

## تأثیر تنش شوری روی برخی از ویژگی‌های کمی و کیفی ژنوتیپ‌های "برگ موجی" و "برگ صاف" آلترنانترا (*Alternanthera repens*)

### Effects of Salinity Stress on some Quantitative and Qualitative Characteristics of *Alternanthera Repens* Genotypes: "Entire Leaf" and "Undulate Leaf"

داریوش پورقاسمی<sup>۱</sup>، مهرانگیز چهارازی<sup>۲\*</sup> و عبدالحسین رضایی نژاد<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۴/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۲/۲۵

#### چکیده

این پژوهش باهدف بررسی اثرات تنش شوری روی برخی از ویژگی‌های مرفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه آلترنانترا به صورت گلخانه‌ای انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام گرفت. گیاهان به روش تقسیم بوته ازدیاد و در شرایط هیدروپونیک کشت شدند. پس از استقرار گیاهان، تیمار شوری شامل چهار سطح صفر (شاهد)، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار کلرید سدیم به مدت ۱۲ هفته بر روی دو ژنوتیپ "برگ موجی" و "برگ صاف" اعمال شد. نتایج نشان داد اثر ژنوتیپ و شوری بر تمام ویژگی‌ها معنی‌دار بود. در شوری ۹۰ میلی‌مولار در مقایسه با شاهد طول گیاه در ژنوتیپ "برگ موجی" به ۵۰ درصد و در ژنوتیپ "برگ صاف" به ۲۸ درصد رسید. با افزایش تنش شوری وزن تر و خشک شاخساره و ریشه، محتوای نسبی آب برگ نیز کاهش نشان دادند. میزان پرولین، نشت الکترولیت و آنتوسیانین با افزایش تنش شوری افزایش پیدا کردند. در تیمار شوری ۹۰ میلی‌مولار در مقایسه با شاهد در ژنوتیپ‌های "برگ موجی" و "برگ صاف" به ترتیب محتوای نسبی آب برگ ۱۸/۱۵ و ۳۱/۹۵ درصد کاهش، کلروفیل کل ۵۷/۵ و ۷۸/۵ درصد کاهش، نشت الکترولیت ۴۰۷/۵ و ۶۷۰/۴ درصد افزایش، پرولین ۳۸۵/۱ و ۲۹۷/۵ درصد افزایش و آنتوسیانین ۳۸۲/۴ و ۱۷۷/۸ درصد افزایش نشان دادند. براساس نتایج ژنوتیپ "برگ موجی" مقاوم‌تر بود و توانست تا شوری ۹۰ میلی‌مولار را تحمل کند و به بقای خود ادامه دهد، در حالی که ژنوتیپ "برگ صاف" شوری بیشتر از ۶۰ میلی‌مولار را تحمل نکرد و گیاهان تیمار شده با شوری ۹۰ میلی‌مولار در این ژنوتیپ دچار آسیب شدند.

واژه‌های کلیدی: کلرید سدیم، آنتوسیانین، پرولین، محتوای نسبی آب، کلروفیل

۱ و ۳. به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران  
۲. استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران  
\*. نویسنده مسئول  
Email: chehrazi\_m@yahoo.com

## مقدمه

آلترنانترا گیاهی پوششی از خانواده تاج خروس<sup>۱</sup> است که از سال‌ها قبل در ایران کشت می‌شود و در حاشیه‌های گل‌کاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. این گیاه در مناطق گرمسیری به صورت چند ساله و در مناطق سرد به صورت یک‌ساله کشت می‌شود (قاسمی قهساره و کافی، ۱۳۹۰).

شوری خاک یکی از عوامل محیطی است که توزیع و قابلیت تولید بسیاری از گیاهان را با محدودیت مواجه می‌کند (شرف و فولد<sup>۲</sup>، ۲۰۰۷). در شرایط تنش‌های محیطی نظیر کم آبی و شوری کاهش ماده خشک می‌تواند به دلیل کاهش سطح برگ گیاه، کاهش فشار آماس سلول و کاهش میزان فتوسنتز باشد. شوری باعث ایجاد تنش اسمزی در ریشه گیاه می‌شود. گیاهان نیاز دارند که پتانسیل آب درونی را پایین‌تر از محیط اطراف ریشه نگه دارند تا فشار و جذب آب برای رشد تداوم داشته باشد. بنابراین وقتی صدمه اسمزی به ریشه وارد می‌شود که افزایش در فشار اسمزی محلول اطراف ریشه به وجود آید و در نتیجه پتانسیل آب خارجی کاهش یابد. در این مورد اثر ناشی از تنش آب باعث می‌شود غلظت نمک محیط اطراف ریشه بیشتر از غلظت نمک درون ریشه شود و پژمردگی و نهایتاً کاهش شادابی و رشد را به دنبال دارد (مونز و جیمز<sup>۳</sup>، ۲۰۰۳).

کاهش رشد گیاه در نتیجه شوری اغلب به سه مکانیسم فیزیولوژیکی نسبت داده می‌شود که شامل کاهش فشار تورژسانس سلولی، کاهش فعالیت فتوسنتزی و اثر منفی یون‌های نمک روی مسیرهای متابولیکی می‌باشد (جمیل<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۵). در شرایط تنش شوری میزان تولید پرولین برای ایجاد مقاومت در گیاه و شرکت در فرآیند تنظیم اسمزی افزایش می‌یابد (تونا<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۰۷). محتوای نسبی آب برگ معیار مناسبی جهت بررسی وضعیت آبی گیاه است. کاهش محتوای نسبی آب می‌تواند در نتیجه کاهش دسترسی به آب در اثر افزایش پتانسیل اسمزی ناشی از وجود نمک باشد (کایا<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۰۶). تنش شوری هم‌چنین باعث کاهش قابل توجهی در وزن خشک و تر برگ، ساقه و ریشه می‌شود (هرناندز<sup>۷</sup> و همکاران، ۱۹۹۵). کایا و همکاران (۲۰۰۱ و ۲۰۰۲) با مقایسه ژنوتیپ‌های توت‌فرنگی و اسفناج دریافتند که شوری غلظت کلروفیل را کاهش می‌دهد و بیان داشتند پیری برگ در

نتیجه کاهش محتوای کلروفیل تحت تأثیر تنش شوری است. به‌طور کلی مقدار کلروفیل و کارتنوئید برگ تحت اثر شوری کاهش می‌یابد. برگ‌های پیرتر تحت تنش شوری طولانی شروع به توسعه کلروز و ریزش می‌کنند (آگاستیان<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۰۰). کاهش در محتوای کل کلروفیل و کلروفیل a با افزایش سطح شوری در گوجه‌فرنگی مشاهده شد (کندی و دفلیپیس<sup>۹</sup>، ۱۹۹۹). گیاهان تحت تنش شوری از دو عامل تنش اسمزی و اثرات اختصاصی یون‌ها تأثیر می‌پذیرند. بنابراین تنش شوری از طریق القای اسمزی می‌تواند موجب القای تجمع آنتوسیانین‌ها گردد. همان‌گونه که تجمع آنتوسیانین‌ها در ریشه‌های ذرت تحت تأثیر شوری توسط سایرین گزارش شده است (کالیماراتی و راوو<sup>۱۰</sup>، ۱۹۹۴).

به دلیل افزایش روزافزون خسارت‌های ناشی از تنش‌ها به‌ویژه تنش شوری به محصولات کشاورزی لزوم شناخت پاسخ‌های فیزیولوژیک در شرایط تنش شوری آشکار می‌شود. لذا در صورت درک بهتر پارامترهای تأثیرگذار بر افزایش عملکرد محصول می‌توان نسبت به شناسایی و غربال کردن ژنوتیپ‌های متحمل و حساس اقدام نمود. هدف از اجرای این آزمایش بررسی میزان تحمل گیاه آلترنانترا به شوری و مقایسه دو ژنوتیپ از این گیاه از نظر ویژگی‌های فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مرفولوژیکی بود.

## مواد و روش‌ها

## کاشت گیاه آلترنانترا

این پژوهش بر روی دو ژنوتیپ "برگ موجی" و "برگ صاف" گیاه آلترنانترا در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز در سال ۱۳۹۲ انجام شد. ابتدا گیاهان از طریق تقسیم بوته تکثیر گردیدند و سپس در گلدان‌های با قطر ۲۵ سانتی‌متر درون ماسه کاشته شدند. سپس گیاهان روزانه به میزان ۲۰۰ میلی‌لیتر با محلول غذایی هوگلند (هوگلند و آرنون<sup>۱۱</sup>، ۱۹۵۰) تغذیه شدند.

## اعمال تیمارهای شوری

ابتدا میزان لازم نمک خالص از کلرید سدیم<sup>۱۲</sup> برای هر تیمار با غلظت‌های صفر (شاهد)، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار تهیه شد و با محلول هوگلند برای اعمال تیمارهای شوری ترکیب گردید.

1. Amaranthaceae
2. Ashraf and foold
3. Munns and Jams
4. Jamil
5. Tuna
6. Kaya
7. Hernandes

8. Agastian
9. Kennedy and Defillippis
10. Kalimaooorthy and Rao
11. Hoagland and Arnon
12. NaCl

### نشت الکتروولیت<sup>۵</sup>

نشت الکتروولیت با استفاده از روش راپپو<sup>۶</sup> و همکاران (1998) اندازه‌گیری شد. برای این منظور قطعات برگ را به اندازه ۱-۲ سانتی‌متر (وزن تازه بافت برگ ۰/۵ گرم) جدا کرده و در فالكون‌های حاوی ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر قرار داده شدند. پس از ۳۰ ثانیه ورتکس نمونه‌ها، EC<sub>0</sub> هر نمونه اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگه داری و سپس EC<sub>1</sub> اندازه‌گیری گردید. پس از آن نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در اتوکلاو با دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و بعد از خنک شدن در دمای اتاق EC<sub>2</sub> اندازه‌گیری گردید. نشت الکتروولیت از رابطه زیر به دست آمد.

$$\text{درصد نشت الکتروولیت} = \text{EL}(\%) = (\text{EC}_1/\text{EC}_2) \times 100$$

### سنجش میزان کلروفیل

میزان کلروفیل در برگ براساس روش پیشنهادی لیختن تالر<sup>۷</sup> (۱۹۸۷) با استفاده از استون ۸۰ درصد جهت استخراج کلروفیل و اندازه‌گیری جذب در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفوتومتر انجام شد. ۰/۱ گرم نمونه برگ را وزن کرده و در فالكون قرار داده سپس ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به آن اضافه گردید. پس از بستن در ظرف با پارافیلیم و پوشانیدن ظرف با ورقه آلومینیومی، نمونه در محل تاریک و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا کلروفیل برگ خارج شد و بافت برگ سفید گردید. البته در فواصل زمانی مختلف تکان دادن ظرف حاوی نمونه انجام گرفت. قرائت در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر صورت گرفت. میزان کلروفیل با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید.

$$\text{Chl a (mg/g)} = [12.7(A_{663}) - 2.69(A_{645})] \times (V/1000 \times W)$$

$$\text{Chl b (mg/g)} = [22.9(A_{645}) - 4.68(A_{663})] \times (V/1000 \times W)$$

$$\text{Total Chl (mg/g)} = \text{Chl a} + \text{Chl b}$$

W: وزن نمونه، V: حجم استون، A: میزان جذب

### سنجش مقدار پرولین

اندازه‌گیری پرولین مطابق روش بیتس<sup>۸</sup> و همکاران (1973) انجام گرفت. جذب در طول موج ۵۳۲ نانومتر خوانده شد و با استفاده از منحنی استاندارد پرولین، مقدار این ماده محاسبه و بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر اعلام شد.

هدایت الکتریکی<sup>۱</sup> محلول‌ها به ترتیب ۱/۷۸، ۴/۸۰، ۷/۸۵ و ۱۰/۷۰ دسی زیمنس بر متر بود.

بعد از استقرار گیاهان که به مدت یک ماه طول کشید، تیمارها اعمال شد. هر هفته یک‌بار گلدان‌ها با یک لیتر آب مقطر شستشو شدند که این کار به خاطر عدم تجمع نمک در گلدان‌ها بود. اعمال تیمارها به مدت ۱۲ هفته ادامه داشت و در پایان این مدت برخی ویژگی‌های مرفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی اندازه‌گیری شد.

ویژگی‌های مرفولوژیکی اندازه‌گیری شده شامل طول گیاه، قطرگیاه و سطح برگ بود. طول گیاه به وسیله خط‌کش، قطر گیاه با کولیس دیجیتالی از میان‌گره دوم گرفته شد و سطح برگ با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ<sup>۲</sup> اندازه‌گیری شد.

### وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و ریشه

نظر به این که گیاه پوششی می‌باشد با استفاده از کادر ۱۰×۱۰ سانتی‌متری از هر گلدان به عنوان نمونه در نظر گرفته شد و جهت اندازه‌گیری وزن تر و خشک، قسمت هوایی به همراه ریشه جدا شد و بلافاصله وزن تر اندازه‌گیری گردید و در آن با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد و وزن خشک نیز اندازه‌گیری شد.

### محتوای نسبی آب برگ<sup>۳</sup>

محتوای نسبی آب برگ طبق روش ریچی و هنسون (ریچی و هانسون<sup>۴</sup>، 1990) اندازه‌گیری شد. برای این منظور برگ‌های جوان توسعه یافته در اوایل صبح نمونه‌برداری و وزن تر (FW) اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها در آب مقطر قرار گرفته و پس از ۲۴ ساعت وزن اشباع (SW) برگ‌ها اندازه‌گیری و برگ‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آن با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در قرار گرفته و وزن خشک (DW) هر کدام اندازه‌گیری شد. با قرار دادن اعداد حاصل از توزین با ترازوی دیجیتالی در فرمول زیر میزان محتوای نسبی آب برگ به دست آمد.

$$\%RWC = [(Fw - Dw) / (Sw - Dw)] \times 100$$

5. Electrolyte leakage (EL)

6. Ryyppo

7. Lichtenthaler

8. Bates

1. Electrical conductivity (EC)

2. Delta-T scan, Delta-T Devices Ltd, England

3. Relative water content (RWC)

4. Ritchie and Hanson

## سنجش مقدار آنتوسیانین

سنجش آنتوسیانین بر طبق روش واگنر<sup>۱</sup> (1970) انجام گردید. دیسک‌های برگ‌ی تهیه شده از گیاه را در هاون چینی با مقداری متانول اسیدی (متانول خالص و اسیدکلریدریک خالص به نسبت حجمی ۹۹:۱) کاملاً سائیده و عصاره در لوله‌های آزمایش سرپیچ دار ریخته شد و به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس به مدت ده دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ و جذب رو شناور در طول موج ۵۵۰ نانومتر اندازه‌گیری گردید. برای محاسبه غلظت ضریب خاموشی ۳۳۰۰۰ سانتی‌متر بر مول در نظر گرفته شد. میزان آنتوسیانین با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$A = \epsilon b c$$

$\epsilon$ : ۳۳۰۰۰ cm/mol، A: جذب خوانده شده، b: عرض کووت، C: غلظت محلول مورد نظر

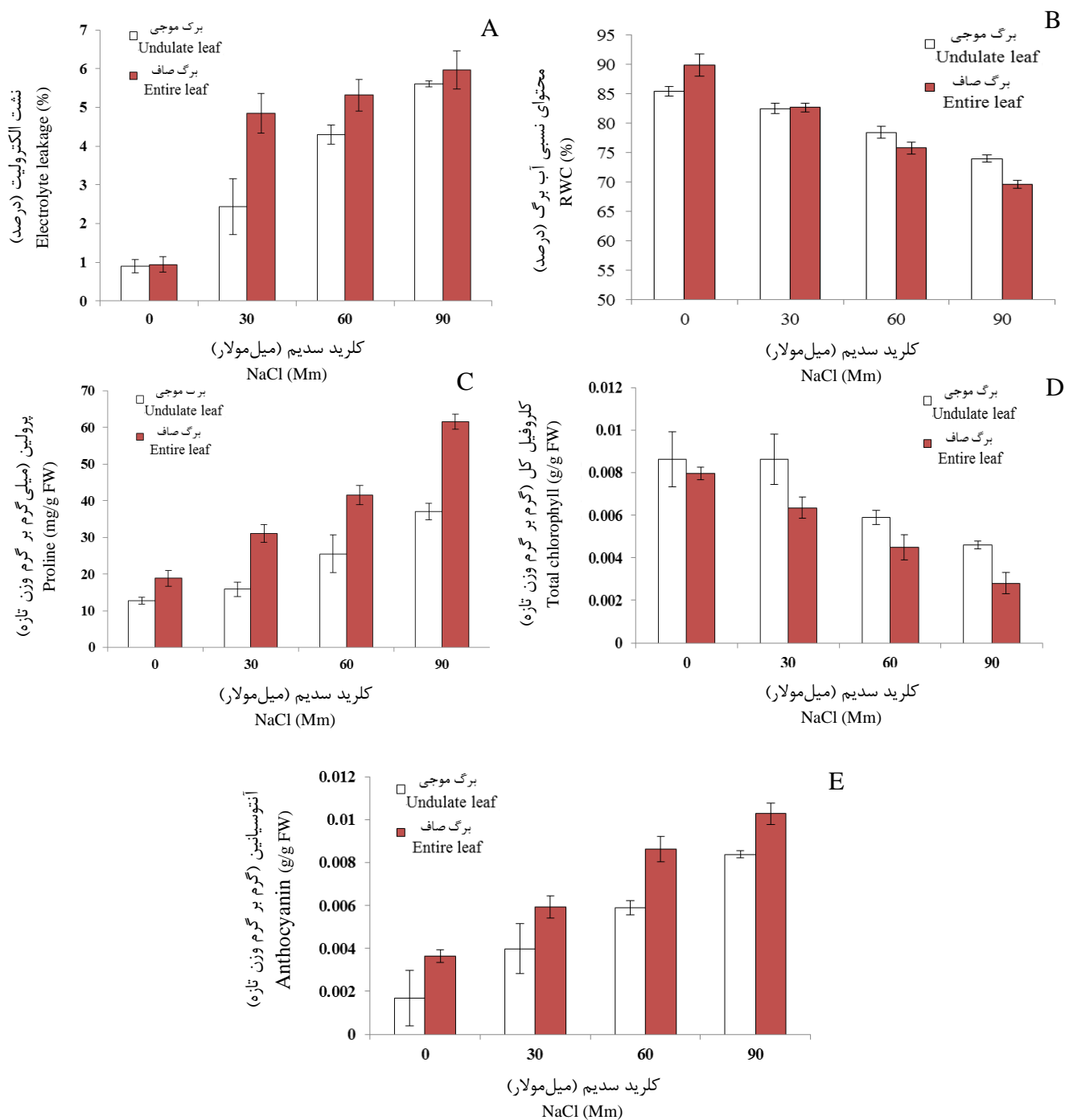
## تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با چهار تکرار انجام شد. فاکتور اول شامل ژنوتیپ در دو سطح ("برگ موجی" و "برگ صاف") و فاکتور دوم شامل شوری (۰، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) در چهار سطح بود. برای تجزیه آماری از نرم‌افزارهای SAS، MSTAT-C و EXCEL استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۰/۰۵ انجام گردید.

## نتایج

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که ویژگی‌های اندازه‌گیری شده به‌طور بسیار معنی‌داری ( $P < 0.01$ ) تحت تأثیر شوری قرار گرفتند. اثر شوری بر ژنوتیپ معنی‌دار شد و این اثر بیانگر این است که ژنوتیپ‌های مورد استفاده تحت تأثیر شوری واکنش متفاوتی از خود نشان دادند. نتایج مقایسه میانگین (جدول ۲) نشان داد که اندازه گیاه (طول و قطر گیاه)، سطح برگ، وزن تر هوایی و ریشه، وزن خشک هوایی و ریشه با افزایش میزان شوری کاهش یافتند که بیش‌ترین کاهش در غلظت ۹۰ میلی‌مولار شوری بود. طول گیاه در ژنوتیپ "برگ موجی" از ۴۷/۵۰ به ۲۳/۷۵ سانتی‌متر (۱۰۰٪ به ۵۰٪) و در ژنوتیپ "برگ صاف" از ۴۰/۵۰ به ۱۱/۵۰ سانتی‌متر (۱۰۰٪ به ۲۸٪) رسید. با افزایش شوری محتوای نسبی آب برگ و محتوای کلروفیل، کاهش یافتند که بیش‌ترین کاهش مربوط به تیمار ۹۰ میلی‌مولار شوری بود. ژنوتیپ "برگ صاف" کاهش بیشتری را نشان داد به‌صورتی‌که

محتوای نسبی آب برگ آن به زیر ۷۰ درصد رسید درحالی‌که ژنوتیپ "برگ موجی" در شوری بالا مقاوم‌تر بود. با افزایش غلظت نمک میزان پرولین، آنتوسیانین و نشت الکترولیت افزایش یافت که بیش‌ترین میزان اندازه‌گیری شده مربوط به بالاترین غلظت نمک یعنی ۹۰ میلی‌مولار بود که ژنوتیپ "برگ صاف" افزایش بیشتری در این ویژگی‌ها از خود نشان داد. در تیمار شوری ۹۰ میلی‌مولار در ژنوتیپ‌های "برگ موجی" و "برگ صاف" به ترتیب محتوای نسبی آب برگ از ۸۵/۴ به ۷۳/۹ درصد و از ۸۹ به ۶۹/۶ درصد (معادل ۱۸/۱۵٪ و ۳۱/۹۵٪) کاهش نشان داد (شکل ۱A). نشت الکترولیت از ۰/۹ به ۵/۶ و از ۰/۹۴ به ۶ درصد (معادل ۴۰۷/۵۳٪ و ۶۷۰/۴٪) افزایش نشان داد (شکل ۱B). کلروفیل کل از ۰/۰۰۹ به ۰/۰۰۵ و از ۰/۰۰۸ به ۰/۰۰۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر (معادل ۵۷/۵٪ و ۷۸/۵٪) کاهش نشان داد (شکل ۱C). پرولین از ۱۲/۷ به ۳۷/۱ و از ۱۸/۸ به ۶۱/۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر (معادل ۳۸۵/۱٪ و ۲۹۷/۴۶٪) افزایش نشان داد (شکل ۱D). آنتوسیانین از ۰/۰۰۰۱۶۹ به ۰/۰۰۰۸۳۸ و از ۰/۰۰۰۳۶۶ به ۰/۰۰۰۰۱ میلی‌مول بر گرم (معادل ۳۸۲/۳۹٪ و ۱۷۷/۸۱٪) (شکل ۱E) نسبت به شاهد افزایش نشان داد.



شکل ۱: مقایسه میانگین‌های اثر ژنوتیپ و شوری بر محتوای نسبی آب برگ (A)، نشت یونی (B)، پرولین (C)، کلروفیل کل (D) و آنتوسیانین (E) در گیاه آلترناترا

Fig. 1: Mean comparisons of the effects of genotype and salinity on relative water content (A), electrolyte leakage (B), chlorophyll content (C), proline content (D) and anthocyanin (E) in *Alternanthera* plant

جدول ۱: تجزیه واریانس اثر شوری روی ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی دو ژنوتیپ آلترنانترا

Table 1: Analysis of variance of the effect of salinity on morphological, physiological and biochemical characteristics of two *Alternanthera* genotypes

وزن خشک شاخساره Shoot dry weight	وزن تر شاخساره Shoot fresh weight	سطح برگ Leaf area	قطر ساقه Stem diameter	طول گیاه Plant height	درجه آزادی df	منابع تغییرات Sources of variations
573**	12369**	0.032 <sup>ns</sup>	0.008 <sup>ns</sup>	3.864 <sup>ns</sup>	3	بلوک Block
36450**	57111**	20.839**	0.018 <sup>ns</sup>	1092.871**	1	ژنوتیپ Genotype
9650**	20597**	14.234**	5.355**	1097.114**	3	شوری Salinity
2183**	2872.1**	0.739**	0.888**	32.531**	3	اثر متقابل ژنوتیپ و شوری Genotype × Salinity
0.166	16.162	0.012	0.018	1.459	21	خطا Error
2.20	1.51	3.87	4.75	3.95		ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

\*\*\*، \* و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱، ۰/۰۵ و عدم معنی‌دار

\*\*\*, \* and ns: Significant at 0.01, 0.05 and not significant, respectively

ادامه جدول ۱: تجزیه واریانس اثر شوری روی ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی دو ژنوتیپ آلترنانترا

Table 1 Continued: Analysis of variance of the effect of salinity on morphological, physiological and biochemical characteristics of two *Alternanthera* genotypes

پروترین Proline	نشت یونی Electrolyte leakage	محتوای نسبی آب RWC	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	درجه آزادی df	منابع تغییرات Source of variations
44.3030**	6.8435*	22.67**	24.2096*	325.198**	3	بلوک Block
2063.100**	29.4950**	30.08**	2146.93*	31312.531**	1	ژنوتیپ Genotype
1144.67**	74.8831**	702.71**	1123.80*	32001.198**	3	شوری Salinity
111.413**	4.4711 <sup>ns</sup>	67.30**	94.281**	569.531**	3	اثر متقابل ژنوتیپ و شوری Genotype × Salinity
7.523032	1.663552	1.719824	0.093706	0.2932	21	خطا Error
10.75	23.53	1.73	2.86	3.21		ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

\*\*\*، \* و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱، ۰/۰۵ و عدم معنی‌دار

\*\*\*, \* and ns: Significant at 0.01, 0.05 and not significant, respectively

ادامه جدول ۱: تجزیه واریانس اثر شوری روی ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی دو ژنوتیپ آلترنانترا

Table 1 Continued: Analysis of variance of the effect of salinity on morphological, physiological and biochemical characteristics of two *Alternanthera* genotypes

آنتوسیانین Anthocyanin	کلروفیل کل Total chlorophyll	درجه آزادی df	منابع تغییرات Sources of variations
4.96 e-13**	0.000004 <sup>ns</sup>	3	بلوک Block
3.70e-11**	0.00003**	1	ژنوتیپ Genotype
6.66e-11**	0.00005*	3	شوری Salinity
3.54e-13**	0.000001 <sup>ns</sup>	3	اثر متقابل ژنوتیپ و شوری Genotype × Salinity
3.60e-15	0.00000233	21	خطا Error
1.39	27.541		ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

\*\*\*، \* و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱، ۰/۰۵ و عدم معنی‌دار

\*\*\*, \* and ns: Significant at 0.01, 0.05 and not significant, respectively

جدول ۲: مقایسه میانگین های اثر متقابل ژنوتیپ و شوری روی برخی ویژگی های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه آلترانترا

Table 2: Mean comparisons of the effects of genotype and salinity on some morphological and physiological characteristics of *Alternanthera* plant

ژنوتیپ	شوری (میلی مولار کلرید سدیم)	طول گیاه (سانتی متر)	قطر ساقه (میلی متر)	سطح برگ (سانتی متر مربع)	وزن تر شاخساره (گرم)	وزن خشک شاخساره (گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)
Genotype	Salinity (mM NaCl)	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Leaf area (cm <sup>2</sup> )	Shoot fresh weight (g)	Shoot dry weight (g)	Root fresh weight (g)	Root dry weight (g)
	0	47.50a	3.60b	3.15c	745.50a	171.25a	222.50a	55.37a
برگ موجی	30	41.25b	3.36c	2.58d	611.50b	161.25b	202.50b	52.66b
Undulate leaf	60	33.00c	3.05d	1.71e	513.50d	141.25c	162.50d	50.38c
	90	23.75e	2.35f	0.72f	410.50e	131.25d	92.50f	36.25f
	0	40.50b	4.54a	5.41a	521.25c	141.25c	182.00c	45.40d
برگ صاف	30	30.50d	3.15d	4.48b	365.00f	111.25e	142.50e	40.40e
Entire leaf	60	16.25f	2.60e	3.15c	212.00g	51.25f	82.25g	32.42g
	90	11.50g	1.88g	1.58e	114.00h	31.25g	23.00h	10.89h

اعداد دارای حروف مشترک، در سطح پنج درصد معنی دار نیستند

Data with similar letters are not significant at 5% level

## بحث

۱A) نشان داد که در شوری بالا میزان محتوای نسبی آب برگ به زیر ۷۰ درصد رسید و برگ های آن شروع به نکرز شدن و ریزش کرد. پایین بودن بودن پتانسیل آب در ریشه باعث می شود سیگنال هایی از جمله اسید آبسازیک از ریشه به شاخه فرستاده شود (سیبولت<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۰۳). کاهش محتوای نسبی آب برگ تحت شرایط تنش شوری، در نتیجه محدودیت دسترسی به آب جهت فرایند توسعه سلولی بوده و نشانگر کاهش تورژانس سلولی می باشد (یاماساکی و دایلین برگ<sup>۷</sup>، ۱۹۹۹). خیلی از پروسه های مهم فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی از قبیل توسعه برگ، باز شدن روزنه ها و فتوسنتز برگ را به طور مستقیم به وسیله کاهش پتانسیل آماس برگ (که توأم با کمبود آب در برگ است) تحت تأثیر قرار می دهد (جونز و ترنر<sup>۸</sup>، ۱۹۷۳). گیاهان در شرایط تنش ممکن است با دو محدودیت مواجه شوند: محدودیت روزنه ای و غیر روزنه ای. تا زمانی که میزان محتوای نسبی آب برگ بین ۷۰ تا ۱۰۰ درصد باشد محدودیت روزنه ای داریم، یعنی گیاه در برابر تنش روزنه های خود را می بندد بنابراین از ورود دی اکسید کربن به داخل برگ جلوگیری می شود و در نتیجه میزان فتوسنتز کاهش پیدا می کند و در نهایت رشد گیاه کم می شود. اما اگر محتوای نسبی آب برگ به زیر ۷۰ درصد گیاه وارد محدودیت غیر روزنه ای می شود که باعث آسیب به دستگاه فتوسنتزی می شود. در این شرایط نور رسیده به گیاه مازاد می باشد که می تواند باعث آسیب به فتوسینتیم ۲ و در انتقال الکترون در آن اختلال ایجاد کرده و باعث تولید گونه های اکسیژن فعال<sup>۹</sup> شده و در نهایت باعث نکرز و ریزش برگ ها می شود و این نوع

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که شوری روی ویژگی های مورفولوژیکی گیاه اثر منفی دارد. به نظر می رسد زمانی که گیاه در شرایط غلظت بالای نمک قرار می گیرد، فشار اسمزی محلول خاک بالا می رود یا به عبارت دیگر پتانسیل آب خاک منفی تر می شود، بنابراین میزان جذب آب توسط ریشه کاهش می یابد، کاهش جذب آب در نهایت کاهش رشد گیاه را در پی خواهد داشت. کاهش در ارتفاع گیاه می تواند به تغییر در روابط آبی گیاه تحت تأثیر شوری نسبت داده شود که سبب کاهش فعالیت مریستمی و نیز طویل شدن سلولی می شود (دورقلم<sup>۱</sup>، ۱۹۹۱). تنش شوری باعث کاهش پتانسیل آب و از بین بردن تعادل یونی یا از بین رفتن هموستازی و سمیت یون می شود (هاگرمن و اردمان<sup>۲</sup>، ۱۹۹۷). از آنجا که تنش شوری عامل تنش اسمزی و یونی است توقف رشد ارتباط مستقیمی با غلظت نمک های محلول و پتانسیل اسمزی خاک دارد (گرین وی و مونز<sup>۳</sup>، ۱۹۸۰). کاهش طول ریشه در گیاه مریم گلی تحت تنش شوری گزارش شده است (جامپیتون و بریکس<sup>۴</sup>، ۲۰۰۹). در این مطالعه وزن تر و خشک قسمت هوایی و ریشه کاهش یافت. در آزمایش بر روی گیاهچه های آنغوزه طبس<sup>۵</sup> به منظور بررسی تأثیر تنش شوری تحت شرایط هیدروپونیک مشخص شد که با افزایش شدت شوری، طول ساقه و ریشه، وزن خشک و تر ریشه و ساقه کاهش یافت (شیری و همکاران، ۱۳۸۸). همچنین در پژوهش حاضر با افزایش شوری به دلیل کاهش جذب آب محتوای نسبی آب برگ کم شد که در ژنوتیپ "برگ صاف" کاهش بیشتری دیده شد. مقایسه میانگین ها (شکل

6. Sibolet  
7. Yamasaki and Dillenburg  
8. Jones and Turner  
9. Reactive oxygen species

1. Dorgham  
2. Hagemann and Erdmann  
3. Greenway and Munns  
4. Jampeetong and Brix  
5. *Ferula assafoetida*

می‌دهد. بنابراین سایر تغییرات متابولیک گیاه نظیر افزایش اسید آمینه پرولین، به‌عنوان پاسخی موقت تحت شرایط تنش شوری مطرح می‌باشند. می‌توان نتیجه‌گیری نمود که گیاه آلترناترا به‌طور نسبی به شوری مقاوم است. ژنوتیپ "برگ موجی" مقاوم تر و شیب تغییرات در آن کمتر از ژنوتیپ "برگ صاف" بود. ژنوتیپ "برگ موجی" تا شوری ۹۰ میلی‌مولار توانست به بقای خود ادامه داد در حالی که ژنوتیپ "برگ صاف" تا شوری ۶۰ میلی‌مولار را بیشتر تحمل نکرد و در شوری بالاتر دچار آسیب شد.

### سپاس‌گزاری

بدین‌وسیله از اساتید و پرسنل محترم آزمایشگاه‌های گروه علوم باغبانی دانشگاه شهید چمران اهواز و اساتید محترم دانشگاه لرستان جهت مساعدت‌های بی‌دریغ‌شان کمال تشکر و قدردانی را داریم.

محدودیت غیرقابل برگشت است (لاور<sup>۱</sup>، ۲۰۰۲). با افزایش شوری نشت الکترولیت هم افزایش پیدا کرد. حفظ و سالم ماندن غشای سلولی تحت شرایط تنش تعیین‌کننده اصلی مقاومت در گیاهان است (کومار و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۰۵). این نتایج با نتایج کایا و کیماک<sup>۳</sup> (۲۰۰۱) و تونا و همکاران (۲۰۰۷) به‌ترتیب در مورد توت فرنگی و گوجه فرنگی مطابقت داشت. در مطالعه حاضر با افزایش شوری میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل کاهش یافت. کاهش در غلظت کلروفیل احتمالاً به سبب اثر مهارکنندگی تجمع یون‌های نمکی مختلف در بیوسنتز بخش‌های مختلف کلروفیل باشد. کلروپلاست در استحکام پیوندهای غشایی خود وابسته به استحکام غشاء است که تحت وضعیت شوری بالا به ندرت سالم باقی می‌ماند و سبب کاهش در کلروفیل می‌شود (علی<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۴). احمد<sup>۵</sup> و همکاران (۱۹۷۸) نتایج مشابه را در آفتاب‌گردان و کتان بدست آوردند. کاهش کلروفیل دلایل مختلفی دارد که یکی از آنها در ارتباط با زوال غشاء است (شرف و باتی<sup>۶</sup>، ۲۰۰۲). با افزایش تنش شوری میزان پرولین و آنتوسیانین افزایش نشان داد که در ژنوتیپ "برگ صاف" بیشتر بود. پیش‌ساز ساخت کلروفیل در گیاه گلوتامات است در زمانی که گیاه تحت تنش شوری باشد گلوتامات به جای وارد شدن در مسیر بیوسنتز کلروفیل وارد مسیر ساخت پرولین می‌شود و بیوسنتز کلروفیل را با محدودیت مواجه می‌کند (کایا و کیماک، ۲۰۰۱). در پژوهش حاضر با افزایش شوری میزان آنتوسیانین گیاه افزایش یافت که این افزایش در ژنوتیپ "برگ صاف" بیشتر بود که به نظر می‌رسد به‌دلیل حساسیت بیشتر آن به شوری میزان مواد آنتی‌اکسیدان از جمله آنتوسیانین برای حفظ بقای گیاه در شرایط تنش افزایش یافته است. تنش شوری از طریق القای اسمزی می‌تواند موجب القای تجمع آنتوسیانین‌ها گردد. تجمع آنتوسیانین‌ها تحت تنش شوری در عشقه نیز گزارش شده است (موری<sup>۷</sup>، ۱۹۹۴).

### نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تنش شوری اثرات مخرب خود را از طریق کاهش مقدار رنگدانه‌های گیاهی، طول، قطر، وزن تر، وزن خشک و افزایش نشت الکترولیت بروز

1. Lawlor
2. Kumar
3. Kaya and Kimak
4. Ali
5. Ahmed
6. Ashraf and Bhatti
7. Murray



- شیری، م.، صفرنژاد، ع. و حمیدی، ح. ۱۳۸۸. بررسی خصوصیات مرفولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه آنغوزه (*Ferula assafoetida*) در برابر تنش شوری. دوفصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، ۱۷ (۱): ۳۸-۴۹.
- قاسمی قهساره، م. و کافی، م. ۱۳۹۰. گل کاری علمی و عملی. جلد اول. انتشارات مؤلف. اصفهان. ۳۱۰ صفحه.
- Agastian, P., Kingsley, S. J. and Vivekanandan, M. 2000. Effect of salinity on photosynthesis and biochemical characteristics in mulberry genotypes. *Photosynthetica*, 38 (2): 287-290.
- Ahmed, A. M., Heikal, M. M. and Shaddad, M. A. 1978. Photosynthetic activity, pigment content and growth of *Helianthus annuus* and *Linum usitatissimum* plant as influenced by salinization treatment. *Bulletin of the Faculty of Science. Assiut University*, 7: 48-56.
- Ali, Y., Aslam, Z., Ashraf, M. Y. and Tahir G. R. 2004. Effect of salinity on chlorophyll concentration, leaf area, yield and yield components of rice genotypes grown under saline environment. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 1 (3): 221-225.
- Ashraf, M. and Foolad, M. R. 2007. Roles of glycinebetaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*, 59: 206-216.
- Ashraf, M. Y. and Bhatti, A. S. 2000. Effect of salinity on growth and chlorophyll content of Rice. *Pakistan Journal of Sciences Research*, 43 (2): 130-131.
- Bates, L. S., Waldren, R. P. and Teare, I. D. 1973. Rapid determination of proline for water stress studies. *Plant Soil*, 39: 205-207.
- Dorgham, E. A. 1991. Effect of water tress, irradiation and nitrogen fertilization on grain filling, yield and quality of certain wheat cultivars. PhD Thesis, Ain Shams University of Cairo, Egypt. 1-136.
- Greenway, H. and Munns, R. 1980. Mechanism of salt tolerance in nonhalophytes. *Annual Review of Plant Physiology*, 31: 149-190.
- Hagemann, M. and Erdmann, N. 1997. Environmental stresses. In: Rai, A. K. (Ed), *Cyanobacterial Nitrogen Metabolism and Environmental Biotechnology*. Springer, Heidelberg Narosa Publishing House, New Delhi, India, 156-221.
- Hernandes, J. A., Olmos, E., Corpas, F. J., Sevilla, F. and Del Rio, L.A. 1995. Salt- induced oxidative stress in chloroplasts of pea plants. *Plant Science*, 105: 151-167.
- Hoagland, D. R. and Arnon, D. I. 1950. The water-culture method for growing plants without soil. *Circular. California Agricultural Experiment Station*, 347.
- Jamil, M., Lee, D. B., Jung, K. Y., Ashraf, M., Lee, S. C. and Rha, E. S. 2006. Effect of salt (NaCl) stress on germination and early seedling growth of four vegetables species. *Journal of Central European Agriculture*, 7 (2): 273-282.
- Jampeetong, A. and Brix, H. 2009. Effect of NaCl salinity on growth, morphology, photosynthesis and proline accumulation of *Salvia natans*. *Aquatic Botany*, 91: 181-186.
- Jones, M. M. and Turner. N. C. 1978. Osmotic adjustment in leaves of Sorghum in response to water deficits. *Plant Physiology*, 61: 122-126.
- Kaliamoorthy, S. and Rao, A. S. 1994. Effect of salinity on anthocyanin accumulation in the root of maize. *Indian Journal of Plant Physiology*, 37: 169-170.
- Kaya, C., Higgs, D. and Kirnak, H. 2001. The effects of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, 27 (3-4): 47-59.
- Kaya, C., Kirank, H., Higgs, D. and Saltali, K. 2002. Supplementary calcium enhances plant growth and fruit yield in strawberry cultivars grown at high (NaCl) salinity. *Scientia Horticulturae*, 93: 65-74.
- Kaya, M. D., Okçu, G., Atak, M., Çikılı, Y. and Kolsarıcı, Ö. 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *European Journal of Agronomy*, 24 (4): 291-295.
- Kennedy, B. F. and De Fillippis, L. F. 1999. Physiological and oxidative response to NaCl of the salt tolerant *Grevillea ilicifolia* and the salt sensitive *Grevillea arenaria*. *Journal of plant physiology*, 155: 746-754.
- Kumar, R., Goyal, V. and Kuhad, M. S. 2005. Influence of fertility- salinity interactions on growth, water status and yield of Indian mustard (*Brassica juncea*). *Indian Journal of Plant Physiology*, 10: 139-144.
- Lichtenthaler, H. K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic bio-membranes. In: *Methods in Enzymol.* (eds. Colowick, S. P. and Kaplan, N. O.). Academic press. New York, 48: 350-382.
- Munns, R. and Jams, R. A. 2003. Screening method for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. *Plant Soil*, 253: 201-218.
- Murray, Y. 1994. Ca<sup>2+</sup> regulation of outward rectifying K<sup>+</sup> channel in the plasma membrane of tobacco cultured cells in suspension: a role of the K<sup>+</sup> channel in mitigation of salt-stress effects by external Ca<sup>+</sup>. *Plant Cell Physiology*, 39: 1039-1044.
- Ritchie, S. W. and Hanson, A. D. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science*, 30: 105-111.
- Ryyppo, A., Repo, T. and Vapaavuori, E. 1998. Development of freezing tolerance in roots and shoots of Scots pine seedlings at non-freezing temperatures. *Canadian Journal of Forest Research*, 28: 557-565.

- Sibol, J. V., Cabot, C., Poschenrieder, C. and Barcelo, J. 2003. Efficient leaf ion partitioning, an overriding condition for abscisic acid-controlled stomatal and leaf growth responses to NaCl salinization in two legumes. *Journal of Experimental Botany*, 54 (390): 2111-2119.
- Lawlor, D. W. 2002. Limitation to photosynthesis in water-stressed leaves: Stomata versus metabolism and the role of ATP. *Annals of Botany*, 89: 871-885.
- Tuna, A. L., Kaya, C., Ashraf, M., Altunlu, H., Yokas, I. and Yagmur, B. 2007. The effects of calcium sulphate on growth, membrane stability and nutrient uptake of tomato plants grown under salt stress. *Environmental and Experimental Botany*, 59: 173-178.
- Vendruscolo, E. C. G., Schuster, I., Pilegg, M., Scapim, C. A., Molinari, H. B. C., Marur, C. J. and Vieira, L. G. E. 2007. Stress-induced synthesis of proline confers tolerance to water deficit in transgenic wheat. *Journal of Plant Physiology*, 164 (10): 1367-1376.
- Wagner, G. J. 1979. Content and vacuole/extra vacuole distribution of neutral sugars, free amino acids and anthocyanin in protoplasts. *Plant Physiology*, 64: 88-93.
- Yamasaki, S. and Dillenburg, L. C. 1999. Measurements of leaf relative water content in *Araucaria angustifolia*. *Revista Brasilia de Fisiologia Vegetal*, 11: 69-75.

## Effects of Salinity Stress on some Quantitative and Qualitative Characteristics of *Alternanthera repens* Genotypes: "Entire Leaf" and "Undulate Leaf"

Pourghasemi<sup>1</sup>, D., Chehrazi<sup>2\*</sup>, M. and Rezaei Nejad<sup>3</sup>, A.

### Abstract

In order to study the effect of salinity on some morphological, physiological and biochemical characteristics of *Alternanthera repens*, this project was carried out as a factorial experiment based on a randomized complete block design with four replications in a greenhouse. Two *Alternanthera* genotypes, "Undulate leaf" and "Entire leaf" were propagated through plant division, and grown hydroponically. After establishment of the plants, they were treated with 0 (control), 30, 60 and 90mM NaCl for 12 weeks. Results showed that effects of genotype and salinity were significant on all measured traits. Compared to the controls, plants height were reduced in plants grown under 90mM NaCl to 50 and 28 percent, in "Undulate leaf" and "Entire leaf", respectively. As salinity level increased, shoot fresh and dry weight and relative water content (RWC) decreased. Further, as salinity level increased, proline content, electrolyte leakage (EL) and anthocyanin content increased. Compared to the controls, plants grown under 90 mM NaCl showed 18.15 and 31.95 percent less RWC, 57.5 and 78.5 percent less chlorophyll, 407.5 and 670.4 percent more EL, and 382.4 and 177.8 more anthocyanin, in "Undulate leaf" and "Entire leaf", respectively. According to the results, "Undulate leaf" was more resistant to salinity compared to "Entire leaf". At 90 mM NaCl salinity, "Undulate leaf" could survive, while, "Entire leaf" was completely injured.

**Keywords:** NaCl, Anthocyanin, Proline, Relative water content, Chlorophyll

---

1 and 3. MSc Student and Associate Professor, Respectively, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khoramabad, Iran

2. Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

\*: Corresponding author      Email: chehrazi\_m@yahoo.com