت گیاه به تنش شوری می‌شود (۴۷). گزارش‌های زیادی حاکی از اثر منفی تنش شوری بر صفات رویشی گیاهان و اثر مثبت سالیسیلیک اسید در بهبود صفات رویشی در مواجه با تنش شوری می‌باشد (۱۸، ۲۲ و ۴۶). در گیاه گوجه‌فرنگی، مقاومت به شوری و خسارت اکسیداتیو ناشی از کلرید سدیم، به اسید سالیسیلیک نسبت داده شده است (۱۷ و ۳۵) و اسید سالیسیلیک باعث بهبود رشد گیاه گوجه فرنگی، از جمله وزن خشک، در شرایط شوری شده است (۳۱). افزایش سطح شوری آب آبیاری موجب کاهش ارتفاع بوته، تعداد و طول شاخه‌های جانبی، قطر ساقه، فواصل میانگره‌ها، تعداد و سطح برگ، عملکرد پیکر رویشی تر و خشک و میزان اسانس در گیاه دارویی آگاستاکه (Agastache foeniculum kuntz) شده است (۱) و مصرف سالیسیلیک اسید سبب افزایش وزن خشک گیاهچه-های گندم (۴۷) و وزن خشک گیاهچه‌های ذرت در شرایط تنش شوری شده است (۲۸) که با نتایج حاضر مبنی بر تقلیل صفات رویشی گیاه بادمجان تحت تنش شوری، و اثرهای مثبت مصرف سالیسیلیک اسید در بهبود صفات رویشی مطابقت دارد.

محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی، قند و پرولین

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرهای ساده و متقابل (به‌جز محتوای کلروفیل b) سطوح مختلف شوری و اسید سالیسیلیک بر محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید (جدول ۲)، RWC ، قندهای محلول و پرولین معنی‌دار شد (جدول ۴). با افزایش سطح شوری، محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید کاهش و محتوای قندهای محلول و پرولین افزایش یافت. کاربرد اسید سالیسیلیک شاخص‌های مذکور را بهبود بخشید. به‌طوری که در هر یک از سطوح تیمار شوری، با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک، بیشترین میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید و قندهای محلول و پرولین به دست آمد (جداول ۳ و ۵).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که سیستم فتوسنتری به عنوان یکی از مهمترین اجزای گیاهی، به شدت تحت تأثیر تنش شوری قرار گرفت. گزارش‌های زیادی در خصوص کاهش میزان فتوسنتز تحت شرایط تنش شوری وجود دارد (۲۸ و ۵۱). کاربرد NaCl، میزان کلروفیل‌های a و b را در جو کاهش داد (۱۳). کاهش فعالیت سیستم فتوسنتزی تحت شرایط تنش شوری، به کاهش میزان کلروفیل، افزایش فلورسانس کلروفیل، بسته شدن روزنه‌ها (۸)، کاهش فعالیت آنزیم کربوکسیلاز و همچنین فعالیت زیاد کلروفیلاز (۵)، فعال شدن مسیر تجزیه کلروفیل و یا عدم سنتز کلروفیل (۴۲) نسبت داده شده است. کاربرد سالیسیلیک اسید در این تحقیق، محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی گیاه بادمجان را تحت شرایط تنش شوری بهبود بخشید. گزارش‌های زیادی در خصوص اثر مثبت سالیسیلیک اسید بر رنگدانه‌های فتوسنتزی تحت شرایط تنش شوری وجود دارد، به‌طوری که به-کارگیری سالیسیلیک اسید باعث افزایش محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی گیاه سویا (۵۱) و ذرت (۲۸) تحت تنش شوری شده است. افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی تحت تیمار سالیسیلیک اسید را می‌توان به اثر سالیسیلیک اسید بر تحریک مسیر سنتزی این رنگدانه‌ها نسبت داد (۱۶)، که در واقع گویای اثر محافظتی سالیسیلیک اسید بر فتوسنتز و رنگدانه‌های فتوسنتزی گیاهان تحت شرایط تنش شوری می‌باشد (۱۴).

در این آزمایش، محتوای پرولین و قندهای محلول گیاه

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس تنش شوری و سالیسیلیک اسید بر صفات فیزیکوشیمیایی و عناصر معدنی گیاه بادمجان

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		قندهای محلول	پرولین	RWC	سدیم	پتاسیم	کلسیم	کلر
تنش شوری (S)	۲	۱۲۶/۵۵**	۹۹/۲۶**	۱۵۶/۶۶*	۰/۲۳**	۰/۵۰**	۰/۰۰۷**	۰/۲۷**
سالیسیلیک اسید (SA)	۲	۷۰۹/۳۴**	۵۶/۸۶**	۴۸/۵۷**	۰/۰۱**	۰/۰۹**	۰/۰۲**	۰/۰۳۴**
S*SA	۴	۵۰/۲۴**	۹/۵۸*	۳/۱۴**	۰/۰۰۰۶**	۰/۰۱۸**	۰/۰۰۰۳ns	۰/۰۰۰۶*
خطا	۱۸	۱۸۳/۱۹	۱۵/۴۲	۹/۶۹	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۵	۰/۰۰۰۱۲
ضریب تغییرات (٪)		۲/۷۱	۸/۱۹	۲/۱۷	۳/۱۸	۲/۶۰	۳/۵۲	۱/۷۲

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

بادمجان تحت تأثیر تنش شوری افزایش یافت. گیاه تحت شرایط تنش شوری سعی می‌کند با استفاده از ترکیبات آلی همچون پرولین و کربوهیدرات‌ها، از طریق تنظیم اسمزی، بر تنش شوری غلبه کند و شرایط لازم برای بقای خود را فراهم نماید. گزارش شده است که تنش شوری موجب افزایش تجمع پرولین در گیاه دارویی آنغوزه (۳) و برنج (۴۹) شده است. تیمار سالیسیلیک اسید نیز در شرایط تنش شوری، باعث افزایش تجمع پرولین و قندهای محلول در گیاه بادمجان شد. مقدار پرولین در گیاهان ذرت تحت تنش و تیمار شده با سالیسیلیک اسید نیز افزایش یافت (۱۹). سالیسیلیک اسید باعث تشدید تجمع پرولین در گیاه می‌شود (۱۵). لذا، در کاهش تأثیرات مخرب شوری مؤثر است (۴۰). پرولین احتمالاً در سلول‌های تحت تنش، نقش آنتی‌اکسیدانی دارد و با تجمع در سیتوپلاسم سلول‌ها، از طریق کاهش پتانسیل اسمزی درون سلولی، تجمع نمک در واکوئل را تنظیم می‌کند (۵).

مواد معدنی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرهای ساده و متقابل (به‌جز محتوای کلسیم) سطوح مختلف شوری و اسید سالیسیلیک بر محتوای عناصر معدنی سدیم، پتاسیم، کلسیم و کلر معنی‌دار شد (جدول ۴). با افزایش سطح شوری، محتوای عناصر معدنی سدیم و کلر افزایش و پتاسیم و کلسیم کاهش یافت. کاربرد اسید سالیسیلیک، شاخص‌های مذکور را بهبود بخشید، به‌طوری که در هر یک از سطوح تیمار شوری، با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک، کمترین میزان عناصر معدنی سدیم و کلر و بیشترین میزان پتاسیم و کلسیم به دست آمد (جدول ۵). شوری، محتوای مواد معدنی گیاه بادمجان را به شدت تحت تأثیر قرار داد. تغییر محتوای مواد معدنی تحت شرایط تنش شوری در دیگر گیاهان نیز گزارش شده است. به عنوان مثال، در گیاه جارو (*Kochia prostrate*) مقدار پتاسیم، منیزیم و کلسیم در شوری‌های کم کاهش و مقدار سدیم و کلر با افزایش شوری، بیشتر شد (۲۴). در گیاه سلمکی (*Atriplex nummularia*) با افزایش سطح شوری، مقدار سدیم افزایش و مقدار پتاسیم کاهش یافت (۱۳). در برگ‌های اسفناج، مقدار زیادی پتاسیم در شرایط شوری کمتر نسبت به شوری بیشتر تجمع یافت (۱۱). در گیاه تاق بوته‌ای (*Haloxylon recurvum*) با افزایش شوری، یون پتاسیم کاهش و یون سدیم افزایش یافت (۲۷). مطالعات بسیاری حاکی از آن است که غلظت یون پتاسیم در گیاه تحت شرایط تنش شوری کاهش می‌یابد) ۱۶، ۱۸ و ۱۹). تنش شوری با تغییر عمل ناقل‌ها و کانال‌های یونی ریشه مانند کانال‌های انتخابی پتاسیم، یا مهار رشد ریشه توسط اثر اسمزی سدیم و یا تأثیر بر ساختار خاک، جذب آب و مواد معدنی را تغییر و کاهش می‌دهد (۲۹، ۳۸؛ ۴۰ و ۵۰). شوری باعث تغییر جذب پتاسیم توسط سلول‌های ریشه شده و در اثر رقابت با سدیم، جذب پتاسیم کاهش می‌یابد (۳۴). به دلیل شباهت شیمیایی سدیم و پتاسیم، فراوانی یون سدیم در سطح ریشه از جذب عنصر غذایی پتاسیم جلوگیری می‌کند (۵۲). شوری خاک همچنین باعث تغییر حلالیت عناصری همچون

جدول ۵. اثر متقابل تنش شوری و سالیسیلیک اسید بر صفات فیزیک وشیمیایی و عناصر معدنی گیاه بادمجان

تنش شوری (میلی‌مولار)	سالیسیلیک اسید (mg/L)	قندهای محلول	پرولین	RWC (٪)	سدیم	پتاسیم	کلسیم	کلر
		(میلی‌گرم بر گرم)			(درصد وزن خشک)			
۰	۰	۱۰۱/۳۶e	۵/۰۱f	۳۵/۳۹c	۰/۲۴f	۱/۷۴۳۶c	۰/۴۲a	۰/۷۲e
	۵۰	۱۱۷/۳۳bc	۷/۹۱e	۳۷/۸۲b	۰/۱۹g	۱/۷۸b	۰/۴۸a	۰/۶۴f
	۱۰۰	۱۲۸/۳۲ a	۱۲/۶۴ cd	۴۱/۹۷ a	۰/۱۶ h	۱/۷۴ a	۰/۵۲ a	۰/۵۹g
۷۵	۰	۱۰۸/۵۵d	۷/۲۷e	۳۱/۳۳fg	۰/۳۵d	۱/۱۹de	۰/۴۰a	۰/۹۷a
	۵۰	۱۱۵/۵c	۱۱/۲۱d	۳۳/۵۵de	۰/۳۳d	۱/۲۲de	۰/۴۷a	۰/۸۹cd
	۱۰۰	۱۲۲/۶۹b	۱۳/۵bc	۳۴/۳۳cd	۰/۴۷e	۱/۲۶d	۰/۵۰a	۰/۸۷d
۱۵۰	۰	۱۱۵/۵۸c	۱۴/۷۳ab	۲۷/۸۸h	۰/۵۶a	۱/۰۱g	۰/۳۸a	۱/۰۶a
	۵۰	۱۲۲/۱۷b	۱۴/۴۵ab	۳۰/۳۹g	۰/۵۰b	۱/۱۰f	۰/۴۱a	۰/۹۷b
	۱۰۰	۱۲۸/۲۹a	۱۵/۹۲a	۳۲/۲۳ef	۰/۴۷c	۱/۱۸ef	۰/۴۷a	۰/۹۱c

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه در هر ستون، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

مس، آهن، منگنز، روی، بور، سلنیوم، مولبیدن، پتاسیم، فسفر و نیتروژن شده و مواد معدنی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۳۹).

کاربرد سالیسیلیک اسید تحت تنش شوری باعث تغییر وضعیت مواد معدنی گیاه بادمجان شد. گزارش‌های زیادی حاکی از تأثیر سالیسیلیک اسید در تغییر وضعیت عناصر غذایی گیاه تحت شرایط تنش شوری می‌باشد. به عنوان مثال، سالیسیلیک اسید به شدت از تجمع کلر و سدیم در بافت‌های گیاه ذرت جلوگیری نمود (۲۰) و محتوای کلسیم و منیزیم را در گیاه کتان (*Linum usitatissimum*.L) افزایش داد (۹). نقش ATPآز در انتقال چندین یون در غشای پلاسمایی به خوبی شناخته شده است (۴۰). تحقیقات نیز نشان داده که سالیسیلیک اسید می‌تواند فعالیت ATP آز را تحریک نماید (۵۲) که این می‌تواند دلیل خوبی برای نقش این ترکیب در افزایش جذب عناصر پتاسیم و کلسیم در شرایط تنش شوری باشد. اسید سالیسیلیک، جذب عناصر سدیم و کلر را کاهش و پتاسیم و کلسیم را افزایش داد، که بیانگر نقش سالیسیلیک اسید در حفظ و ثبات هموستازی یونی گیاه می‌باشد.

نتیجه‌گیری

تنش شوری بر رشد گیاه، محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی، قند، پرولین و مواد معدنی گیاه بادمجان مؤثر بود. ولی تیمار سالیسیلیک اسید با ایفای نقش‌های چندگانه باعث شد تا شاخص‌های مذکور بهبود یابند. سالیسیلیک اسید تولید رنگدانه‌های فتوسنتزی را افزایش داده و یا حداقل از تخریب آنها جلوگیری نمود. تیمار سالیسیلیک اسید باعث افزایش محتوای پرولین و قندهای محلول شده و لذا شرایط تنش شوری توسط گیاه تحمل شد. در پاسخ به شرایط تنش شوری، سطح عناصر معدنی به شدت تغییر کرد، تجمع نمک‌های سمی کلر و سدیم افزایش و پتاسیم و کلسیم کاهش یافت. ولی تیمار با تغییر نسبت یونی، باعث حفظ و ثبات هموستازی یونی در گیاه شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سالیسیلیک اسید تحت شرایط ۷۵ میلی‌مولار تنش شوری می‌تواند برای گیاه بادمجان توصیه شود.

منابع مورد استفاده

۱. خرسندی، ا.، ا. حسنی، ف. سفیدکن، ح. شیراز و ا. خرسند. ۱۳۸۹. تأثیر شوری بر عملکرد و میزان اسانس و ترکیبات گیاه دارویی گل مکزیکی. مجله تولید و فرآوری گیاهان دارویی ۲۶(۳): ۴۳۸-۴۵۱.

۲. فیضی، م. ۱۳۸۱. تأثیر شوری آب آبیاری بر عملکرد گندم. مجله علوم آب و خاک ۱۶: ۱۳۳-۱۴۰.

۳. محمددوست شیری، ع. ر.، ا. صفرنژاد و ح. حمیدی. ۱۳۸۸. خصوصیات مورفولوژی و شیمیایی گیاه آنقوزه در پاسخ به تنش شوری. تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران ۱۷(۱): ۳۷-۴۹.

4. Add-ElAziz, N.G.A., M. Mazher and E. El-Habba. 2006. Effect of foliar spraying ascorbic acid on growth and chemical constituents of *Khaya senegalensis* growth under salt condition. Am-Eurasian J. Agric. Environ. Sci. 1(3): 207-214.
5. Akhkha, A., T. Boutra and A. Alhejely. 2011. The rates of photosynthesis, chlorophyll content, dark respiration, proline and abscicic acid (ABA) in wheat (*Triticum durum*) under water deficit conditions. Int. J. Agric. Biol. 13: 215-221.
6. Al-Hakimi, A.M.A. and A.M. Hamada. 2001. Counteraction of salinity stress on wheat plants by grain soaking in ascorbic acid, thiamin or sodium salicylate. Plant Biol. 44: 253-261.
7. Arfan, M., H.R. Athar and M. Ashraf. 2007. Does exogenous application of salicylic acid through the rooting medium modulate growth and photosynthetic capacity in two differently adapted spring wheat cultivars under salt stress. J. Plant Physiol. 164: 685-694.
8. Ashraf, M. and M.R. Foolad. 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. J. Environ. Exp. Bot. 59: 206-216.
9. Belkhadi, A., H. Hediji, Z. Abbes, I. Nouairi, Z. Barhoumi, M. Zarrouk, W. Chaïbi and W. Djebali. 2010. Effects of exogenous salicylic acid pretreatment on cadmium toxicity and leaf lipid content in *Linum usitatissimum* L. J. Ecotoxic. Environ. Safe. 73: 1004-1011.
10. Chapman, H.D. and P.F. Pratt. 1961. Methods of Analysis for Soil, Plants and water. University of California, Division of Agricultural Sciences, pp. 60-62.
11. Chow, W.S., M.C. Ball and J.M. Anderson. 1990. Growth and photosynthetic responses of spinach to salinity: Implications of K^+ nutrition for salt tolerance. Aust. J. Plant Physiol. 17: 563-578.
12. Cramer, G.R., C.L. Schmidt and C. Bidart. 2001. Analysis of cell hardening and wall enzymes of salt stressed maize (*Zea mays*) leaves. Aust. J. Plant Physiol. 28: 101-109.
13. De Araujo, S.A.M., J.A.G. Silveira, T.D. Almeida, I.M.A. Rocha, D.L. Morais and R.A. Viegas. 2006. Salinity tolerance of halophyte (*Atriplex nummularia* L.) grown under increasing NaCl levels. Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient. 10: 848-854.
14. El-Tayeb, M.A. 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. J. Plant Growth Reg. 45: 215-225.
15. El-Tayeb and N.L. Ahmed. 2010. Response of wheat cultivars to drought and salicylic acid. Am-Eurasian J. Agron. 3: 1-7.
16. Garcia-Sanchez, F., J.L. Jifon, M. Carvajal and J.P. Syversten. 2002. Gas exchange, chlorophyll and nutrient contents in relation to Na^+ and Cl^- accumulation in 'sunburst' mandarin grafted on different rootstocks. J. Plant Sci. 35: 314-320.
17. Gémes, K., P. Poór, Z. Sulyok, A. Szepesi, M. Szabó and I. Tari. 2008. Role of salicylic acid pre-treatment on the photosynthetic performance of tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill. L. cvar. Rio Fuego) under salt stress. Acta Biol. Szegediensis. 52(1): 161-162.
18. Gharib, F.E.L. 2007. Effect of salicylic acid on the growth, metabolic activities and oil content of basil and marjoram. Int. J. Agric. Biol. 9: 294-301.
19. Grattan, S.R. and C.M. Grieve.1992. Mineral element acquisition and growth response of plant grown in saline environment. J. Agric. Ecosyst. Environ. 38: 275-300.
20. Gunes, A., A. Inal, M. Alpaslan, F. Eraslan, E.G. Bagci and N. Cicek. 2007. Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. J. Plant Physiol. 164: 728-736.
21. Gutierrez-Coronado, M.A., C. Trejo-Lopez and A. Larque-Saavedra. 1998. Effects of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean. J. Plant Physiol. Biochem. 36(8): 563-565.
22. Hossein, M.M., L.K. Balbaa and M.S. Gaballah, M. 2007. Salicylic acid and salinity effects on growth of maize plants. Res.J. Agric. Biol Sci. 3(4): 321-328.

23.Irigoyen, J.J., D.W. Emerich and M. Sanchez-Diaz. 1992. Water stress induced change concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. J. Physiol. Plant. 84: 67-72.
24.Karimi G., M. Ghorbanli, H. Heidari, R.A. Khavari Nejad and M.H. Assareh. 2005. The effects of NaCl on growth, water relations, osmolytes and ion content in *Kochia prostrate*. J. Physiol. Plant. 49: 301-304.
25.Kaydan, D., M. Yagmur and N. Okut. 2007. Effects of salicylic acid on the growth and some physiological characters in salt stressed wheat (*Triticum aestivum* L.). J. Tarim Bilimleri Dergisi 13: 114-119.
26.Kerepesi, H. and G. Galiba. 2000. Osmotic and salt stress induced alteration in soluble carbohydrate content in wheat seedling. J. Crop Sci. 40: 482-487.
27.Khan, M.A., I.A. Ungar and A.M. Showalter. 2000. Effects of sodium chloride treatments on growth and accumulation of the halophyte Aloxylon recurvum. J. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 31: 2763-2774.
28.Khodary, S.E.A. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. Int. J. Agric. Biol. 6(1): 5-8.
29.Lichtenthaler, H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments and photosynthetic biomembranes. Meth. Enzymol. 148: 350-382.
30.Mhajan, S. and N. Tuteja. 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. Arch. Biochem. Biophys. 444: 139-158.
31.Manaa, A., E. Gharbi., Mimouni, H., Wasti, S., Aschi-Smiti, S., S. Lutts and H. Ben Ahmed. 2014. Simultaneous application of salicylic acid and calcium improves salt tolerance in two contrasting tomato (Solanum lycopersicum) cultivars. South Afr. J. Bot. 95: 32-39.
32.Mandal, S., N. Mallick and A. Mitra. (2009). Salicylic acid-induced resistance to Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici in tomato. Plant Physiol. Biochem. 47: 642-649.
33.Mandal, S. 2010. Induction of phenolics, lignin and key defense enzymes in eggplant (Solanum melongena L.) roots in response to elicitors. Afr. J. Biotech. 9(47): 8038-8047.
34.Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Edition, Academic Press, London, 674 p.
35.Molina, A., P. Bueno, M.C. Marín, M.P. Rodríguez-Rosales, A. Belver, K. Venema and J.P. Donaire. 2002. Involvement of endogenous salicylic acid content, lipoxygenase and antioxidant enzyme activities in the response of tomato cell suspension cultures to NaCl. New Phytol. 156(3): 409-415.
36.Nazir, N., M. Ashraf and R. Ejaz. 2001. Genomic relationships in oilseed Brassicas with respect to salt tolerance-photosynthetic capacity and ion relations. Pak. J. Bot. 33: 483-501.
37.Noreen, S. and M. Ashraf. 2008. Alleviation of adverse effects of salt stress on sunflower (Helianthus annuus L.) by exogenous application of gasmonic acid: Growth and photosynthesis. Pak. J. Bot. 40: 1657-1663.
38.Orcutt, D.M. and E.T. Nilsen. 2000. The Physiology of Plants under Stress, Soil and Biotic Factors. 1st Edition, John Wiley and Sons, New York.
39.Paquin, R. and P. Lechasseur. 1979. Observations sur une methode dosage de la proline libre dans les extraits de plantes. Can J. Bot. 57: 1851-1854.
40.Parida, A.K. and A.B. Das. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. Ecol. Environ. Safe. 60: 324-349.
41.Roosta, H.R. and J.K. Schjoerring. 2007. Effects of ammonium toxicity on nitrogen metabolism and elemental profile of cucumber (Cucumis sativus L., cv. Styx) plants. J. Plant Nutr. 30: 1933-1951.
42.Sairam, R.K. and A. Tyagi. 2004. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. Current Sci. 86: 407-412.
43.Sairam, R.K., G.C. Srivasta, S. Agarwal and R.C. Meena. 2005. Difference in antioxidant activity in response to salinity stress in tolerant and susceptible wheat genotypes. Biol. Plant. 49(1): 85-91.
44.Savvas, D. and F. Lenz. 1996. Influence of NaCl concentration in the nutrient solution on mineral composition of eggplants grown in sand culture. Angewandte Bot. 70: 124-127.
45.Senaranta, T., D. Touchell, E. Bumm and K. Dixon. 2002. Acetyl salicylic (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. J. Plant Growth Reg. 30: 157-161.
46.Shakirova, F.M., A.R. Sakhabutdinova, M.V. Bezrukova, R.A. Fatkhutdinova and D.R. Fatkhutdinova. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedling induced by salicylic acid and salinity. J. Plant Sci. 164: 317-322.
47.Singh, B. and K. Usha. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. J. Plant Growth Reg. 39: 137-141.
48.Sudhakar, C., A. Lakshmi and S. Giridarakumar. 2001. Changes in the antioxidant enzyme efficacy in two high yielding genotypes of mulberry (Morus alba L.) under NaCl salinity. J. Plant Sci. 141: 613-619.
49.Summart, J., P. Thanonkeo, S. Panichajakul, P. Prathepha and M.T. McManus. 2010. Effect of salt stress on growth, inorganic ion and proline accumulation in Thai aromatic rice, Khao Dawk Mali 105, callus culture. Afr. J. Biotech. 9: 145-152.
50.Tester, M. and R.D. Venport. 2003. Na+ tolerance and Na+ transport in higher plants. Ann. Bot. 93: 503-537.

51.Zhao, H.J., X.W. Lin, H.Z. Shi and S.M. Chang. 1995. The regulating effects of phenolic compounds on the physiological characteristics and yield of soybeans. Acta Agron. Sinica 21: 351-355.
52.Zhu, J.K. 2001. Plant salt tolerance. Trends Plant Sci. 6(2): 66-71.
53.Zhu, J.K. 2007. Plant Salt Stress. Encyclopedia of Life Sciences. John Wiley and Sons, Ltd., N. Y.