



اثر محلول پاشی سالیسیلیک اسید در تعدیل اثرات تنش خشکی بر برخی خصوصیات مورفولوژیک و رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)

احمد افکاری*

گروه فیزیولوژی گیاهی، واحد کلیبر، دانشگاه آزاد اسلامی کلیبر، ایران

* Email: afkariahmad@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۴/۲۷

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۱/۳۱

چکیده

سالیسیلیک اسید، یکی از تنظیم کننده‌های فرآیندهای فیزیولوژیکی است که باعث افزایش مقاومت گیاهان نسبت به تنش‌های محیطی می‌گردد. این پژوهش با هدف بررسی اثر محلول پاشی سالیسیلیک اسید در تعدیل اثرات تنش خشکی و برهمکنش سالیسیلیک اسید و خشکی بر پارامترهای مورفولوژیک و رنگدانه‌های فتوسنتزی در گیاه آفتابگردان، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه فیزیولوژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کلیبر در سال زراعی ۱۳۹۶ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید در چهار سطح (صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار) و پتانسیل آب در پنج سطح (صفر، ۵-، ۱۰-، ۱۵- و ۲۰- مگاپاسکال) بودند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش تنش خشکی و سالیسیلیک اسید بر میزان کلروفیل a، کلروفیل کل، طول، وزن تر و خشک اندام هوایی معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تنش خشکی و سالیسیلیک اسید نشان داد که حداکثر میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی و پارامترهای مورفولوژیک توسط تیمار بدون اعمال تنش و سالیسیلیک اسید با غلظت ۱ میلی‌مولار حاصل شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار رشد بخش هوایی و ریشه، کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، همچنین کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی شد؛ در حالیکه در گیاهان پیش تیمار شده با سالیسیلیک اسید، مقدار این کاهش تعدیل شده است. با توجه به نتایج به دست آمده سالیسیلیک اسید موجب کاهش خسارات وارد شده در مواجهه با خشکی شد.

کلیدواژه‌ها: آفتابگردان، تنش کم‌آبی، سالیسیلیک اسید، کارتئوئید، کلروفیل، وزن خشک.

مقدمه

یک ساله در جهان می‌باشد [۱]. توانایی آفتابگردان در تحمل دوره‌های کوتاه تنش کمبود آب، با کاهش عملکرد در حد قابل قبول، یک خصوصیت ارزشمند برای این گیاه محسوب می‌گردد [۳۹]. تنش‌ها به

آفتابگردان گیاهی متحمل به کمبود آب و در عین حال، دارای نیاز آبی بالایی می‌باشد. امروزه آفتابگردان پس از سویا و کلزا و بادام‌زمینی، چهارمین گیاه روغنی

سالیسیلیک اسید بر رشد و نمو و ایجاد مقاومت شناخته شده است [۴۵]. سالیسیلیک اسید با اثراتی که دارد و همچنین به دلیل سنتز در برابر تنش‌ها تأثیرگذار می‌باشد [۳۴]. نتایج پژوهش‌های انجام شده حاکی از تأثیر غیر قابل انکار سالیسیلیک اسید و دیگر مشتقات سالیسیلات بر بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیک و مورفولوژیک گیاه می‌باشد. میزان این تغییرات بسیار متفاوت بوده و ممکن است در بعضی واکنش‌ها تحریک کننده، در بعضی تسریع کننده و در بعضی دیگر متوقف کننده باشد [۳۵]. محلول پاشی سالیسیلیک اسید باعث افزایش رشد در ریشه و اندام هوایی در سویا گردید [۲۷]. پژوهش‌های گذشته نشان داده است که استفاده از سالیسیلیک اسید در گیاهان زراعی باعث بهبود عملکرد و اجزاء عملکرد می‌شود که ناشی از تأثیر سالیسیلیک اسید بر فرآیندهای فیزیولوژیک گیاه است [۲۵، ۲۷، ۴۰، ۴۴].

هامادا و الحکیمی [۲۱] در سال ۲۰۰۱ گزارش نمودند که خیساندن بذره‌های گندم در ۱۰۰ ppm استیل سالیسیلیک اسید به مدت شش ساعت، نه تنها تأثیرات ممانعت کنندگی خشکی را کاهش داد بلکه اثر تحریک کنندگی نیز بر افزایش وزن خشک قسمت‌های هوایی ریشه‌ها داشت. جمشیدی‌جام و همکاران [۲۳] در سال ۲۰۱۳ مشاهده کردند میزان فتوسنتز و کلروفیل a، b و کل گلرنگ در خاک‌هایی با کلسیم بالا در مقایسه با گیاهانی که بذره‌های آن‌ها با غلظت‌های متفاوتی از سالیسیلیک اسید پرایم شده بود به‌طور معنی‌داری پایین‌تر بود. بزروکوا و همکاران [۱۵] در سال ۲۰۰۴ گزارش کردند که ۰/۰۵ میلی‌مول سالیسیلیک اسید که به شکل آبیاری تیمار شد، باعث بهبود رشد گندم گردید. گمس و همکاران [۱۸] در سال ۲۰۰۸ بیان کردند پیش تیمار کردن گیاهان گوجه

عنوان عوامل محدود کننده رشد گیاهان و تولید محصولات زراعی جهان مطرح می‌باشند [۱۱]. خشکی یکی از مهمترین تنش‌های محیطی محدود کننده تولید در گیاهان زراعی در سرتاسر جهان است [۳۱]. تنش خشکی به منزله کمبود آب در گیاه بوده و این وضعیت هنگامی ایجاد می‌شود که میزان تعرق از میزان جذب آب بیشتر باشد [۱۴]. گیاهان به تنش خشکی در سطوح فیزیولوژیکی، سلولی و مولکولی پاسخ می‌دهند که این پاسخ به گونه، ژنوتیپ، سن و مرحله نمو گیاه بستگی دارد [۶]. اگر چه رشد گیاه نتیجه فرآیندهای فیزیولوژیک منظم و کامل است و مهار رشد گیاه توسط عوام محیطی را نمی‌توان تنها به یک فرآیند فیزیولوژیک خاص نسبت داد، اما پدیده فیزیولوژیک غالب، فتوسنتز است [۳۲]. به نظر می‌رسد در شرایط کمبود آب استفاده از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی مانند اسیدسالیسیلیک نیز می‌تواند به عنوان یک راهکار برای جلوگیری از اثرات مخرب تنش خشکی موثر بوده و زمینه سازگاری گیاه را فراهم آورد. [۲]. گزارشاتی مبنی بر کاهش میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش خشکی و شوری در ارقام حساس وجود دارد که موید این مطلب است که در ارقام مقاوم به خشکی، محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی نسبت به ارقام حساس، بیشتر است [۱۰]. سالیسیلیک اسید یا اورتو هیدروکسی بنزوئیک اسید و ترکیبات متعلق به آن از مشتقات فنل‌های گیاهی می‌باشد که معمولاً قابل حل در آب بوده و یک ترکیب که نقش مهمی در مقاومت به آنتی‌اکسیدانتی و از جمله هورمون‌های گیاهی است [۹]. تنش‌های زیستی و غیر زیستی ایفا می‌کند و به‌عنوان یک مولکول مهم برای تعدیل پاسخ‌های گیاه به تنش‌های محیطی مشخص شده است که

کاهش خسارات ناشی از تنش خشکی و بهبود کارکردهای گیاهان تحت تنش کم آبی بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر محلول پاشی سالیسیلیک اسید در تعدیل اثرات تنش خشکی بر برخی خصوصیات مورفولوژیک و رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه فیزیولوژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کلبر در سال زراعی ۱۳۹۶ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید در چهار سطح (صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی مولار) و پتانسیل آب در پنج سطح (صفر، -۵، -۱۰، -۱۵ و -۲۰ بار) بودند. ابتدا بذرها با هیپوکلریت سدیم ضد عفونی شده و سپس تعداد پنج بذر در هر گلدان کاشته شده و در شرایط باز محیطی قرار داده شدند. سپس گلدان را زمانی که گیاه به مرحله سه تا چهار برگی رسید، مرحله تیماردهی آغاز شد. در مرحله تیماردهی، ابتدا سالیسیلیک اسید هر روز و به مدت یک هفته بر روی برگ‌ها اسپری شد.

تعیین وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه: پس

از جدا کردن اندام هوایی و ریشه از یکدیگر، وزن هر یک بر حسب گرم با ترازوی Sartarius مدل BP211D با دقت ۰/۰۰۰۱g اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک، اندام هوایی و ریشه گیاه به طور جداگانه به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و پس از خشک شدن کامل نمونه‌ها، وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری طول اندام هوایی و ریشه: در پایان

تیماردهی، طول اندام هوایی و ریشه با استفاده از

فرنگی با سالیسیلیک اسید موجب افزایش فتوسنتز، محتوای کلروفیل، کارتنوئید و گزانتوفیل در گیاهان تحت تنش و غیر تنش گردید.

یانگ و همکاران [۴۲] در سال ۲۰۰۲ گزارش کردند که کاهش محتوای کلروفیل در اثر تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه موجب القای پیری شد. گورنیک و همکاران [۱۹] در سال ۲۰۰۸ گزارش کردند تحت شرایط تنش خشکی میزان کلروفیل کل گیاه انگور کاهش یافته اما با مصرف کیتوزان میزان کلروفیل افزایش پیدا کرده است. امیری و همکاران [۲] ارزیابی سطوح مختلف سالیسیلیک اسید در گیاه کلزا تحت شرایط آبیاری محدود دریافتند که سالیسیلیک اسید اثر معنی‌داری بر صفات مورفولوژیکی و زراعی این گیاه داشته و توانسته اثرات مخرب تنش خشکی را به میزان قابل توجهی کاهش دهد. رافیک و همکاران [۳۴] در سال ۲۰۱۱ بیان نمودند که اسموپرایمینگ به طور معنی‌داری سرعت جوانه‌زنی، وزن تر و خشک ریشه و ساقه و طول ساقه‌چه را تحت تأثیر قرار داد. محمدی و همکاران [۲۹] در سال ۲۰۱۱ گزارش نمودند گیاهان گلرنگ تیمار شده با سالیسیلیک اسید دارای طول و وزن خشک ریشه بیشتری در مقایسه با گیاهان تیمار نشده بودند. علاوه بر این، گیاهان تیمار شده دارای چگالی ریشه بیشتری نیز بودند و متراکم‌ترین ریشه‌ها در تیمارهای بالاتر سالیسیلیک اسید دیده شد. آن‌ها اعلام کردند بین طول ریشه و بیوماس تولید شده در گیاه همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت.

هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی تأثیر اعمال تنش خشکی روی برخی خصوصیات مورفولوژیک و رنگدانه‌های فتوسنتزی گیاه آفتابگردان و امکان استفاده از سالیسیلیک اسید به صورت پرایمینگ بذر جهت

A646.8 = مقدار جذب در طول موج ۶۴۶/۸ نانومتر
 A470 = مقدار جذب در طول موج ۴۷۰ نانومتر و
 FW = وزن تازه برگ. در این فرمول chlT، chlb، chla و
 car به ترتیب غلظت کلروفیل a، کلروفیل b،
 کلروفیل کل و کارتنوئیدها می‌باشد.

تجزیه آماری با استفاده از نرم افزار SAS (نسخه
 ۹/۱) و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن
 در سطح احتمال ۰.۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

اثر سالیسیلیک اسید و تنش خشکی بر صفات
 مورفولوژیکی گیاه آفتابگردان

نتایج تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان داد که
 تنش خشکی اثر معنی داری بر صفات مورفولوژیکی
 گیاه آفتابگردان شامل طول بخش هوایی و ریشه و
 وزن تر و خشک بخش هوایی و وزن خشک ریشه
 داشت. برهمکنش سالیسیلیک اسید و تنش خشکی نیز
 بر صفات مذکور به جز طول و وزن خشک ریشه اثر
 معنی داری داشت (جدول ۱).

خطکش اندازه‌گیری شد. طول اندام هوایی از یقه تا
 قسمت انتهایی اندام هوایی و طول ریشه از یقه تا
 انتهایی ریشه در نظر گرفته و مقادیر بر اساس سانتی‌متر
 گزارش شد.

رنگدانه‌های فتوسنتزی: برای اندازه‌گیری محتوای

رنگدانه‌های کلروفیل، ۲۰۰ میلی‌گرم برگ تازه با ۱۰
 میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد در هاون چینی ساییده شد و
 محلول حاصل به مدت پنج دقیقه در ۳۰۰۰ دور
 سانتریفیوژ اندازه‌گیری شدند. سپس جذب محلول
 رویی در طول موج‌های ۶۴۷، ۶۶۴ و ۴۷۰ نانومتر
 توسط اسپکتروفوتومتر قرائت گردید. میزان کلروفیل a
 ، b، کلروفیل کل و کارتنوئید بر حسب میکروگرم بر
 گرم وزن تر برگ با استفاده از رابطه‌های زیر محاسبه
 شدند [۹]:

$$\text{Chla} = 15.65A666 - 7.340A653$$

$$\text{Chlb} = 27.05A653 - 11.21A666$$

$$\text{ChlT} = \text{Chla} + \text{Chlb}$$

$$\text{Car} = [1000 A470 - 1.8 \text{ chla} - 85.02 \text{ chlb}] / 19$$

A666 = مقدار جذب در طول موج ۶۶۶ نانومتر،

A653 = مقدار جذب در طول موج ۶۵۳ نانومتر،

A663.2 = مقدار جذب در طول موج ۶۶۳/۲ نانومتر،

جدول ۱. درجه آزادی و میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس اثرات تنش خشکی و سالیسیلیک اسید روی صفات مورفولوژیک آفتابگردان

میانگین مربعات						
منابع تغییرات	درجه آزادی	طول اندام هوایی	طول ریشه	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه
تنش خشکی	۴	۱۱۱۷/۴۱**	۱۲۰۸/۶۲**	۹/۳۸**	۲/۳۷**	۳/۹۵**
سالیسیلیک اسید	۳	۱۳۹۲/۶۱**	۱۱۲۹/۳۱**	۱۱/۷۱**	۴/۰۲**	۴/۸۳**
خشکی × سالیسیلیک اسید	۱۲	۷۵۳/۸۲*	۳۸۶/۹۴ ^{ns}	۳/۹۳*	۰/۰۰۹*	۰/۰۰۲ ^{ns}
خطای آزمایش	۴۰	۳۰۹/۷۲	۴۱۳/۶۲	۰/۴۹	۰/۰۰۲	۰/۰۰۴
ضریب تغییرات (%)	-	۱۰/۲۷	۹/۵۳	۸/۸۲	۱۰/۴۹	۱۰/۷۲

*, ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد ns: معنی دار نبودن

افزایش می‌دهد، که ممکن است در ارتباط با القاء پاسخ آنتی‌اکسیدانی و نقش حفاظتی غشاهایی که مقاومت گیاه به آسیب را افزایش می‌دهد باشد. همچنین کشاورز و مدرس ثانوی در سال ۱۳۹۳ نشان دادند که مصرف سالیسیلیک‌اسید سبب افزایش وزن خشک گیاهچه‌های کلزا گردید [۸]. بزروکوا و همکاران [۱۵] در سال ۲۰۰۴ گزارش کردند که ۰/۵۰ میلی‌مول سالیسیلیک‌اسید که به شکل آبیاری تیمار شد، باعث بهبود رشد گندم گردید. در صورتیکه همین مقدار سالیسیلیک‌اسید (۰/۵۰ میلی‌مول) در محلول غذایی گیاه جو اضافه شد که اثرات منفی بر رشد این گیاه داشت [۲۸]. اعمال پتانسیل آب و در نتیجه بروز تنش خشکی باعث کاهش جذب آب به وسیله بذر شده که این امر باعث اختلال در ترشح هورمون‌ها و فعالیت آنزیم‌های مؤثر در جوانه‌زنی و رشد بذر شده که در نهایت منجر به کاهش طول ریشه می‌گردد [۴]. یکی از اثرات گزارش شده سالیسیلیک‌اسید افزایش طول ریشه و افزایش توان استخراج آب است [۳]. محمدی و همکاران [۲۹] در سال ۲۰۱۱ گزارش نمودند گیاهان گلرنگ تیمار شده با سالیسیلیک‌اسید دارای طول و وزن خشک ریشه بیشتری در مقایسه با گیاهان تیمار نشده بودند. علاوه بر این، گیاهان تیمار شده دارای چگالی ریشه بیشتری نیز بودند و متراکم‌ترین ریشه‌ها در تیمارهای بالاتر سالیسیلیک‌اسید دیده شد. آن‌ها اعلام کردند بین طول ریشه و بیوماس تولید شده در گیاه همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. در این مطالعه معین شده است که سالیسیلیک‌اسید پارامترهای رشد را در گیاه آفتابگردان در مقایسه با شاهد افزایش داد. مشابه این یافته‌ها توسط Yildirim [۴۳] در سال ۲۰۰۸ برای خیار گزارش شده است که نشان می‌دهد

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و غلظت‌های مختلف سالیسیلیک‌اسید نشان داد که بیشترین طول اندام هوایی (۲۱/۰۹ سانتی‌متر)، وزن تر اندام هوایی (۱/۶۱ گرم) و وزن خشک اندام هوایی (۰/۵۷ گرم) مربوط به تیمار بدون اعمال تنش و غلظت ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید و کمترین طول اندام هوایی (۱۰/۷۴ سانتی‌متر)، وزن تر اندام هوایی (۱/۰۴ گرم) و وزن خشک اندام هوایی (۰/۲۴ گرم) مربوط به سطح تنش ۲۰- مگاپاسکال و سالیسیلیک‌اسید با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار (۱۰/۷۴ سانتی‌متر) بود (جدول ۵).

نتایج حاصل از تیمار توأم سالیسیلیک‌اسید و تنش خشکی نشان می‌دهد که افزودن سالیسیلیک‌اسید با غلظت‌های ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار به گیاهان تحت تیمار تنش خشکی موجب افزایش معنی‌دار طول اندام هوایی در مقایسه با گیاه در شرایط تنش خشکی گردید. در حالی که اضافه کردن سالیسیلیک‌اسید به گیاهان تحت تیمار تنش با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار افزایش معنی‌داری ایجاد نکرد. پاریدا و داس [۳۲] در سال ۲۰۰۵ گزارش کردند که در گیاه کلزا، سالیسیلیک‌اسید وزن تر و خشک برگ و وزن خشک کل را افزایش داد. آنها همچنین اعلام کردند سطح برگ‌های پهن‌ای و حقیقی کلزا بر اثر پیش تیمار با سالیسیلیک‌اسید در شرایط نرمال و تنش به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. گزارش شده است که سالیسیلیک‌اسید در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار به‌طور مؤثری لویبیا را در مقابل تنش شوری محافظت کرده و موجب افزایش رشد و عملکرد گیاه در این شرایط گردید [۱۳]. گونس [۲۰] در سال ۲۰۰۷ گزارش کرد که سالیسیلیک‌اسید وزن ماده خشک را در گیاهان تحت تنش کلرید سدیم در پاسخ به سالیسیلیک‌اسید

اسید با غلظت ۱ میلی‌مولار و کمترین طول ریشه (۴/۳۳ سانتی‌متر) و وزن خشک ریشه (۰/۱۰ گرم) مربوط به پیش تیمار سالیسیلیک‌اسید با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار بود (جدول ۳). با افزایش تنش خشکی طول ریشه کاهش یافت. بیشترین طول ریشه (۱۰/۳۳ سانتی‌متر) و وزن خشک ریشه (۰/۲۲ گرم) مربوط به تیمار بدون اعمال تنش (صفر مگاپاسکال) و کمترین طول ریشه (۴/۲۹ سانتی‌متر) و وزن خشک ریشه (۰/۰۹ گرم) مربوط به سطح تنش ۲۰- مگاپاسکال بود (جدول ۲).

سالیسیلیک‌اسید اثر مثبتی بر پارامترهای رشد ریشه و ساقه دارد. همچنین در این مطالعه پیش تیمار با سالیسیلیک‌اسید موجب بهبود پارامترهای رشد گیاهان تحت تنش گردید. اثرات تحریکی سالیسیلیک‌اسید بر رشد می‌تواند به دلایلی چون افزایش میزان تقسیم در مناطق مرستمی و رشد سلولی باشد که موجب افزایش رشد می‌گردد و دلیل دیگر آن نیز تاثیر سالیسیلیک‌اسید بر سایر هورمون‌های گیاهی می‌باشد [۳۷]. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین طول ریشه (۱۰/۰۳ سانتی‌متر) و وزن خشک ریشه (۰/۱۹ گرم) مربوط به پیش تیمار سالیسیلیک

جدول ۲. مقایسه میانگین صفات ارزیابی شده آفتابگردان تحت تأثیر تنش خشکی

تنش خشکی (مگاپاسکال)	طول ریشه (سانتی‌متر)	وزن خشک ریشه (گرم)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کارتونوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)
۰	۱۰/۳۳a	۰/۲۲a	۵/۴۳a	۳/۱۱a
-۵	۹/۴۷b	۰/۲۰b	۴/۸۷b	۲/۶۸b
-۱۰	۷/۸۲c	۰/۱۷c	۳/۰۹c	۲/۰۴c
-۱۵	۶/۶۱d	۰/۱۳d	۲/۱۷d	۱/۴۲d
-۲۰	۴/۲۹e	۰/۰۹e	۱/۲۳e	۰/۸۲e

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده نداشتن اختلاف آماری در سطح احتمال ۵٪

جدول ۳. مقایسه میانگین صفات ارزیابی شده آفتابگردان تحت تأثیر غلظت‌های مختلف سالیسیلیک‌اسید

سالیسیلیک‌اسید (میلی‌مولار)	طول ریشه (سانتی‌متر)	وزن خشک ریشه (گرم)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کارتونوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)
۰	۶/۴۳c	۰/۱۴c	۲/۳۰bc	۱/۳۷dc
۰/۵	۹/۵۷a	۰/۱۶b	۳/۸۲b	۲/۲۳b
۱	۱۰/۰۸a	۰/۱۹a	۴/۶۸a	۲/۶۲a
۱/۵	۴/۳۳c	۰/۱۰d	۲/۰۴d	۱/۲۱d

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده نداشتن اختلاف آماری در سطح احتمال ۵٪

اثرات ساده تنش خشکی و محلول پاشی هورمون سالیسیلیک‌اسید بر روی رنگیزه‌های فتوسنتزی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. برهمکنش تنش

اثر سالیسیلیک‌اسید و تنش خشکی بر رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه آفتابگردان نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که

خشکی و سالیسیلیک اسید روی میزان کلروفیل a و روی میزان کلروفیل b و کارتنوئید معنی دار نبود (جدول ۴). اما کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد معنی دار،

جدول ۴. درجه آزادی و میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس اثرات تنش خشکی و سالیسیلیک اسید روی رنگیزه‌های فتوسنتزی آفتابگردان

میانگین مربعات					
منابع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کارتنوئید
تنش خشکی	۴	۰/۰۴۳**	۰/۰۰۵۶**	۰/۰۹۳**	۰/۰۰۸**
سالیسیلیک اسید	۳	۰/۰۰۶**	۰/۰۰۰۳**	۰/۰۰۹۴**	۰/۰۰۰۱۹**
خشکی x سالیسیلیک اسید	۱۲	۰/۰۰۰۱۹**	۰/۰۰۰۰۶۷ ^{ns}	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۰۰۰۸ ^{ns}
خطای آزمایش	۴۰	۰/۰۰۰۰۱۶	۰/۰۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰۲۶	۰/۰۰۰۰۰۷۱
ضریب تغییرات (%)	-	۴/۲۹	۵/۱۷	۳/۹۴	۷/۰۸

*، ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد ns: معنی دار نبودن

میزان کلروفیل a و کلروفیل کل در برگ نسبت به گیاهانی که فقط با تنش خشکی تیمار شده‌اند می‌شود. افزودن سالیسیلیک اسید با غلظت‌های ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار به گیاهان تحت تیمار تنش خشکی موجب افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل a و کلروفیل کل در مقایسه با گیاه در شرایط تنش خشکی گردید. در حالی که اضافه کردن سالیسیلیک اسید به گیاهان تحت تیمار تنش با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار افزایش معنی‌داری ایجاد نکرد.

میزان کلروفیل در گیاهان یکی از فاکتورهای مهم در حفظ ظرفیت فتوسنتزی است [۷]. ارقامی از آفتابگردان که دارای میزان بیشتری کلروفیل بودند، به‌عنوان ارقام مقاوم‌تر به تنش‌های محیطی، شناسایی شدند. یکی دیگر از عوامل کاهش کلروفیل‌ها، رقابت آنزیم گلوتامیل کیناز (آنزیم کاتالیزکننده پرولین) و آنزیم گلوتامات لیگاز (اولین آنزیم مسیر بیوسنتز کلروفیل) در شرایط تنش خشکی می‌باشد که باعث شده تا پیش ساز گلوتامات، بیش تر به مصرف پرولین برسد و در نتیجه بیوسنتز کلروفیل با محدودیت مواجه

نتایج حاصل از مقایسات میانگین به روش دانکن (جدول ۳) نشان داد که با افزایش سطوح تنش خشکی، میزان کلروفیل b و کارتنوئید به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. که در تمام سطوح خشکی، تفاوت معنی‌داری مشاهده می‌شود و در گروه‌های آماری جداگانه قرار می‌گیرند. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی هورمون سالیسیلیک اسید بر میزان کلروفیل a و کلروفیل کل نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل a (۱۰/۱۲) میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کلروفیل کل (۱۴/۲۱) میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مربوط به تیمار بدون اعمال تنش و سالیسیلیک اسید با غلظت ۱ میلی‌مولار و کمترین میزان کلروفیل a (۳/۰۱) میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کلروفیل کل (۴/۳۱) میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مربوط به سطح تنش ۲۰- مگاپاسکال و سالیسیلیک اسید با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار بود (جدول ۵). نتایج حاصل از تیمار توأم سالیسیلیک اسید و تنش خشکی نشان می‌دهد که تیمار توأم سالیسیلیک اسید در غلظت ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار تنش خشکی باعث افزایش

شود [۵]. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل b (۴/۶۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کارتنوئید (۲/۶۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مربوط به پیش تیمار سالیسیلیک اسید با غلظت ۱ میلی‌مولار بود (جدول ۳). با افزایش تنش خشکی میزان کلروفیل b و کارتنوئید کاهش یافت. بیشترین میزان کلروفیل b (۵/۴۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کارتنوئید (۳/۱۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مربوط به تیمار بدون اعمال تنش (صفر مگاپاسکال) و کمترین میزان کلروفیل b (۱/۲۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کارتنوئید (۰/۸۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مربوط به سطح تنش ۲۰- مگاپاسکال بود (جدول ۲). از دلایل دیگر بهبود پارامترهای رشد در واکنش به تیمار سالیسیلیک اسید می‌توان اثر سالیسیلیک اسید بر دستگاه فتوسنتزی و حفاظت از دستگاه فتوسنتزی، فعالیت آنزیم روبیسکو، مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی، هدایت روزنه‌ای، سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی، کاهش تنش اکسیداتیو و نشت یونی، افزایش همبستگی غشاهای زیستی، متابولیسم نیتروژن و تغذیه معدنی گیاه نام برد که در مطالعه‌های مختلف به آن‌ها اشاره شده است [۳۹].

جدول ۵. نتایج مقایسه میانگین برهمکنش صفات اندازه‌گیری شده ریحان تحت تأثیر تنش خشکی و پرایمینگ

تنش خشکی (مگاپاسکال)	سالیسیلیک اسید (میلی‌مولار)	طول اندام هوایی (سانتی‌متر)	وزن تر اندام هوایی (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)
	۰	۱۹/۸۲b	۱/۴۹b	۰/۵۲b	۵/۷۱c	۹/۴۲c
	۰/۵	۲۰/۷۴a	۱/۶۱a	۰/۵۵a	۹/۹۹a	۱۴/۰۸a
	۱	۲۱/۰۹a	۱/۶۹a	۰/۵۷a	۱۰/۱۲a	۱۴/۲۱a
	۱/۵	۱۷/۱۱c	۱/۳۹c	۰/۴۳e	۴/۳f	۷/۱۲e
	۰	۱۵/۴۹d	۱/۲۱c	۰/۴۳be	۴/۲f	۷/۰۴e
-۵	۰/۵	۱۷/۷۶c	۱/۴۸b	۰/۵۰c	۶/۹۸b	۱۰/۸۹b
	۱	۱۸/۶۹bc	۱/۵۱b	۰/۴۹c	۷/۱۷b	۱۱/۲۰b
	۱/۵	۱۴/۹۳f	۱/۲۸d	۰/۴۰f	۴/۰۰g	۶/۲۳f
	۰	۱۴/۷۸f	۱/۲۴d	۰/۳۹f	۳/۹۸g	۶/۱۷f
-۱۰	۰/۵	۱۵/۰۹e	۱/۳۶c	۰/۴۵d	۵/۱۲d	۸/۵۹d
	۱	۱۵/۴۱e	۱/۴۱c	۰/۴۶d	۵/۳۶d	۸/۷۱d
	۱/۵	۱۳/۲۱h	۱/۱۹e	۰/۳۸f	۳/۲۳i	۵/۶۹h
	۰	۱۳/۱۴h	۱/۱۱f	۰/۳۱g	۳/۱۹i	۵/۵۳h
-۱۵	۰/۵	۱۳/۹۵g	۱/۲۵d	۰/۴۲e	۴/۴۷e	۶/۹۸de
	۱	۱۴/۳۸fg	۱/۳۱d	۰/۴۴e	۴/۶۲e	۷/۲۱e
	۱/۵	۱۱/۲۱i	۱/۱۳f	۰/۲۸h	۳/۱۸i	۵/۰۱i
	۰	۱۱/۰۲i	۱/۰۶g	۰/۲۶i	۳/۱۹i	۴/۹۶i
-۲۰	۰/۵	۱۴/۱۲g	۱/۱۴f	۰/۳۷fg	۳/۶۹h	۵/۷۸g
	۱	۱۴/۵۱fg	۱/۰۹f	۰/۴۰f	۳/۸۱h	۵/۹۹g
	۱/۵	۱۰/۷۴j	۱/۰۴g	۰/۲۴j	۳/۰۱j	۴/۳۱j

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده نداشتن اختلاف آماری در سطح احتمال ۵٪

تبدیل کنند و با گرفتن رادیکال‌های اکسیژن تولید شده نقش آنتی‌اکسیدانی خود را بروز دهند [۲۲]. به نظر می‌رسد افزایش میزان ترکیبات کاروتنوئیدی در اثر استفاده از اسیدسالیسیلیک باعث افزایش مقاومت گیاه در برابر خسارت اکسیداتیو شود. مهاره‌کار و همکاران [۳۰] نیز در سال ۲۰۰۳ گزارش کردند که اسیدسالیسیلیک باعث فعال شدن تولید ترکیبات کاروتنوئیدی و گزانتوفیل در گیاهچه‌های گندم می‌شود.

نتیجه‌گیری نهایی

به‌طور کلی نتایج پژوهش حاضر نشان داد که سطوح متوسط و شدید تنش خشکی، سبب کاهش معنی‌دار پارامترهای مورفولوژیکی و محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی در آفتابگردان گردید. بیشترین میزان کاهش در صفات مذکور، در سطح ۲۰- مگاپاسکال بود. در حالی‌که بر اساس نتایج ذکر شده در این تحقیق، در گیاهان پیش‌تیمار شده با سالیسیلیک‌اسید این کاهش تعدیل شده است. از طرف دیگر افزایش مقدار کلروفیل و کاروتنوئید نشان دهنده نقش سالیسیلیک‌اسید بر افزایش تحمل این گیاه در برابر تنش خشکی است. بنابراین پیش‌تیمار بذر آفتابگردان با سالیسیلیک‌اسید می‌تواند در بهبود خصوصیات مورفولوژیکی این گیاه در مناطق خشک و نیمه خشک مؤثر باشد. چنین به نظر می‌رسد پیش‌تیمار آفتابگردان با سالیسیلیک‌اسید می‌تواند از اثرات سوء ناشی از این تنش بکاهد. در این تحقیق بهترین محلول پرایمینگ با پیش‌تیمار کردن توسط سالیسیلیک‌اسید با غلظت ۱ میلی‌مولار پیشنهاد می‌گردد.

کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش می‌تواند عمدتاً به دلیل تخریب ساختمان کلروپلاست و دستگاه فتوسنتزی، فتواکسیداسیون کلروفیل‌ها، واکنش آن‌ها با اکسیژن یکتایی، تخریب پیش ماده‌های سنتز کلروفیل و ممانعت از بیوسنتز کلروفیل‌های جدید و فعال شدن آنزیم‌های تجزیه‌کننده کلروفیل از جمله کلروفیل‌از و اختلالات هورمونی باشد [۳۸]. پوپووا و همکاران در سال ۲۰۰۹ نیز گزارش کردند که سالیسیلیک‌اسید باعث افزایش مقدار کلروفیل در گیاه عدسک‌آبی (*Spirodela polyrhiza*) شد [۳۳]. که نتایج ما نیز این مورد را تایید نمود.

نقش کاروتنوئیدها در دفاع آنتی‌اکسیدانی بسیار مهم است. گونه‌هایی که دارای کاروتنوئیدهای بالاتری می‌باشند، در تنش اکسیداتیو ناشی از تنش آب، دفاع مؤثرتری خواهند داشت و تحمل بهتری را در برابر تنش خشکی نشان می‌دهند [۹]. ال‌تایب [۱۷] در سال ۲۰۰۵ از افزایش معنی‌دار محتوای کلروفیلی و کاروتنوئیدی در شرایط محلول پاشی سالیسیلیک‌اسید گزارش کرده و نتیجه این امر را افزایش سرعت فتوسنتز دانسته است. می‌توان نتیجه گرفت که حفظ غلظت کلروفیل در شرایط دشوار محیطی، به ثبات فتوسنتز در این شرایط کمک کرده و سبب کاهش خسارت‌های وارده به گیاه در تنش‌های محیطی می‌گردد. در این مطالعه پیش‌تیمار سالیسیلیک‌اسید موجب افزایش مقدار کلروفیل و محتوای کاروتنوئیدها در گیاهان تحت تنش شد که نشان دهنده توانایی سالیسیلیک‌اسید برای بهبود رشد می‌باشد. سالیسیلیک‌اسید در گیاه ذرت [۲۶]، آفتابگردان [۹] و گوجه فرنگی [۴۱] نیز موجب افزایش کاروتنوئید شد. گزارش شده است کاروتنوئیدها قادرند انرژی زیاد طول موج‌های کوتاه را گرفته و اکسیژن منفرد را به سه‌تایی

منابع

- [۱] افکاری، ا. ۱۳۹۲. زراعت گیاهان صنعتی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات اردبیل، انتشارات یاوریان، صفحه ۳۰۴.
- [۲] امیری، ا.، سیروس مهر، ع.ر.، اسمعیل زاده بهابادی، ص. ۱۳۹۴. اثر محلول پاشی اسیدسالیسیلیک و کیتوزان بر عملکرد گیاه گلرنگ در شرایط تنش خشکی، مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران)، انتشارات یاوریان، جلد ۲۸، شماره ۲، صفحات ۷۱۲-۷۲۵.
- [۳] پاک‌مهر، آ.، شکاری، راستگو، ف. ۱۳۹۳. اثر پرایمینگ بذر با سالیسیلیک اسید روی برخی صفات فتوسنتزی لوبیا چشم بلبلی تحت تنش کم آبی در مرحله گلدهی، نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران، جلد ۵، شماره ۲، صفحات ۳۰-۱۹.
- [۴] خرم‌دل، س.، رضوانی مقدم، پ.، امین غفوری، ا.، شباهنگ، ج. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر پرایمینگ با سالیسیلیک اسید بر خصوصیات جوانه‌زنی سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.)، نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، جلد ۱۰، شماره ۴، صفحات ۷۰۹-۷۲۵.
- [۵] رامک، م.، خاوری‌نژاد، ر.، حیدری شریف‌آباد، ح.، رفیعی، م.، خادمی، ک. ۱۳۹۳. تأثیر تنش آب بر میزان ماده خشک و رنگیزه‌های فتوسنتزی در دو گونه اسپرس، فصلنامه پژوهشی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، جلد ۱۴، شماره ۲، صفحات ۸۰-۹۱.
- [۶] شکاری، ف.، پاک‌مهر، ا.، راستگو، م.، صبا، ج.، وظایفی، م.، زنگانی، ا. ۱۳۸۹. تأثیر پرایمینگ سالیسیلیک اسید بر برخی صفات مورفولوژیک لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) تحت تنش کم‌آبی در مرحله غلاف‌بندی، فن‌آوری‌های نوین کشاورزی (ویژه زراعت و باغبانی)، سال ۴، شماره ۱، صفحات ۲۶-۵.
- [۷] فرزانه، م.، قنبری، م.، افتخاریان، ع.ر.، جوانمیری، ش. ۱۳۹۲. تأثیر محلول پاشی اسیدسالیسیلیک بر میزان اسمولیت‌ها و رنگدانه‌های فتوسنتزی گیاه بادمجان (*Solanum melongena* L.) تحت تنش سرما، نشریه پژوهش‌های اکوفیزیولوژی گیاهی ایران، سال ۸، شماره ۴، صفحات ۸۳-۷۵.
- [۸] کشاورز، ح.، مدرس‌ثانوی، س.ع.م. ۱۳۹۴. اثر سالیسیلیک اسید بر کلروفیل، برخی خصوصیات رشدی و عملکرد دو رقم کلزا، نشریه تولید گیاهان زراعی، جلد ۷، شماره ۴، صفحات ۱۷۸-۱۶۱.
- [۹] مهدویان، ک. ۱۳۹۶. تأثیر غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید در تعدیل اثرات تنش کلرید سدیم بر روی پارامترهای رشد و رنگدانه‌های فتوسنتزی در گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)، نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال ۱۲، شماره ۴۷، صفحات ۱۰۶-۹۳.
- [۱۰] نعمت‌اللهی، ا.، جعفری، ع.ر.، باقری، ع.ر. ۱۳۹۲. اثر تنش خشکی و سالیسیلیک اسید روی رنگدانه‌های فتوسنتزی و جذب عناصر غذایی ارقام زراعی آفتابگردان، مجله اکوفیزیولوژی گیاهی، سال ۵، شماره ۱۲، صفحات ۵۱-۳۷.
- [11] Abedi, T., Pakniyat, H., 2012, Antioxidant enzyme changes in response to drought stress in ten cultivar of oilseed rap (*Brassica napus* L.). *Plant Breed*, 46(4): 27-34.
- [12] Afzal, I., 2005, Seed enhancements to induced salt tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). Ph.D. Thesis, Agricultural University of Faisalabad, Pakistan, 266 p.

- [13] Azooz, M., 2009, Salt stress mitigation by seed priming with salicylic acid in two faba bean genotypes differing in salt tolerance. International Journal of Agriculture and Biology, 11: 343-350.
- [14] Bray, A.E., 1997, Plant responses to water deficit. Trends in Plant Science. 2(2):54-45.
- [15] Bezrukova, M.V., Kildibekova, A.R., Avalbaev, A.M., Shakirova, F.M., 2004, Participation of wheat germ agglutinin in regulation of cell division in apical root meristem of wheat seedlings. Testologiya, 46: 35-38.
- [16] Chojnowski, F.C., Come, D., 1997, Physiological and biochemical changes induced in sunflower seeds by osmopriming and subsequent drying, storage and aging. Seed Science Research, 7: 323-331.
- [17] EL-Tayeb, M.A., 2005., Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regul. 45:215-224.
- [18] Gemes, K., Poor, P., Szepesi, A., Tari, I., 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 Biologica Szegediensis. 52:161-162.
- [19] Gornik, k., Grzesik, M., Duda, B.R., 2008, The Effect of chitosan on rooting of grapevine cuttings and on subsequent plant growth under drought and temperature stress. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research. 16: 333-343.
- [20] Gunes, A., Inal, A., Alpaslam, M., Erslan, F., Bagsi, E.G., Cicek, 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.
- [21] Hamada, A.M., Al-Hakimi, A.M.A., 2001. Salicylic acid versus salinity-droughtinduced stress on wheat seedlings. Rostl. Vyr. 47: 444-450.
- [22] Inze, D., Montagu, M.V., 2000, Oxidative stress in plants. Cornwall. Great Britain, 231.
- [23] Jamshidi Jam, B., Shekari, F., Zangani, E., 2013, Application of bio-sulfur fertilizer and seed pretreatment with salicylic acid improved photosynthetic parameters of safflower. Intern. J. Agron. Plant Prod. 4 (11): 3068-3075.
- [24] Karam, F., Lahoud, R., Masaad, R., Kabalan, R., Breidi, J., Chalita C., Rouphael, Y., 2007, Evapotranspiration, seed yield and water use efficiency of drip irrigated sunflower under full and deficit irrigation conditions. Agriculture Water Managment, 90: 213-223.
- [25] Kaydan, D., Yagmur, M., Okut, N., 2007, Effects of salicylic acid on the growth and some physiological characters in salt stressed wheat (*Triticum aestivum* L.). Tarim Bilimleri Dergisi, 13: 114-119.
- [26] Khodary, S.E.A., 2004, Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt-stressed maize plants. Journal of Agriculture and Biology, 6: 5-8.
- [27] Krishna, S., Surinder, K., Thind, S.K., Gurpreet, K., 2004, Interactive effects of phenolics and light intensity on vegetative parameters and yield in soybean (*Glycine max* L. Merrill). Environ. Ecol, 22: 390-394.
- [28] Metwally, A., Finkmemeier, I., Georgi, M., Dietz, K.J., 2003, Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in barley seedlings. Plant Physiol, 132: 272-81.
- [29] Mohammadi, L., Shekari, F., Saba, J., Zangani, E., 2011, Effects of seed priming with salicylic acid on vigor and morphological traits of safflower seedlings. Modern Science of Sustainable Agriculture Journal 7: 63- 72. (In Persian with English abstract).
- [30] Moharekar, S.T., Lokhande, S.D., Hara, T Tanaka, R., Tanaka, A., Chavan, P.D., 2003, Effect of salicylic acid on chlorophyll and carotenoid contents of wheat and moong seedlings Photosynthetica, 41: 315-317.
- [31] Omid, H., Movahadi, F., Movahadi, S.H., 2012, The effect of salicylic acid and scarification on germination characteristics and proline, protein and soluble carbohydrate content of *Prosopis farcta* L.) seedling under salt stress. Range and Desert Research, 18(4): 608-623.
- [32] Parida, A.K., Das, A.B., 2005., Salt tolerance and salinity effects on plants: a

- review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60: 324-349.
- [33] Popova, L.P., Maslenkova, L.T., Yordanova, R.Y., Ivanova, A.P., Krantev, A.P., Szalai, G., 2009, Exogenous treatment with salicylic acid attenuates cadmium toxicity in Pea seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry*, 47: 224-231.
- [34] Rafique, N., Raza, H., Qasim, M., Iqbal, N., 2011, Pre-sowing application of ascorbic acid and salicylic acid to seed of pumpkin and seedling response to salt. *Pak. J. Bot.*, 43: 2677-2682.
- [35] Raskin, I., 1992, Role of salicylic acid in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol. Mol. Biol.*, 43: 439-463.
- [36] Sarker, A., Hossain, I., Kashem, A., 2014, Salinity (NaCl) tolerance of four vegetable crops during germination and early seedling growth. *Journal of Ecology and Environmental Sciences*, 1:11-18.
- [37] 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.
- [38] Stepien, P., Klobus, G., 2006, Water relations and photosynthesis in *Cucumis sativus* L. Leaves under salt stress. *Biologia Plantarum*, 50: 610-616.
- [39] Stone, L.R., Goodrum, D.E., Jaafar, M.N., Khan, A.H., 2002, Rooting front and water depletion depths in grain sorghum and sunflower. *Agronomy Journal*, 93: 1105-1110.
- [40] Tammam, A.A., 2003, Response of *Vicia faba* plants to the interactive effect of sodium chloride salinity and salicylic acid treatment. *Acta Agron. Hungarica*, 51(3): 239-248.
- [41] Tari, I., Csiszar, J., Gabriella, S., Horvath, F., Pecsvaradi, A., Kiss, G., Szepesi, A., Szabo, M., Erdei, L., 2002, Acclimation of tomato plants to salinity stress after a salicylic acid pretreatment. *Acta Biologica Szegediensis*, 46: 55-56.
- [42] Yang, J.C., Zhang, J.H., Liu, L.J., Wang, Z.Q., and Zhu, Q.S., 2002, Carbon remobilization and grain filling in Japonica/ Indica hybrid rice subjected to photosynthesis water deficits. *J. Agron*, 94: 102-109.
- [43] Yildirim, E., Turan, M. and Guvenc, I., 2008, Effect of foliar salicylic acid applications on growth, chlorophyll, and mineral content of cucumber grown under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*, 31: 593-612.
- [44] Yusuf, M., Hasan, S.A., Ali, B., Hayat, S., Fariduddin, Q., Ahmad, A., 2008, Effect of salicylic acid on salinity induced changes in *Brassica juncea*. *Journal of Integrative Plant Biology*, 50: 1096-1102.
- [45] Zaki, R.N., Radwan, T.E., 2011, Improving wheat grain yield and its quality under salinity conditions at a newly reclaimed soil by using different organic sources as soil or foliar applications. *Journal of Applied Sciences Research*, 7: 42-55.