نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳۰ / شماره ۳ / ۱۳۹۵
DOI: http://dx.doi.org/10.22092/jwra.2016.107157

اثر شوری آب آبیاری بر خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی دو واریته لیسیانتوس (*Eustoma grandiflorum*)

نبی اله اشرفی و عبدالحسین رضایی‌نژاد[۱] *

دانشجوی دکترای علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان، ایران.
nabi.ashrafi@gmail.com
دانشیار گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان، ایران.
Rezaeinejad.h@lu.ac.ir

چکیده

به منظور مطالعه اثر شوری آب آبیاری بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه لیسیانتوس، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام گرفت. آزمایش به‌صورت گلدانی، هیدروپونیک درون ماسه با دو واریته لیسیانتوس شاخه بریده سفید و شامپاین و چهار سطح شوری (۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی مولار محلول سدیم کلرید) انجام شد. نتایج نشان داد با افزایش شوری ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک آن کاهش یافت. همچنین میزان کلروفیل a، سرعت فتوسنتز و محتوای نسبی آب در گیاهان تیمارشده با ۶۰ میلی مولار سدیم کلرید به ترتیب ۳۱ ٪، ۶۲ ٪و ۲۰ ٪ نسبت به مقادیر این صفات در تیمار شاهد کمتر بود. از طرفی نتایج نشان داد طول ریشه با افزایش شوری افزایش یافت، به طوری که در شوری ۶۰ میلی مولار طول ریشه ۴۳٪ نسبت به شاهد افزایش نشان داد. همچنین میزان نشت یونی و مالون دی آلدئید با افزایش شوری افزایش نشان داد. میانگین وزن خشک، ارتفاع گیاه و سرعت فتوسنتز در واریته سفید خالص به ترتیب ۴۷٪، ۲۷٪ و ۳۱٪ بیشتر از واریته شامپاین بود. همچنین واریته سفید خالص توانست بهتر از واریته شامپاین در شرایط تنش شوری صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی خود را مانند ارتفاع، وزن خشک، محتوای نسبی و پایداری غشای سلول حفظ کند.

واژه‌های کلیدی: تنش، سدیم کلرید ، فتوسنتز، نشت یونی، هیدروپونیک.

۱- آدرس نویسنده مسئول: خرم آباد، گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان.

* - دریافت: بهمن ۱۳۹٤ و پذیرش: شهریور ۱۳۹۵

مقدمه

شوری یکی از مهمترین تنش‌های غیر زنده محدود کننده تولیدات کشاورزی است و اکثر محصولات کشاورزی نسبت به شوری حساس می‌باشند (لوپز و همکاران،۲۰۱٤). مناطق خشک و نیمه خشک در سراسر جهان مستعد تجمع نمک به خاطر عدم بارش باران کافی و بالا بودن تبخیر و تعرق هستند. با وجود سازوکارهایی که گیاهان برای مقابله با شوری دارند، تنش شوری عملکرد را کاهش می‌دهد. بنابراین اطلاع از پاسخ گیاهان به تنش، شناسایی گیاهان متحمل به تنش، افزایش تحمل به تنش و القاء مکانیسم های تحمل به شوری روش پیشنهادی و حیاتی برای غلبه بر این چالش می‌باشند (شرودر و همکاران،۲۰۱۳). برای به نژادگران، آگاهی از مکانیسم‌های تحمل به شوری جهت شناسایی گیاهانی که مناسب مناطق شور هستند ضروری می‌باشد (جمیل و همکاران، ۲۰۰۷). از آنجایی‌که منابع آب در مقیاس جهانی به سرعت در حال کاهش می‌باشند، در دسترس بودن آب آبیاری با کیفیت خوب، به موضوعی مهم و اساسی در سراسر جهان تبدیل شده است (نیو و همکاران،۲۰۱۰؛ پسرکلی،۲۰۱۰). رقابت برای آب سالم در مناطق خشک و نیمه خشک موجب تشویق پرورش دهندگان گل و گیاه به استفاده از منابع آب بازیافتی به عنوان منابع آب جایگزین گردیده است (پسرکلی،۲۰۱۰). به دلیل این‌که آب‌های بازیافتی معمولاً دارای عناصر بالایی هستند، درصد نمک در آنها نسبت به آب آشامیدنی بالا می‌باشد (نیو و همکاران،۲۰۱۰؛ پارسونز و همکاران،۲۰۱۰). لذا شناخت گونه های متحمل به شوری و آستانه تحمل به شوری در گونه های مختلف گیاهی، هم برای غلبه بر موانع محیطی و هم ایجاد منابع جدید آب ضروری است، که با انتخاب آگاهانه گیاهان برای تولید کننده و مصرف کننده انجام پذیر است.

لیسیانتوس با نام علمی *Eustoma grandiflorum* از خانواده Gentianaceae، گیاهی بومی آمریکا و مکزیک می‌باشد که در سال‌های اخیر مورد توجه پرورش دهندگان گل‌های بریده قرار گرفته و تقاضا برای آن افزایش قابل ملاحظه‌ای داشته است (کیامحمدی و هاشم آبادی، ۲۰۱۱). این گل سال‌ها پیش در ژاپن معرفی شد و اکنون در تمام جهان به عنوان گل بریده، گلدانی و یا باغچه-ای خرید و فروش می‌گردد. کشورهای آمریکا، هلند، اسرائیل، کنیا و ژاپن از تولید کنندگان اصلی این گیاه در جهان می‌باشند و در دهه اخیر لیسیانتوس به عنوان گل بریده در تمام جهان شناخته شده است. ساقه بلند و مستقیم لیسیانتوس همراه با تنوع رنگ، داشتن گل‌های مشابه رز و داشتن عمر طولانی پس از برداشت باعث شده این گیاه مناسب گل شاخه بریده باشد و در رقابت با سایر گل ها در بین ده گل اول شاخه بریده قرار گیرد (راید، ۲۰۰۹).

مطالعاتی روی کشت و پرورش لیسیانتوس و فیزیولوژی آن انجام گرفته است ولی مطالعه در مورد شوری و آستانه تحمل آن کم و گاهاً متناقض می‌باشد. برخی پژوهشگران گزارش کرده‌اند که لیسیانتوس در شرایطی که سدیم و کلر یون‌های غالب آب شور نباشند مقاومت بالایی از خود نشان می‌دهد (والدز و همکاران، ۲۰۱۳) در مقابل، لوپز و همکاران (۲۰۱٤) گزارش کردند که لیسسیانتوس به شوری حساس است و تنها زمانی که در محیط رشد لیسیانتوس غلظت کلسیم بالا باشد قادر به تحمل شوری خواهد بود. با این وجود اطلاعات کمی در مورد مکانیسم مقاومت به شوری و آستانه تحمل واریته‌های مختلف لیسیانتوس وجود دارد. بنابراین پژوهش حاضر به‌منظور بررسی پاسخ فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی واریته‌های مختلف لیسیانتوس به تنش شوری انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با دو فاکتور و چهار تکرار در گلخانه

پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان با دمای روزانه ۳۵-۲۰ ، شبانه ۲۰-۱۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۰-۵۰ ٪ در بهار و تابستان ۱۳۹٤ انجام گرفت. فاکتور اول شامل ارقام لیسیانتوس در دو سطح (شامپاین[1]، سفید خالص[2]) و فاکتور دوم کلرید سدیم در چهار سطح [۰(شاهد، بدون افزایش کلرید سدیم)،۲۰، ٤۰ و ٦۰ میلی مولار] همراه با محلول غذایی بود.

برای کشت لیسیانتوس دو واریته از سری ماریاچی[3] و اکو[4] از شرکت ساکاتا[5] تهیه شده و در مرحله ۲-۲-٤ برگی در گلخانه در گلدان‌های با قطر دهانه ۱۷ سانتی متر (هر گلدان یک نشاء) در محیط کشت ماسه و به صورت هیدروپونیک کشت گردید. تا استقرار کامل، گیاهان با محلول غذایی نیم هوگلند شامل:

2.5 mM Ca $(NO_3)_2$, 0.2 µM $CuSO_4$, 40 µM Fe (as Fe-EDTA), 23 µM H_3BO_3, 0.5 mM KH_2PO_4, 2.5 mM KNO_3, 1.0 mM $MgSO_4$, 4.5 µM $MnCl_2$, 0.2 µM Na_2MoO_4 and 0.4 µM $ZnSO_4$

روزی دو بار (ساعت ۰۹:۰۰ و ۱٤:۰۰) تغذیه گردیدند. لازم به ذکر است pH محلول غذایی در محدوده ٦-۵/۸ تنظیم گردید. بعد از استقرار کامل گیاهان، تیمارهای شوری به تدریج (با افزایش روزانه ۲۰میلی مولار تا رسیدن به سطح شوری مورد نظر) و همراه محلول غذایی اعمال گردید. گیاهان تا زمان گلدهی و به مدت ۷۰ روز در معرض تنش شوری قرار گرفته و سپس داده برداری انجام گرفت.

ویژگی‌های مورفولوژیکی شامل ارتفاع گیاه، قطر ساقه و گل، تعداد برگ، تعداد گره، وزن تر و خشک اندازه-گیری شدند. ارتفاع گیاه بوسیله خط‌کش از ناحیه یقه و قطر گیاه توسط کولیس دیجیتالی از میانگره سوم اندازه‌گیری شد. در زمان برداشت وزن‌تر شاخساره اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها در فویل آلومینیومی پیچیده شده به مدت ۷۲ ساعت در آون در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند تا وزن خشک ثابت شود آن‌گاه وزن خشک اندازه گیری گردید.

فاکتورهای مربوط به تبادلات گازی برگ شامل فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای توسط دستگاه اندازه گیری تبادلات گازی (LCA-4, ADC Ltd., Hoddesdon, UK) در برگ کاملاً توسعه یافته در هر تکرار انجام گرفت. اندازه-گیری در روز صاف و آفتابی بین ساعت ۱۱ تا ۱۲ انجام شد. در طول اندازه‌گیری دمای اتاقک حدود ۳۲ تا ۳۵ درجه سیلسیوس بود. میزان کلروفیل نسبی برگ با دستگاه کلروفیل سنج پورتابل (مدل CL-۰۱) (ساخت کشور انگلستان، شرکت LTD Hansatech instruments) و همزمان با تبادلات گازی اندازه گیری گردید. به منظور اندازه گیری محتوای نسبی آب برگ از روش غویلام و همکاران (۲۰۰۲) استفاده شد. بدین منظور قطعات برگی ابتدا وزن شد و وزن آن‌ها به عنوان وزن تازه (FW) در نظر گرفته شد. سپس برگ‌ها به مدت دو ساعت درون لوله‌های آزمایش حاوی ۱۵ میلی لیتر آب مقطر قرار داده شد و وزن نمونه‌ها به عنوان وزن اشباع (SW) در نظر گرفته شد. در مرحله بعد نمونه‌ها به مدت ۲٤ ساعت درون آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و وزن حاصل از آن‌ها به عنوان وزن خشک (DW) در نظر گرفته شد. میزان محتوای نسبی آب از فرمول زیر محاسبه گردید:

$$(FW-DW) / (SW-DW) \times 100 \qquad (۱)$$

نشت یونی بر اساس روش لاتس و همکاران (۱۹۹٦) اندازه گیری شد. بر اساس این روش از هر گیاه (برگ‌های توسعه یافته بالایی) تعداد شش دیسک برگی با قطر ۰/۵سانتیمتر تهیه و سه بار با آب مقطر شستشو داده شد و به لوله آزمایش منتقل شد. به هر لوله آزمایش به میزان ۱۰ میلی لیتر آب مقطر اضافه گردید و نمونه‌ها در دمای اتاق به مدت ۲٤ ساعت بر روی شیکر با ۱۵۰ دور در دقیقه قرار داده شد. سپس نمونه‌ها به مدت یک دقیقه ورتکس و هدایت الکتریکی آن‌ها به عنوان هدایت الکتریکی اولیه

[1] Champagne
[2] Pure White
[3] Mariachi
[4] Echo
[5] Sakata

توسط EC متر مدل CC-501 اندازه گیری شد. به منظور اندازه‌گیری هدایت الکتریکی ثانویه نمونه‌ها به مدت ٤٠ دقیقه درون اتوکلاو با دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و پس از اتمام اتوکلاو و رسیدن دمای نمونه‌ها به دمای محیط مجدداً هدایت الکتریکی نمونه‌ها به عنوان هدایت الکتریکی ثانویه اندازه گیری شد و در نهایت درصد نشت یونی از حاصل تقسیم هدایت الکتریکی اولیه بر ثانویه محاسبه گردید.برای اندازه گیری سطح برگ، ۱۰ برگ از هر تکرار در هر تیمار جدا گردیده و سطح آن‌ها با استفاده از دستگاه اندازه گیری سطح برگ (Delta-T scan) بر حسب میلی‌متر مربع به دست آمد. برای اندازه گیری میزان کلروفیل و کارتنوئید برگ‌ها، به روش لیختن هالر (۱۹۸۷) رنگیزه‌های گیاهی توسط حلال استون ۱۰۰٪ استخراج گردید و سپس درون کووت دستگاه اسپکتروفتومتر (UV-600 A) ریخته شد و میزان جذب نور در سه طول موج ٦٤٤/٨ ، ٦٦١/٦ و ٤٧٠ نانومتر قرائت گردید و میزان کلروفیل محاسبه شد.

اندازه‌گیری میزان مالون دی آلدئید[1] با استفاده از تیوباربیتیوریک اسید[2] به عنوان معرف و بر اساس روش وانگ و همکاران (۲۰۰۹) و اندازه‌گیری پرولین با روش بیتز و همکاران (۱۹۷۳) و توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ٥١٥ نانومتر انجام گردید. آنالیز آماری و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS انجام گرفت و برای مقایسه میانگین صفات مورد نظر از آزمون چند دامنه-ای دانکن در سطح پنج درصد استفاده شد.

نتایج

صفات مورفولوژیکی

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد اثر واریته و شوری بر صفات ارتفاع، قطر ساقه، تعداد گره و وزن تر معنی دار بوده است. اثر متقابل شوری و واریته بر هیچ یک از صفات موفولوژیکی معنی دار نبود (جدول ۱).مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد واریته شامپاین ارتفاع، تعداد گره، وزن تر و خشک کمتری نسبت به واریته سفید خالص داشته است (جدول۲). ارتفاع و تعداد گره در واریته شامپاین به ترتیب ۲۰ و ۱۵٪ کمتر از واریته سفید خالص بوده است. ازطرفی قطر ساقه در واریته شامپاین ۲۲٪ بیشتر از واریته سفید خالص بوده است. برای صفات قطر غنچه گل و طول ریشه اختلاف معنی داری بین دو واریته مشاهده نشد. واریته سفید خالص در مقایسه با واریته شامپاین، وزن خشک (٤٧٪) و وزن تر (۲۷٪) بیشتری داشته است (جدول۲).

همچنین نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که شوری اثر مضری بر رشد لیسیانتوس داشته است و با افزایش غلظت سدیم کلرید صفات مورفولوژیکی (شامل ارتفاع، قطر ساقه،تعداد گره، وزن خشک، وزن تر و طول ریشه) بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرند، به طوری‌که با افزایش شوری به ٦٠ میلی مولار، ارتفاع، تعداد برگ، وزن خشک و وزن تر نسبت به شاهد به ترتیب ۷۰، ٦٥،۳۷ و ٤٥٪ کاهش داشته است (جدول ۳). بررسی اثر متقابل واریته و شوری نشان داد ارتفاع گیاه در تیمار ۲۰ میلی مولار شوری در واریته شامپاین در مقایسه با واریته سفید ۲۹٪ کاهش نشان داده است. همچنین ارتفاع گیاهان در تیمار ٦٠ میلی مولار سدیم در واریته شامپاین نسبت به واریته سفید ٤۳٪ کاهش داشته است (جدول ٤). نتایج مقایسه میانگین نشان داد قطر غنچه گل، قطر ساقه و تعداد گره در تیمار شاهد بیشترین میزان را داشته است، ولی با افزایش شوری کاهش نشان داده است (جدول ۳). صفات قطر ساقه، تعداد گره و تعداد برگ اگرچه با افزایش شوری روند کاهشی نشان داده اند ولی بین تیمار شاهد و ۲۰ میلی‌مولار سدیم اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول۳). اثر متقابل شوری و واریته نشان داد کمترین قطر غنچه گل مربوط به

[1] Malondialdehyde
[2] Thiobarbituric acid

تیمار ٦٠ میلی مولار واریته شامپاین بوده است که نسبت به رقم سفید در همان غلظت شوری ٢٦٪ کمتر بوده است. بیشترین میزان قطر ساقه در تیمار شاهد واریته شامپاین مشاهده گردید (٢/٩ میلی متر) که نسبت به واریته سفید ١٦٪ بیشتر بوده است. همچنین قطر ساقه در تیمار ٦٠ میلی مولار واریته شامپاین نسبت به واریته سفید ٣٦٪ افزایش داشته است. تعداد گره در تیمار شاهد واریته سفید ١٩٪ بیشتر از واریته شامپاین بوده است. همچنین تعداد گره در تیمار ٦٠ میلی مولار سدیم در واریته شامپاین نسبت به واریته سفید ٢٠٪ کاهش نشان داد (جدول ٤). نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر واریته بر طول ریشه معنی دار نبوده است، ولی شوری اثر معنی داری بر طول ریشه داشته است (جدول ١). برعکس سایر صفات اندازه گیری شده، نتایج نشان داد که با افزایش شوری طول ریشه افزایش یافته است، به طوری که با افزایش شوری به ٦٠ میلی مولار طول ریشه نسبت به شاهد ٤٤٪ افزایش نشان داده است. اگرچه با افزایش شوری طول ریشه افزایش می‌یابد ولی اختلاف معنی‌داری بین ٤٠ و ٦٠ میلی مولار مشاهده نشد (جدول ٣). طول ریشه در شوری ٦٠ میلی مولار برای هر دو واریته یکسان بوده و هیچ اختلاف آماری بین آنها مشاهده نشد، ولی کمترین طول ریشه را واریته شامپاین در شوری صفر میلی مولار داشته است که نسبت به شوری صفر واریته سفید ٣٧٪ کمتر بوده است.

واریته شامپاین در شوری ٢٠ میلی مولار در مقایسه با واریته سفید ١٠٪ طول ریشه بیشتری داشته است (جدول ٤). بررسی اثر متقابل شوری و واریته نشان داد واریته سفید خالص در شوری ٢٠ میلی مولار بیشترین وزن تر و خشک را داشته است و کمترین وزن خشک را واریته شامپاین در شوری ٦٠ میلی مولار نشان داده است (١/١ گرم) که نسبت به واریته سفید در همان غلظت شوری ٣١ درصد کاهش نشان داده است (جدول ٤).

صفات فیزیولوژیکی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر واریته بر محتوای نسبی آب و مالون دی آلدئید معنی‌دار بوده است ولی بر نشت یونی اثر معنی‌داری نداشته است. همچنین نتایج نشان داد اثر شوری بر همه صفات اندازه گیری شده به جز پرولین معنی‌دار بوده است (جدول ١). نتایج مقایسه میانگین نشان داد محتوای نسبی آب که به عنوان شاخصی برای مقاومت در برابر تنش شوری و خشکی کاربرد دارد در واریته شامپاین کمتر از واریته سفید خالص بوده است (جدول ٢). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد با افزایش غلظت شوری محتوای نسبی آب کاهش می‌یابد، به طوری‌که در شوری ٦٠ میلی مولار، محتوای نسبی آب نسبت به شاهد ١٦٪کاهش نشان داده است. از طرفی درصد نشت یونی با افزایش میزان شوری افزایش نشان داد و بیشترین میزان نشت یونی در تیمار ٦٠ میلی مولارمشاهده گردید که ١/٤ برابر شاهد بوده است. همچنین نتایج نشان داد درصد نشت یونی در تیمار ٢٠ میلی مولار ٢٥ درصد نسبت به شاهد کاهش داشته است (جدول٣). بررسی اثر متقابل نشان داد نشت یونی در واریته شامپاین و در تیمار ٦٠ میلی مولار بیشترین میزان را داشته است که نسبت به واریته سفید ١٤٪ افزایش نشان داده است. کمترین میزان نشت یونی در تیمار ٢٠ میلی مولار واریته سفید مشاهده گردید (جدول ٤). نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر واریته بر میزان پرولین معنی دار بوده است (جدول ١). نتایج نشان داد میزان پرولین واریته شامپاین نسبت به واریته سفید کاهش معنی داری داشته است. از طرفی میزان مالون دی‌آلدئید و نشت یونی در واریته شامپاین به ترتیب ٧ و ٧٧ درصد بیشتر از سفید خالص بوده است (جدول٢). همچنین نتایج نشان داد با افزایش شوری میزان مالون دی آلدئید افزایش یافته است به طوریکه تیمار ٦٠ میلی مولار نمک سدیم در مقایسه با شاهد موجب افزایش ٥٨ درصدی مالون دی آلدئید شده است (جدول ٣). نتایج اثر متقابل نشان داد بیشترین میزان مالون

دی‌آلدئید در تیمار ٦٠ میلی مولار واریته شامپاین به دست آمده است که در مقایسه با واریته سفید خالص ۱۰۰٪ افزایش نشان داده است. کمترین میزان مالون دی آلدئید در تیمار شاهد واریته سفید مشاهده گردید (۱/٤۷) در حالیکه در تیمار شاهد واریته شامپاین، مقدار آن ۳/٤ برابر بوده است (جدول ٤).

مقایسه میانگین محتوای پرولین در تیمارهای شوری نشان داد که با افزایش شوری میزان پرولین افزایش داشت و تیمار شاهد کمترین میزان این صفت را داشته است (جدول ۳). اثر متقابل تیمارها نشان داد بیشترین میزان پرولین در تیمار ٤۰ میلی مولار واریته سفید مشاهده گردید که نسبت به واریته شامپاین، ۳٪ افزایش نشان داده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد نوع واریته بر میزان کلروفیل a و b اثر معنی‌داری نداشته است ولی اثر شوری معنی‌دار بوده است (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد میزان کلروفیل a و b در دو واریته اختلاف آماری معنی‌داری نداشته است (جدول ۲). با افزایش شوری میزان کلروفیل a و b کاهش می یابد، به طوری‌که در شوری ٦٠ میلی مولار میزان کلروفیل a و b به ترتیب ۳۱ و ۵۳٪ نسبت به شاهد کاهش نشان داد (جدول ۳).

اثر متقابل شوری و واریته نشان داد بیشترین میزان کلروفیل a در تیمار ۲۰ میلی مولار واریته سفید به دست آمد که در مقایسه با واریته شامپاین ۲٦٪ افزایش نشان داده است. کمترین میزان کلروفیل a در تیمار ٦٠ میلی مولار واریته شامپاین مشاهده گردید که نسبت به واریته سفید ۷٪ کاهش نشان داده است. میزان کلروفیل b نیز در هر دو واریته با افزایش شوری کاهش می یابد، ولی میزان کاهش در واریته شامپاین شدید تر از سفید می‌باشد، به طوری‌که میزان کلروفیل b در تیمار ٦٠ میلی مولار واریته شامپاین نسبت به واریته سفید ۲٤٪ کاهش نشان داده است. بیشترین میزان کلروفیل b در تیمار ۲۰ میلی مولار واریته سفید خالص مشاهده گردید که در مقایسه با واریته شامپاین ۳۲٪ افزایش داشته است (جدول ٤).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد شوری و واریته اثر معنی‌داری بر فتوسنتز و مقاومت روزنه ای داشته است و اثر متقابل شوری و واریته بر میزان فتوسنتز معنی دار بوده است (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد میزان فتوسنتز در واریته شامپاین نسبت به واریته سفید خالص، ۲٤٪ کاهش داشته است در حالی‌که مقاومت روزنه ای در واریته شامپاین بیشتر (۱۹٪) از واریته سفید خالص بوده است (جدول۲). میزان فتوسنتز و مقاومت روزنه ای تحت تاثیر شوری قرار گرفته و با افزایش شوری فتوسنتز کاهش یافته است. تیمار ٦٠ میلی مولار نسبت به شاهد موجب کاهش ۳۸ درصدی فتوسنتز گردیده است. از طرفی با افزایش غلظت شوری میزان مقاومت روزنه‌ای افزایش می‌یابد. کمترین مقاومت روزنه‌ای در شاهد و بیشترین میزان آن در شوری بالای ٤۰ میلی مولار مشاهده گردید.

نتایج اثر متقابل نشان داد مقاومت روزنه‌ای رقم شامپاین در شوری ٦٠ میلی مولار بیشترین میزان را داشته است، که در مقایسه با رقم سفید در همان غلظت شوری ۱۸٪ بیشتر بوده است. کمترین مقاومت روزنه‌ای مربوط به واریته سفید در تیمار شاهد بوده است که نسبت به واریته شامپاین در همان تیمار ۱۱٪ کمتر بوده است (جدول ٤). میزان فتوسنتز در تیمار ۲۰ میلی مولار واریته سفید نسبت به واریته شامپاین ۲/۲ برابر افزایش نشان داده است. کمترین میزان فتوسنتز در تیمار ٤۰ میلی مولار واریته سفید به دست آمد. میزان فتوسنتز تیمار شاهد واریته سفید در مقایسه با واریته شامپاین ۳٪ افزایش نشان داده است.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر شوری و واریته بر صفات اندازه گیری شده گیاه لیسیانتوس

درجه آزادی	میانگین مربع‌ها							
	ارتفاع گیاه	قطر ساقه	تعداد گره	تعداد برگ	طول ریشه	قطر غنچه گل	وزن تر	وزن خشک
۱	۳۵۹/۷***	۱/۶۹***	۱۰/۱۲**	۷۸/۱^{ns}	۷۱/۷۶^{ns}	۰/۷۰^{ns}	۸۴/۹**	۲/۵۲**
۳	۲۸۷/۵***	۰/۳۸*	۲/۷۵*	۱۰۷/۳^{ns}	۱۹۲*	۹/۶۸^{ns}	۱۶/۱۳*	۰/۶۴^{ns}
۳	۴۴/۳۵^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۰/۷^{ns}	۴۶^{ns}	۴۱/۹۸^{ns}	۹/۴۸^{ns}	۱/۹۹^{ns}	۰/۱۲^{ns}
۱۴	۲۱/۱۴	۰/۱۱۲	۰/۷۷	۳۶/۱	۵۱/۲	۳/۹۷	۵/۵۷	۰/۲۲
تغییرات	۱۷/۵	۱۳/۲۷	۱۱	۲۲/۴	۲۰/۸۶	۳۵/۳	۱۶/۹۹	۲۶/۱۳

ادامه جدول ۱

درجه آزادی	میانگین مربع‌ها							
	محتوای نسبی آب	نشت یونی	مالون دی آلدئید	پرولین	کلروفیل b	کلروفیل a	مقاومت روزنه ای	فتوسنتز
۱	۷۸/۱۲*	۳۶/۱^{ns}	۴۰/۷***	۰/۲*	۲/۹۵^{ns}	۱۴/۰۲^{ns}	۱۴/۱۴*	۳/۰۹*
۳	۲۱۰/۳***	۵۴۹/۱***	۵/۶۷**	۰/۰۳^{ns}	۱۱/۲۸**	۴۱/۴*	۲۴/۲***	۴/۱۱***
۳	۱۸/۷۹^{ns}	۱۱/۴^{ns}	۳/۳**	۰/۰۲۷^{ns}	۳/۸۷^{ns}	۲۳/۵^{ns}	۲/۹^{ns}	۲/۴۸**
۱۴	۱۵/۷۹	۱۶/۸۴	۰/۶۶	۰/۰۲۶	۲	۱۲/۱۴	۲/۳۴	۰/۲۸۳
تغییرات	۵/۲۱	۱۳/۲۹	۲۰/۲۸	۱/۸۷	۲۲/۳۴	۱۸/۳۹	۲۰/۷	۲۳

ns: عدم وجود اختلاف معنی دار،*، ** و *** اختلاف معنی دار به‌ترتیب در سطح احتمال ۰/۰۵، ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱

جدول۲- مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده بین دو واریته لیسیانتوس

ارتفاع گیاه (cm)	قطر ساقه (mm)	تعداد گره (per plant)	تعداد برگ (per plant)	طول ریشه (cm)	قطر غنچه گل (mm)	وزن تر (g)	وزن خشک (g)
۲۳/۶b	۲/۷a	۷/۴۳b	۲۵/۲a	۳۶/۰۴a	۵/۴۹ a	۱۱/۶۸b	۱/۴b
۳۰/۳a	۲/۲b	۸/۵۶a	۲۸/۳a	۳۲/۵۸a	۵/۷ a	۱۴/۸a	۲/۰۶a

ادامه جدول۲

وای نسبی ب(%)	نشت یونی (%)	مالون دی آلدئید (µmol g^{-1}FW)	پرولین (µgg^{-1}FW)	کلروفیل a (mg g1-)	کلروفیلb (mg g1-)	مقاومت روزنه ای ($m^2 s^1 mol^{-1}$)	فتوسنتز (µmol $m^{-2} s^{-1}$)
۷۴/۷b	۳۱/۹a	۵/۱۶ a	۰/۲۷b	۱۸/۲ a	۶/۰۳ a	۸/۰۴a	۱/۹b
۷۷/۸a	۲۹/۸ b	۲/۹ b	۰/۲۸a	۱۹/۶ a	۶/۶۴ a	۶/۷۱b	۲/۵a

در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵ بر اساس آزمون دانکن نیستند

جدول۳- مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده بین چهار غلظت کلرید سدیم در لیسیانتوس

ارتفاع گیاه (cm)	قطر ساقه (mm)	تعداد گره (per plant)	تعداد برگ (per plant)	طول ریشه (cm)	قطر غنچه گل (mm)	وزن تر (g/plant)	وزن خشک (g/plant)
۳۳/۹a	۲/۷a	۸/۵a	۳۲a	۲۸/۵b	۵/۳ab	۱۵/۳a	۲/۱۵a
۲۹/۲b	۲/۶a	۸/۵a	۲۶ab	۳۰/۸b	۶/۹a	۱۵/۲۴b	۱/۹۹b
۲۴/۷c	۲/۴b	۷/۶b	۲۵/۸ab	۳۶/۸a	۵/۹ab	۱۲/۰۲c	۱/۴c
۱۹/۹d	۲/۲b	۶/۳c	۲۳/۳b	۴۱a	۴/۳b	۱۰/۵۱d	۱/۳۷d

ادامه جدول۳

ای نسبی آب(%)	نشت یونی (%)	مالون دی آلدئید ($\mu mol\ g^{-1}FW$)	پرولین ($\mu g g^{-1}FW$)	کلروفیل a ($mg\ g^{-1}FW$)	کلروفیلb ($mg\ g^{-1}FW$)	مقاومت روزنه ای ($m^2\ s^1\ mol^{-1}$)	فتوسنتز ($\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$)
۸۰/۵a	۲۸/۰۳c	۳/۱b	۰/۲۷۵c	۲۰/۹a	۷/۲a	۵/۱c	۲/۶b
۷۸/۳b	۲۱/۵d	۳/۴b	۰/۲۷۶cb	۲۰/۵a	۷/۲a	۶/۸b	۳/۱a
۷۳/۷c	۳۲/۷b	۴/۵a	۰/۲۷۸ab	۱۸/۳ab	۶ab	۸/۶a	۱/۷c
۶۷/۵d	۴۱/۲a	۴/۹۱a	۰/۲۸a	۱۵/۹b	۴/۸b	۸/۸a	۱/۶d

در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵ بر اساس آزمون دانکن نیستند

جدول۴- مقایسه میانگین اثر متقابل واریته و شوری در لیسیانتوس

وزن خشک (g/plant)	وزن تر (g/plant)	قطر غنچه گل (mm)	طول ریشه (cm)	تعداد برگ (per plant)	تعداد گره (per plant)	قطر ساقه (mm)	ارتفاع گیاه (cm)	ی [mM
۱/۸۹c	۱۳/۹c	۶/۷ab	۲۴d	۳۰/۵ab	۷/۷d	۲/۹a	۳۳/۹b	
۱/۴۷f	۱۲/۸e	۶/۸ab	۳۲/۳bc	۲۱/۵c	۷/۲e	۲/۸a	۲۵/۵e	
۱/۲۷g	۱۰/۶g	۴/۷abc	۳۶bc	۲۴/۲bc	۸/۲c	۲/۶b	۲۰/۵g	
۱/۱۱h	۹/۳h	۳/۶c	۳۸ab	۲۴/۷bc	۶/۵f	۲/۶b	۱۴/۴h	
۲/۴۱b	۱۶/۷b	۴bc	۳۳/۱bc	۳۳/۵a	۹/۲a	۲/۵b	۳۳/۹a	
۲/۵۲a	۱۷/۶a	۷a	۲۹/۳cd	۳۰/۵ab	۸cd	۲/۴b	۳۳/۰۲c	
۱/۶۶d	۱۳/۳d	۷/۱a	۳۷/۶ab	۲۷/۵abc	۸/۷b	۲/۱c	۲۸/۹d	
۱/۶۵e	۱۱/۷f	۴/۹abc	۴۴a	۲۲bc	۸/۲c	۱/۹d	۲۵/۴f	

ادامه جدول۴

فتوسنتز ($\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$)	مقاومت روزنه ای ($m^2 s^{-1} mol^{-1}$)	کلروفیلb (mg g^{-1}FW)	کلروفیل a (mg g^{-1}FW)	پرولین ($\mu g g^{-1}$FW)	مالون دی آلدئید ($\mu mol\ g^{-1}$FW)	نشت یونی (%)	محتوای نسبی آب (%)
۲/۴c	۵/۴c	۷/۹ab	۲۲/۶a	۰/۲۷۴bc	۴/۸c	۲۸/۵e	۸۱/۵a
۱/۹d	۸/۳۵b	۶/۲c	۱۸/۱ab	۰/۲۷۴bc	۳/۹۴d	۲۲/۷g	۷۷/۹d
۱/۵g	۸/۷ab	۵/۷c	۱۷b	۰/۲۷۲c	۵/۲۳b	۳۲/۶d	۷۲/۷f
۱/۷f	۹/۶a	۴/۱d	۱۵/۳b	۰/۲۷۷bc	۶/۵۷a	۴۳/۹a	۶۶/۷h
۲/۷b	۴/۸c	۶/۶abc	۱۹/۲ab	۰/۲۷۶bc	۱/۴۷h	۲۷/۵f	۷۸/۵c
۴/۲a	۵/۳c	۸/۲a	۲۲/۸a	۰/۲۷۸b	۲/۹۷g	۲۰/۳h	۷۸/۶b
۱/۸۳e	۸/۴ab	۶/۳c	۱۹/۶ab	۰/۲۸۴a	۳/۹e	۳۲/۷bc	۷۴/۶e
۱/۴۹h	۸/۱b	۵/۴cd	۱۶/۶b	۰/۲۸۳a	۳/۲۶f	۳۸/۵ab	۶۷/۷g

در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵ بر اساس آزمون دانکن نیستند

بحث

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که با افزایش شوری ارتفاع، وزن تر و خشک گیاه کاهش می-یابد و درصد کاهش بستگی به واریته دارد. کاهش در وزن خشک و ارتفاع گیاهان قبلاً توسط پژوهشگران برای آهار (بیژنی و عبدالمالکی، ۲۰۱۳) و آفتابگردان زینتی (نورن و همکاران،۲۰۱۲) گزارش شده است. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد شوری تعداد برگ و سطح برگ را در لیسیانتوس کاهش داده است. کاهش سطح برگ را می‌توان در نتیجه کاهش سرعت گسترش سلول‌ها و یا کاهش سرعت تقسیم سلولی، به علت کم شدن آماس سلولی بیان نمود (وولکمار و همکاران، ۱۹۹۸). کاهش تعداد برگ نیز به دلیل محافظت از برگ‌های جوان در برابر سمیت شوری است که با افزایش شوری ، نمک بیشتری در برگ‌های پیر تجمع یافته و در نهایت ریزش برگ، افزایش می‌یابد (واهوم و همکاران، ۲۰۰۰).

زمانی‌که گیاه تحت تنش شوری قرار می‌گیرد شکل، حجم و اندازه سلول‌های اپیدرمی و پوستی تغییر پیدا می‌کند و سلول‌ها بزرگتر و منظم‌تر می‌گردند و فضای بین سلولی آنها زیاد می‌شود که هم در گیاهان هالوفیت و هم گلیکوفیت مشاهده می‌گردد ولی غلظت نمکی که باعث این تغییرات می‌گردد متفاوت است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد با افزایش شوری طول ریشه نیز افزایش می یابد. افزایش طول ریشه که در این آزمایش مشاهده گردید ممکن است مکانیسم سازگاری به شوری باشد که موجب می‌گردد تا تعادل آب گیاه حفظ گردد و گیاه از این طریق با خشکی فیزیولوژیکی ایجاد شده توسط شوری مقابله کند. این نتایج با یافته های الشماری و همکاران (۲۰۰٤) مطابقت دارد.

محتوای نسبی آب برگ معیار مناسبی جهت بررسی وضعیت آبی گیاه است. نتایج این پژوهش نشان داد با افزایش شوری، محتوای نسبی آب برگ کاهش پیدا می‌کند. کاهش محتوای نسبی آب می‌تواند در نتیجه کاهش دسترسی به آب در اثر افزایش پتانسیل اسمزی ناشی از وجود نمک باشد که موجب خشکی فیزیولوژیکی می‌گردد (کایا و همکاران، ۲۰۰٦). نتایج نشان داد واریته سفید نسبت به واریته شامپاین نشت یونی و میزان مالون دی آلدئید کمتری داشته است. شاخص پایداری غشاء که به عنوان نشت الکترولیتی تخمین زده می شود، تحت تنش شوری کاهش می‌یابد. این نتایج با نتایج پژوهشگران که گزارش کردند همزمان با افزایش غلظت نمک، نشت یونی افزایش می‌یابد، مطابقت دارد (شی و همکاران، ۲۰۰٦). تنش شوری از طریق آسیب رساندن به غشاء سلولی و تخریب ساختار آن باعث نشت بیشتر مواد داخل سلولی و واکوئلی به محیط بیرون در زمان اندازه‌گیری شده و منجر به غلیظ شدن و بالا رفتن هدایت الکتریکی بیرون سلول می‌گردد. پایداری کلروفیل به عنوان شاخصی از مقاومت گیاه به تنش است. نتایج این پژوهش نشان داد با افزایش شوری میزان کلروفیل کاهش می یابد. کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش شوری می‌تواند عمدتاً به دلیل تخریب ساختمان کلروپلاست و دستگاه فتوسنتزی، فتواکسیداسیون کلروفیل‌ها، واکنش آن‌ها با رادیکال‌های آزاد، تخریب پیش‌ماده‌های سنتز کلروفیل و ممانعت از بیوسنتز کلروفیل‌های جدید و فعال شدن آنزیم‌های تجزیه کننده کلروفیل از جمله کلروفیلاز و اختلالات هورمونی باشد. علاوه بر این، تنش شوری در جذب برخی عناصر ضروری نظیر آهن و منیزیم اختلال ایجاد می‌کند که این عناصر در سنتز کلروفیل ضروری می‌باشند (نئوکلوس و واسیلاکاکیس، ۲۰۰۷). از طرفی یکی دیگر از مکانیسم‌های مقاومت گیاهان به تنش شوری بیوسنتز و تجمع مواد آلی با وزن ملکولی کم است، این مواد به عنوان تنظیم کننده‌های اسمزی جهت حفاظت فعالیت آنزیم‌ها و ساختمان ماکروملکول‌ها در سلول نیز مطرح شده‌اند. از مهمترین این مواد اسید آمینه پرولین و کربوهیدرات‌های احیاء کننده داخل سلول‌ها می‌باشند، که در تنظیم اسمزی نقش دارند تا پتانسیل آب در سلول کاهش یافته و آب بیشتری برای حفظ فشار تورژسانس در

شرایط تنش آب داخل سلول باقی بماند. نتایج این پژوهش نشان داد در شرایط تنش شوری میزان تولید پرولین برای ایجاد مقاومت در گیاه و شرکت در فرآیند تنظیم اسمزی افزایش می‌یابد. نتایج این پژوهش نشان داد میزان پرولین و محتوای نسبی آب در واریته سفید بیشتر از واریته شامپاین می باشد. افزایش میزان پرولین در شرایط تنش یکی از معیارهای ایجاد مقاومت در گیاه به شمار می‌رود و پرولین می‌تواند نقش حفاظتی را برای پروتئین‌ها و آنزیم‌ها در شرایط وقوع تنش داشته باشد (وندروسکولا و همکاران، ۲۰۰۷). حفظ فتوسنتز در شرایط تنش یکی از مکانیسم‌های گیاهان متحمل در برابر تنش می باشد. نتایج این پژوهش نشان داد میزان فتوسنتز در واریته سفید بیشتر از واریته شامپاین می باشد. با توجه به کاهش سطح برگ با افزایش شوری، میزان دریافت نور و در نتیجه فتوسنتز خالص و تجمع ماده خشک کاهش یافته و وزن خشک کاهش می‌یابد.

تنش از طریق تأثیر بر فرآیندهای فیزیولوژیک، مانند فتوسنتز، میزان رشد و عملکرد محصول را کاهش می‌دهد (یاماگوچی و همکاران، ۲۰۰۵). در این پژوهش با افزایش شوری میزان فتوسنتز کاهش نشان داد. کاهش میزان فتوسنتز احتمالا به دلیل کاهش میزان دی اکسید کربن داخل سلولهای محافظ باشد که در نتیجه بسته شدن روزنه‌ها به دلیل خشکی فیزیولوژیکی ایجاد شده با شوری اتفاق می‌افتد. از طرفی کاهش سطح برگ به دلیل کاهش میزان نور دریافتی نیز می‌تواند موجب کاهش فتوسنتز در گیاه گردد. همچنین نتایج نشان داد میزان هدایت روزنه ای با افزایش شوری کاهش می‌یابد. کاهش هدایت روزنه ای نیز می تواند در نتیجه بسته شدن روزنه ها باشد (سیمن و کریچلی، ۱۹۸۵).

نتیجه‌گیری کلی

تنش شوری موجب کاهش رشد، کیفیت و عملکرد لیسیانتوس می‌گردد که این کاهش بسته به واریته متفاوت می‌باشد. به طور کلی اختلاف معنی‌داری بین واریته های مختلف لیسیانتوس در پاسخ به تنش شوری مشاهده گردید که می تواند برای انتخاب واریته های متحمل به شوری استفاده گردد. نتایج نشان داد واریته سفید تا شوری ۲۰ میلی مولار کاهش معنی‌داری در ارتفاع و وزن تر و خشک نشان نداد در حالیکه واریته شامپاین دراین سطح شوری کاهش معنی‌داری داشته است. اگرچه هیچ یک از واریته‌ها در شوری ٦۰ میلی مولار کاملا خشک نگردید ولی کاهش فاکتورهای مورفولوژیکی واریته شامپاین خیلی بیشتر از واریته سفید بوده است. با توجه به نتایج به دست آمده و کاهش کمتر صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی در واریته سفید، به نظر می-رسد این واریته نسبت به واریته شامپاین مقاومت بیشتری نسبت به شوری داشته باشد و برای کشت در محیط های با شوری بالا مناسب تر از شامپاین می‌باشد، اگرچه آزمایشات بیشتر با تعداد واریته زیادتر نیاز است تا واریته متحمل تر آن شناخته شود.

فهرست منابع

1. Alshammary, S., Y. Qian, and S. Wallner. 2004. Growth response of four turfgrass species to salinity. Agr. Water. Manage. 66(2): 97-111.
2. Bates, L., R. Waldren, and I. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant. soil. 39(1): 205-207.
3. Ghoulam, C., A. Foursy, and K. Fares. 2002. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. Environ. Exp. Bot. 47(1):39-50.

4. Jamil, M., K.J. Lee, J.M. Kim, H.-S. Kim, and E.S. Rha. 2007. Salinity reduced growth PS2 photochemistry and chlorophyll content in radish. Scientia Agricola. 64: 111-118.

5. Kaya, M.D., G. Okçu, M. Atak, Y. Çıkılı, and Ö .Kolsarıcı. 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Eur. J. Agron. 24(4): 291-295.

6. Kiamohammadi, M. and D. Hashemaabadi. 2011. The effects of different floral preservative solutions on vase life of lisianthus cut flowers. J. Ornamental Hortic. Plants. 1: 115-122.

7. Lichtenthaler, H.K.1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in enzymology, (148C): 350-382.

8. López-Pérez, C.A., L.A. Valdez-Aguilar, V. Robledo-Torres, R. Mendoza-Villarreal, and A.M. Castillo-Gonzalez. 2014. El calcio imparte tolerancia a alta conductividad eléctrica en Lisianthus (*Eustoma grandiflorum* Raf. Shinn.). Revista mexicana de ciencias agrícolas. 5: 1193-1204.

9. Lutts, S., J. Kinet, and J. Bouharmont. 1996. NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. Ann. Bot-London. 78: 389-398.

10. Neocleous, D. and M. Vasilakakis. 2007. Effects of NaCl stress on red raspberry (*Rubus idaeus* L.'Autumn Bliss'). Sci. Hortic-Amsterdam. 112: 282-289.

11. Niu, G., D.S. Rodriguez, and T. Starman. 2010. Response of bedding plants to saline water irrigation. HortScience. 45: 628-636.

12. Noreen, S., M. Ashraf, and N.A. Akram. 2012. Does exogenous application of salicylic acid improve growth and some key physiological attributes in sunflower plants subjected to salt stress? J. Appl. Bot. Food Qual. 84: 9-16.

13. Parsons, L.R., B. Sheikh, R. Holden, and D.W. York. 2010. Reclaimed water as an alternative water source for crop irrigation. HortScience. 45(11): 1626-1629.

14. Pessarakli, M. 2010. Handbook of plant and crop stress. CRC Press. USA.

15. Reid, M. 2009 .The commercial storage of fruit, vegetables and florist and nursery stocks. USDA handbook. 66: 36.

16. Schroeder, J.I., E. Delhaize, W.B. Frommer, M.L. Guerinot, M.J. Harrison, L. Herrera-Estrella, T. Horie, L.V. Kochian, R. Munns, and N.K. Nishizaw. 2013 . Using membrane transporters to improve crops for sustainable food production. Nature. 497: 60-66.

17. Seemann, J.R. and C. Critchley. 1985. Effects of salt stress on the growth, ion content, stomatal behaviour and photosynthetic capacity of a salt-sensitive species, *Phaseolus vulgaris* L. Planta. 164:151-162.

18. ShahramBizhani, A. and M. Abdolmaleki. 2013. Growth and antioxidant response of Zinnia elegans under salt stress conditions. Technical Journal of Engineering and Applied Sciences. 3:1285-1292.

19. Shi, Q., Z. Bao, Z. Zhu, Q. Ying, and Q. Qian. 2006. Effects of different treatments of salicylic acid on heat tolerance, chlorophyll fluorescence, and

antioxidant enzyme activity in seedlings of *Cucumis sativa* L. Plant Growth Regul. 48(2): 127-135.

20. Valdez-Aguilar, L.A., C.M. Grieve, and J.A. Poss. 2013. Response of lisianthus to irrigation with saline water: plant growth. J. Plant. Nutr. 36(10): 1605-1614.

21. Vendruscolo, E. C.G., I. Schuster, M. Pileggi, C.A. Scapim, H.B.C. Molinari, C. J. Marur, and L.G.E. Vieira. 2007. Stress-induced synthesis of proline confers tolerance to water deficit in transgenic wheat. J. Plant. Physiol. 164(10): 1367-1376.

22. Volkmar, K., Y. Hu, and H. Steppuhn.1998. Physiological responses of plants to salinity: a review. Can. J. Plant. Sci. 78(1): 19-27.

23. Wahome, P., H. Jesch, and I. Grittner. 2000. Effect of NaCl on the vegetative growth and flower quality of roses. Angewandte Botanik. 74: 38-41.

24. Wang, F., B. Zeng, Z. Sun, and C. Zhu. 2009. Relationship between proline and $Hg2^{+}$ induced oxidative stress in a tolerant rice mutant. Arch. Environ. Con. Tox. 56(4): 723-731.

25. Yamaguchi, T. and E. Blumwald. 2005. Developing salt-tolerant crop plants: challenges and opportunities. Trends. Plant. Sci. 10(12): 615-620.