

ارزیابی برخی خصوصیات فتوسنتزی دو رقم ارزن علوفه‌ای در شرایط تنش شوری

حسین نوروزی، حبیب اله روشنفکر*، پیمان حسینی و موسی مسگرباشی

گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۸/۰۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۳/۰۱).

چکیده:

در این آزمایش اثر سطوح مختلف شوری آب آبیاری (صفر، ۵۰، ۱۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) بر عملکرد و برخی خصوصیات فتوسنتزی دو رقم ارزن علوفه‌ای (نوتریفید و باستان) بررسی گردید. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور در سه تکرار به صورت گلدانی طی سال زراعی ۱۳۹۰-۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی شماره ۲ گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شد. نتایج نشان داد که با افزایش شوری عملکرد ماده خشک، محتوای نسبی آب برگ، هدایت روزنه‌ای و غلظت کلروفیل کاهش یافتند. در حالی که صفاتی مانند پرولین و نفوذپذیری نسبی غشاء با افزایش شوری افزایش نشان دادند. بیشترین مقدار ماده خشک کل مربوط به تیمار شاهد در ارزن نوتریفید (۸۳/۲ گرم بر بوته) و کمترین مقدار مربوط به شوری ۲۰۰ میلی‌مولار در ارزن باستان (۲۳/۵ گرم بر بوته) بود. محتوای نسبی آب برگ رقم باستان در شوری ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار به شدت کاهش یافت و آثار خشک شدن برگ‌ها مشاهده گردید. در ارزن نوتریفید بین تیمار شاهد و شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار از نظر خاموشی فتوشیمیایی اختلاف معنی‌دار وجود نداشت ولی در ارزن باستان بین تیمار شاهد و شوری ۵۰ میلی‌مولار اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید. با افزایش سطوح شوری میزان پرولین موجود در اندام هوایی دو رقم افزایش یافت. نتایج این آزمایش نشان داد که هدایت روزنه‌ای نقش موثری در افزایش عملکرد ماده خشک ارزن نوتریفید در شرایط تنش شوری داشت، و کاهش پتانسیل اسمزی نیز سبب بهتر شدن وضعیت ماده خشک در این گیاه گردید. ارزن نوتریفید از نظر خصوصیات فتوسنتزی نسبت به ارزن باستان برتری داشت.

کلمات کلیدی: ارزن، غلظت کلروفیل، خصوصیات فتوسنتزی، شوری، ماده خشک.

مقدمه:

افزایش کمی و کیفی علوفه، موجب کمبود گوشت و مواد لبنی و کاهش کیفیت آنها و از سوی دیگر بر اثر فشار دام بر جنگل‌ها و مراتع طبیعی به نابودی بخش عظیمی از پوشش گیاهی منجر شده است. بنابراین، توجه به زراعت گیاهان علوفه‌ای با روش علمی در کشور که با رشد بی‌رویه جمعیت و کمبود مراتع غنی مواجه است، اهمیت

گیاهان علوفه‌ای در تعلیف دام و در نتیجه تأمین نیاز انسان از نظر فرآورده‌های دامی از اهمیت غیر قابل انکاری برخوردار هستند. متأسفانه در ایران به تولید و مدیریت گیاهان علوفه‌ای، در مقایسه با سایر گیاهان زراعی کمتر توجه می‌شود. در نتیجه از یک طرف عدم توجه لازم به

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: H.roshanfekr@scu.ac.ir

خاصی می‌یابد (مدیر شانه چی، ۱۳۷۲). ارزش یکی از غلات سنتی در نواحی خشک و نیمه خشک مناطق گرمسیری محسوب می‌شود که از تحمل بالایی نسبت به تنش خشکی و شوری برخوردار است. ارزش‌ها در بین غلات پس از گندم، برنج، ذرت، جو و سورگم در رتبه ششم اهمیت قرار دارند، علیرغم اهمیت زراعی ارزش‌ها در زمان‌های گذشته و نیز جایگاه ویژه آنها در کشاورزی سنتی، در رابطه با اثرات تنش شوری بر عملکرد و اجزاء عملکرد و صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک مؤثر در عملکرد این گیاه، تحقیقات کمی صورت گرفته است (Kusaca et al., 2005). شوری خاک هنگامی برای محصول زراعی ایجاد مشکل می‌کند که غلظت نمک‌های محلول خاک در ناحیه ریشه تا حدی بالا باشد که مانع از رشد بهینه گیاه شود. به طور کلی وجود املاح زیاد در خاک یا آب آبیاری، گیاه را با تنش شوری مواجه می‌سازد. تنش شوری صرف نظر از شور شدن خاک، به دلیل یون سدیم (Na^+) به عنوان نمک غالب در خاک بروز می‌کند (Arzani, 2008). کاهش بیوماس تولیدی، کم شدن کارایی فتوسنتز و تغییر در میزان تورگر برگ از اثرات اولیه شوری در گیاهان است (Munnes, 2002). بر اساس گزارش ایوانز (۲۰۰۶) واریته Jap از ارزش مرواریدی بدون کاهش عملکرد، شوری خاک در حد ۶ دسی زیمنس بر متر را تحمل می‌کند و در شوری ۹ دسی زیمنس بر متر تولید ماده خشک آن فقط ۲۵ درصد کاهش می‌یابد. Eker و Comertpay (۲۰۰۹) میزان تولید ماده خشک را در ۱۹ واریته ذرت مورد بررسی قرار دادند و بیان داشتند که با افزایش غلظت نمک، تولید ماده خشک در واریته‌های ذرت به طور چشمگیری کاهش می‌یابد. مطالعات انجام شده توسط Ghoulam و همکاران (۲۰۰۲) نشان داد که غلظت نمک کلرید سدیم در محیط ریشه گیاه چغندر قند باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ گردید و کاهش بیشتر آن از حساسیت بیشتر واریته به تنش شوری است. Abid و همکاران (۲۰۰۱) در زمینه تأثیر تنش شوری بر روی رشد گیاه، بیان کردند که شوری ناشی از کلرور

سدیم در گیاه ذرت باعث کاهش میزان رشد نسبی و به دنبال آن کاهش ماده خشک گیاه می‌گردد. Demir و Kocaliskan (۲۰۰۱) بیان نمودند که پرولین نقش یک آنزیم پایدارکننده غشای سلولی را تحت تنش شوری ایفا می‌کند و آسیب پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء ناشی از اکسیداسیون را کاهش داده و در ثبات غشاء شرکت دارد. با توجه به مشاهدات Shabala و همکاران (۱۹۹۸) خاموشی‌های فتوشیمیایی و غیر فتوشیمیایی فلورسانس کلروفیل در برگ‌ها از حساس‌ترین ویژگی‌های دستگاه فتوسنتزی می‌باشد که تحت تنش شوری در گیاه ذرت دچار تغییر شده‌اند. مطالعات انجام شده توسط Yordanov و Zlatev (۲۰۰۴) نشان داد که پارامتر حداکثر عملکرد کوآنتومی فتوسیستم دو (Fv/Fm) مشخصه خوبی برای تعیین تفاوت بین شرایط کنترل و تنش می‌باشد. در مطالعه‌ای که جهت بررسی تنش حرارتی بر مقادیر فلورسانس کلروفیل در گیاه ذرت صورت گرفت، حداکثر عملکرد کوآنتومی فتوسیستم دو به طور معنی‌دار کاهش یافت، اما پس از رفع تنش بهبودی تا حد تیمار شاهد حاصل شد ولی به هر حال شواهدی از آسیب به فتوسیستم دو موجود بود (Grafts-Brander and Salvucci, 2002). این آزمایش با هدف ارزیابی دو رقم ارزش‌های از نظر عملکرد ماده خشک و برخی خصوصیات فتوسنتزی تحت تنش شوری آب آبیاری انجام شد.

مواد و روش‌ها:

برای کنترل بهتر شرایط شوری خاک و اعمال صحیح تیمارها، این آزمایش به صورت گلدانی در خارج از محیط گلخانه به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر عملکرد و خصوصیات فتوسنتزی ارزش‌های نوتریفید و باستان طی سال زراعی ۱۳۹۰-۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی شماره ۲ گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور و

می‌گرفت غیر ممکن بود به همین دلیل در نمودارها برای آنها هیچ عددی لحاظ نگردید. هدایت روزنه‌ای به وسیله دستگاه پورومتر مدل ELE ساخت کشور انگلستان، محتوای نسبی آب برگ به روش Ritchie و Nguyen (۱۹۹۰)، اندازه‌گیری پرولین از بافت خشک گیاهی به روش Bates و همکاران (۱۹۷۳)، اندازه‌گیری میزان سدیم از بافت خشک گیاهی (اندام هوایی)، اندازه‌گیری نفوذپذیری نسبی غشاء به روش Zhao و همکاران (۱۹۹۲)، اندازه‌گیری پتانسیل اسمزی به روش Martinez (۲۰۰۴) و مؤلفه‌های فلورسانس به وسیله دستگاه فلورسانس متر مارک PAE، ساخت کشور انگلستان اندازه‌گیری شدند. جهت تجزیه واریانس از نرم‌افزار MSTATC، برای رسم نمودارها و ترسیم نشانگرهای میله‌ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار از نرم‌افزار EXCEL و همچنین برای محاسبه ضرایب همبستگی صفات از نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

نتایج و بحث:

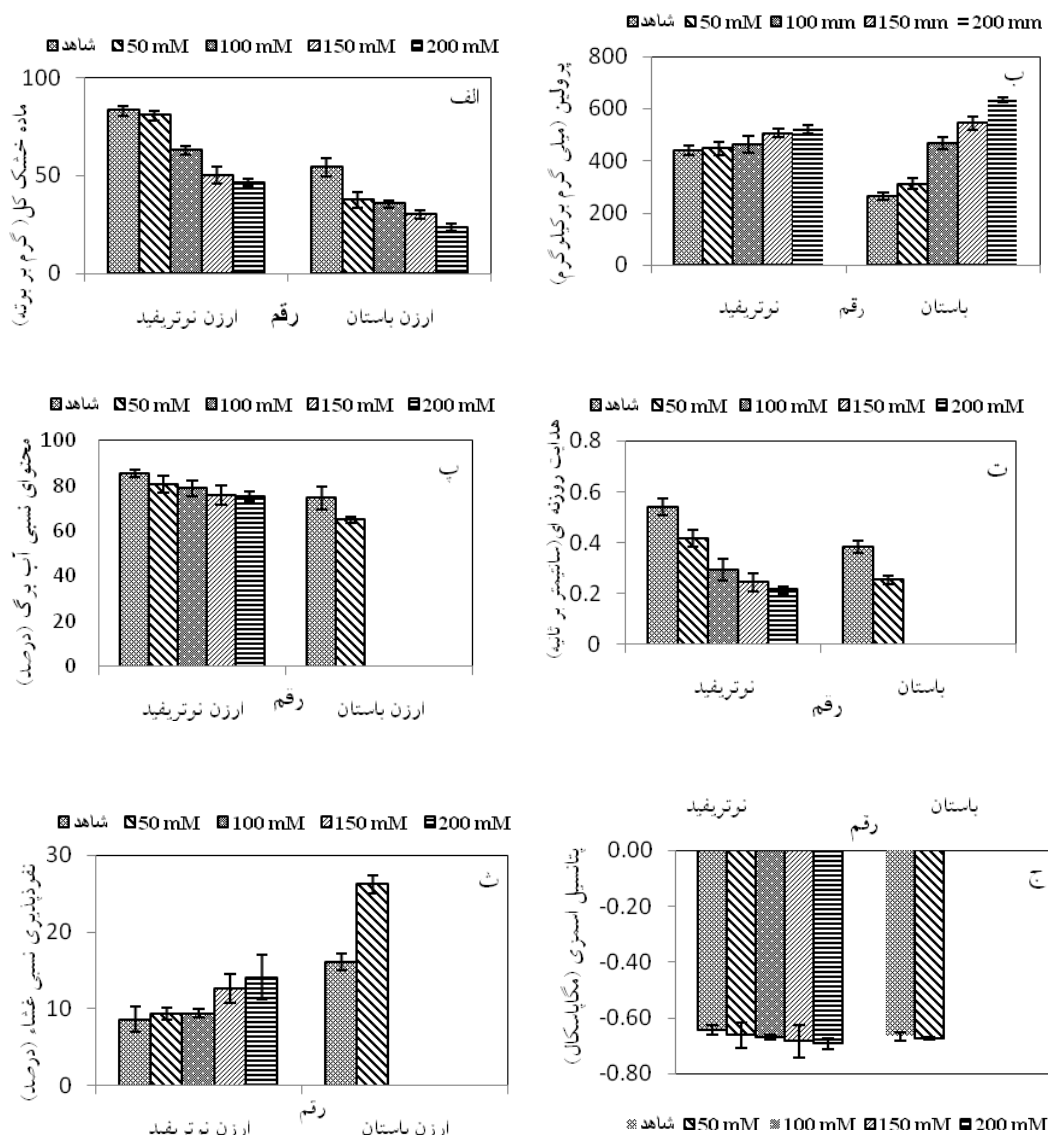
میان ارقام مورد بررسی و سطوح مختلف شوری از نظر عملکرد ماده خشک اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۱). همچنین واکنش متفاوت ارقام در سطوح متفاوت شوری موجب شد که اثر متقابل رقم و سطوح مختلف شوری برای عملکرد ماده خشک معنی‌دار گردد ($P \leq 0.01$). بیشترین مقدار ماده خشک کل مربوط به تیمار شاهد در ارزن نوتریفید (۸۳/۲ گرم بر بوته) و کمترین مقدار مربوط به شوری ۲۰۰ میلی‌مولار در ارزن باستان (۲۳/۵ گرم بر بوته) بود (شکل ۱ الف). تجزیه واریانس مربوط به میزان پرولین نشان داد که میان ارقام، سطوح مختلف تنش و اثرات متقابل آنها اختلاف معنی‌دار ($P \leq 0.01$) وجود داشت (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش تنش شوری محتوای پرولین افزایش یافت. میان تیمار شاهد و شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار ارزن نوتریفید اختلاف معنی‌دار وجود نداشت ولی در ارزن باستان بین

سه تکرار انجام شد. فاکتور اول دو رقم ارزن علوفه‌ای شامل ارزن علوفه‌ای نوتریفید (a_1) و ارزن علوفه‌ای باستان (a_2) و فاکتور دوم، پنج سطح شوری آب آبیاری شامل آب تصفیه شده شهری به عنوان شاهد (b_1)؛ شوری ۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم (b_2)؛ شوری ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم (b_3)؛ شوری ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم (b_4)؛ و شوری ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم (b_5) بود. در هر تکرار ۱۰ تیمار و برای هر تیمار ۵ گلدان و در هر گلدان دو گیاه در نظر گرفته شد؛ و در مجموع تعداد ۱۵۰ گلدان مورد بررسی قرار گرفت. قطر دهانه هر گلدان ۳۳ و ارتفاع آن ۴۱/۵ سانتی‌متر (مساحت هر گلدان ۸۵۴/۸ سانتی‌متر مربع) بود. برای خاک‌گیری گلدان‌ها از خاک مزرعه آب‌شویی شده، ماسه نرم و کود حیوانی به نسبت مساوی استفاده شد. وزن هر گلدان یازده کیلو و پانصد گرم بود. تیمارهای شوری از ۵۰ تا ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم در هر آبیاری به صورت پلکانی به کار برده شد. برای اعمال تیمار شوری از منبع نمک NaCl خالص استفاده گردید. زمان اعمال تیمار بر اساس مرحله فنولوژیکی رشد پس از ۴-۵ برگی شدن گیاه صورت گرفت و تا زمانی که ارتفاع بوته‌ها به هفتاد سانتی‌متر رسید ادامه یافت. صفات مورد اندازه‌گیری در این آزمایش شامل عملکرد ماده خشک، هدایت روزنه‌ای، پتانسیل اسمزی، نفوذپذیری نسبی غشاء، محتوای نسبی آب برگ، پرولین، سدیم، حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم دو، خاموشی فتوشیمیایی و خاموشی غیر فتوشیمیایی بود. برای اندازه‌گیری هر صفت دو نمونه در نظر گرفته شد. تمام صفات زمانی اندازه‌گیری شدند که ارتفاع بوته‌ها به هفتاد سانتی‌متر رسید. در ارزن باستان به دلیل حساسیت بالا به شوری، در سطوح تنش ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار آثار خشک‌شدگی برگ‌ها مشاهده شد و اندازه‌گیری صفاتی مانند هدایت روزنه‌ای، پتانسیل اسمزی، نفوذپذیری نسبی غشاء، محتوای نسبی آب برگ، حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم دو، خاموشی فتوشیمیایی و خاموشی غیر فتوشیمیایی که از طریق اندام سبز صورت

جدول ۱-۱: جدول مقایسه ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و آنزیمی گیاهان در شرایط مختلف

ردیف	نوع گیاه	ماده	درجه آزادی	میانگین	خطای استاندارد	تفاوت معنی‌دار	میانگین	خطای استاندارد	تفاوت معنی‌دار	میانگین	خطای استاندارد	تفاوت معنی‌دار	میانگین	خطای استاندارد	تفاوت معنی‌دار	میانگین	خطای استاندارد	تفاوت معنی‌دار
۱	سبزی	پروتئین	۱	۱۱۷/۵۰۰	۱۱۷/۵۰۰	۰/۰۰۱	۱۱۷/۵۰۰	۱۱۷/۵۰۰	۰/۰۰۱	۱۱۷/۵۰۰	۱۱۷/۵۰۰	۰/۰۰۱	۱۱۷/۵۰۰	۱۱۷/۵۰۰	۰/۰۰۱	۱۱۷/۵۰۰	۱۱۷/۵۰۰	۰/۰۰۱
۲	سبزی	کربوهیدرات	۲	۱۲/۲۰۰	۱۲/۲۰۰	۰/۰۰۱	۱۲/۲۰۰	۱۲/۲۰۰	۰/۰۰۱	۱۲/۲۰۰	۱۲/۲۰۰	۰/۰۰۱	۱۲/۲۰۰	۱۲/۲۰۰	۰/۰۰۱	۱۲/۲۰۰	۱۲/۲۰۰	۰/۰۰۱
۳	سبزی	چربی	۳	۱۶۶۹/۹۰۰	۱۶۶۹/۹۰۰	۰/۰۰۱	۱۶۶۹/۹۰۰	۱۶۶۹/۹۰۰	۰/۰۰۱	۱۶۶۹/۹۰۰	۱۶۶۹/۹۰۰	۰/۰۰۱	۱۶۶۹/۹۰۰	۱۶۶۹/۹۰۰	۰/۰۰۱	۱۶۶۹/۹۰۰	۱۶۶۹/۹۰۰	۰/۰۰۱
۴	سبزی	کلروفیل	۴	۵۴۵۵۷/۱۰۰	۵۴۵۵۷/۱۰۰	۰/۰۰۱	۵۴۵۵۷/۱۰۰	۵۴۵۵۷/۱۰۰	۰/۰۰۱	۵۴۵۵۷/۱۰۰	۵۴۵۵۷/۱۰۰	۰/۰۰۱	۵۴۵۵۷/۱۰۰	۵۴۵۵۷/۱۰۰	۰/۰۰۱	۵۴۵۵۷/۱۰۰	۵۴۵۵۷/۱۰۰	۰/۰۰۱
۵	سبزی	کلسیم	۵	۲۶۳۷/۶۰۰	۲۶۳۷/۶۰۰	۰/۰۰۱	۲۶۳۷/۶۰۰	۲۶۳۷/۶۰۰	۰/۰۰۱	۲۶۳۷/۶۰۰	۲۶۳۷/۶۰۰	۰/۰۰۱	۲۶۳۷/۶۰۰	۲۶۳۷/۶۰۰	۰/۰۰۱	۲۶۳۷/۶۰۰	۲۶۳۷/۶۰۰	۰/۰۰۱
۶	سبزی	پتاسیم	۶	۱۹۶۶۵/۰۰	۱۹۶۶۵/۰۰	۰/۰۰۱	۱۹۶۶۵/۰۰	۱۹۶۶۵/۰۰	۰/۰۰۱	۱۹۶۶۵/۰۰	۱۹۶۶۵/۰۰	۰/۰۰۱	۱۹۶۶۵/۰۰	۱۹۶۶۵/۰۰	۰/۰۰۱	۱۹۶۶۵/۰۰	۱۹۶۶۵/۰۰	۰/۰۰۱
۷	سبزی	فسفر	۷	۱۸۱۲/۵۰۰	۱۸۱۲/۵۰۰	۰/۰۰۱	۱۸۱۲/۵۰۰	۱۸۱۲/۵۰۰	۰/۰۰۱	۱۸۱۲/۵۰۰	۱۸۱۲/۵۰۰	۰/۰۰۱	۱۸۱۲/۵۰۰	۱۸۱۲/۵۰۰	۰/۰۰۱	۱۸۱۲/۵۰۰	۱۸۱۲/۵۰۰	۰/۰۰۱
۸	سبزی	نیتروژن	۸	۱۶/۵۴	۱۶/۵۴	۰/۰۰۱	۱۶/۵۴	۱۶/۵۴	۰/۰۰۱	۱۶/۵۴	۱۶/۵۴	۰/۰۰۱	۱۶/۵۴	۱۶/۵۴	۰/۰۰۱	۱۶/۵۴	۱۶/۵۴	۰/۰۰۱
۹	سبزی	کربوهیدرات	۹	۱۶/۳	۱۶/۳	۰/۰۰۱	۱۶/۳	۱۶/۳	۰/۰۰۱	۱۶/۳	۱۶/۳	۰/۰۰۱	۱۶/۳	۱۶/۳	۰/۰۰۱	۱۶/۳	۱۶/۳	۰/۰۰۱
۱۰	سبزی	کلسیم	۱۰	۱۸/۵	۱۸/۵	۰/۰۰۱	۱۸/۵	۱۸/۵	۰/۰۰۱	۱۸/۵	۱۸/۵	۰/۰۰۱	۱۸/۵	۱۸/۵	۰/۰۰۱	۱۸/۵	۱۸/۵	۰/۰۰۱

تفاوت معنی‌دار بین سطوح مختلف درجه آزادی (D.F.) در هر یک از پارامترها با استفاده از آزمون F مشخص شده است.



شکل ۱- اثرات متقابل سطوح مختلف شوری و رقم بر عملکرد ماده خشک (الف)، بر میزان پروتئین (ب)، بر محتوای نسبی آب برگ (پ)، بر هدایت روزنه‌ای (ت)، بر نفوذپذیری نسبی غشاء (ث) و بر پتانسیل اسمزی (ج) دو رقم ارزن علوفه‌ای.

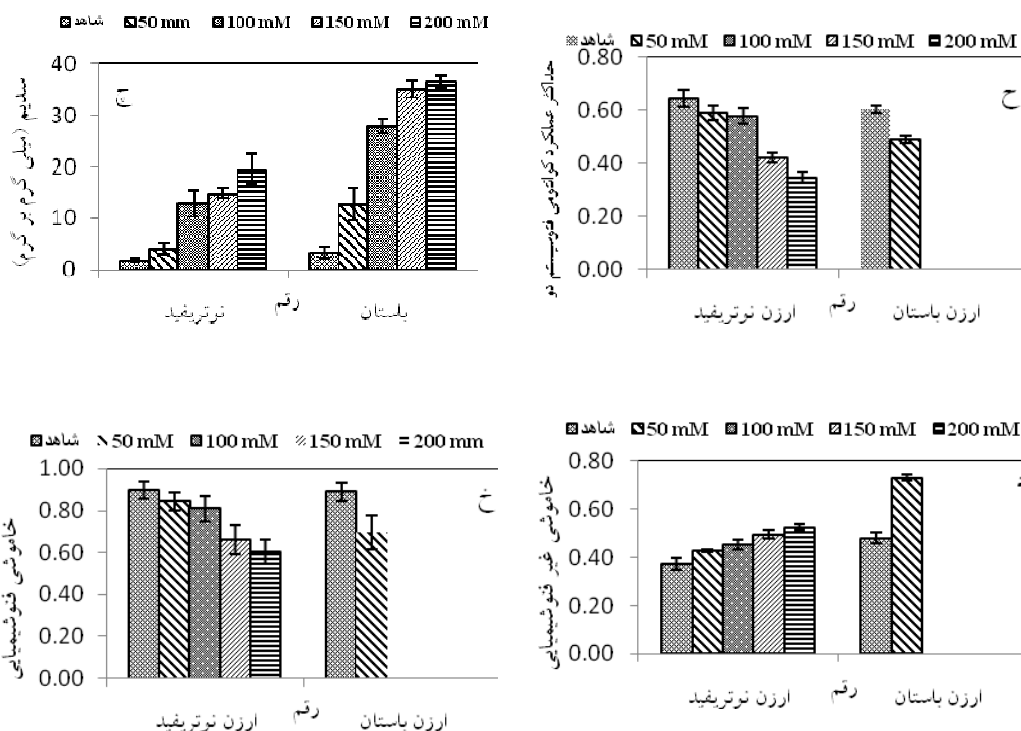
اختلاف معنی‌دار ($P \leq 0.01$) وجود داشت (جدول ۱). در شرایط کاربرد کلرید سدیم ارزن علوفه‌ای نوتریفید از نظر این صفت نسبت به ارزن باستان برتری داشت. محتوای نسبی آب برگ رقم باستان در شوری ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار به شدت کاهش یافت و آثار خشک شدن برگ‌ها مشاهده گردید (شکل ۱ پ). میان ارقام مورد بررسی و سطوح مختلف شوری ($P \leq 0.01$) و اثرات متقابل

تیمار شاهد و شوری ۵۰ میلی‌مولار تفاوت معنی‌دار بود. بیشترین میزان اسید آمینه پروتئین مربوط به شوری ۲۰۰ میلی‌مولار در ارزن باستان (۶۳۴/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کمترین مقدار مربوط به تیمار شاهد در ارزن باستان (۲۶۴/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود (شکل ۱ ب). نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های محتوای نسبی آب برگ (RWC) نشان داد که میان ارقام و سطوح مختلف شوری

آنها ($P \leq 0.05$) بر میزان هدایت روزنه‌ای اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش سطح شوری در دو رقم مورد بررسی هدایت روزنه‌ای به طور معنی‌دار کاهش یافت. بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای در تیمار شاهد رقم نوتریفید (0.54 سانتی‌متر بر ثانیه) و کمترین میزان هدایت روزنه‌ای در شوری 200 میلی‌مولار رقم باستان به دست آمد (0 سانتی‌متر بر ثانیه). (شکل ۱ ا ت).

نتایج تجزیه واریانس میزان نفوذپذیری نسبی غشاء نشان داد که میان ارقام، سطوح مختلف شوری و اثرات متقابل رقم و تنش اختلاف معنی‌دار ($P \leq 0.01$) وجود داشت (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش سطح شوری میزان نفوذپذیری نسبی غشاء (نشت یونی) افزایش پیدا کرد. در ارزن نوتریفید میان تیمار شاهد و شوری 50 و 100 میلی‌مولار اختلاف معنی‌دار وجود نداشت ولی در ارزن باستان بین شاهد و شوری 50 میلی‌مولار تفاوت معنی‌دار بود. نشت یونی در شرایط شاهد و سطح شوری 50 و 100 میلی‌مولار در رقم نوتریفید همواره کمتر از شرایط شاهد و تنش رقم باستان بود ضمناً در شرایط شوری 200 میلی‌مولار ارزن نوتریفید و شاهد ارزن باستان اختلاف معنی‌دار مشاهده نگردید. این نتیجه نشان دهنده حساسیت بیشتر ارزن باستان به شوری می‌باشد (شکل ۱ ث). کلیه تیمارهای مورد آزمایش از نظر پتانسیل اسمزی ($P \leq 0.01$) اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول ۱). نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش سطح شوری پتانسیل اسمزی کاهش یافت (منفی‌تر گردید). در ارزن نوتریفید میان شرایط شاهد و سطح شوری اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. همچنین در ارزن باستان بین تیمار شاهد و سطح شوری 50 میلی‌مولار تفاوتی دیده نشد ولی میان تیمار شاهد و سطح شوری 100 ، 150 و 200 میلی‌مولار در این رقم اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید (شکل ۱ ج). کلیه تیمارهای مورد آزمایش از نظر حداکثر عملکرد کوآنزیمی فتوسیستم دو در شرایط

برگ سازگار شده با تاریکی ($P \leq 0.01$) اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول ۱). نتایج حاصل از تجزیه واریانس سدیم نشان داد که میان ارقام، سطوح مختلف تنش و اثر متقابل ارقام و تنش ($P \leq 0.01$) اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش تنش میزان سدیم افزایش یافت، بیشترین میزان سدیم در شوری 200 میلی‌مولار رقم باستان ($36/6$ میلی‌گرم بر گرم) و کمترین میزان سدیم در تیمار شاهد رقم نوتریفید ($1/7$ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود (شکل ۲ ج). در تیمار شاهد بین دو رقم ارزن از نظر حداکثر عملکرد کوآنزیمی فتوسیستم دو تفاوتی دیده نشد ولی با افزایش سطح شوری ارزن باستان کاهش بیشتری نسبت به ارزن نوتریفید داشت. در ارزن نوتریفید میان تیمار شاهد و شوری 50 و 100 میلی‌مولار از نظر حداکثر عملکرد کوآنزیمی فتوسیستم دو اختلاف معنی‌دار مشاهده نگردید ولی در رقم باستان بین تیمار شاهد و شوری 50 میلی‌مولار تفاوت معنی‌دار بود (شکل ۲ ح). میان ارقام، سطوح مختلف شوری و اثرات متقابل رقم و تنش شوری از نظر خاموشی فتوشیمیایی ($P \leq 0.01$) اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۱). با افزایش تنش شوری خاموشی فتوشیمیایی که نشان دهنده سلامت مراکز واکنش فتوسیستم دو و تولید ATP و NADPH می‌باشد کاهش یافت. در رقم نوتریفید میان تیمار شاهد و شوری 50 و 100 میلی‌مولار تفاوتی دیده نشد ولی در رقم باستان بین تیمار شاهد و شوری 50 میلی‌مولار اختلاف معنی‌دار بود (شکل ۲ خ). میان ارقام و سطوح مختلف شوری از نظر خاموشی غیر فتوشیمیایی ($P \leq 0.01$) اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد با افزایش تنش شوری مقدار خاموشی غیر فتوشیمیایی که میزان اتلاف حرارتی را توسط چرخه زانتوفیل نشان می‌دهد افزایش یافت. در ارزن نوتریفید بین سطوح شوری 150 و 200 میلی‌مولار اختلافی دیده نشد همچنین بین شاهد رقم باستان و سطوح شوری 150 و 200 میلی‌مولار رقم نوتریفید تفاوتی مشاهده نگردید (شکل ۲ د).



شکل ۲ - اثرات متقابل سطوح مختلف شوری و رقم بر میزان سدیم (ج)، بر Fv/Fm (ح)، بر خاموشی فتوشیمیایی فتوسیستم دو (qP) (خ) و بر خاموشی غیر فتوشیمیایی فتوسیستم (د) دو رقم ارزن علوفه‌ای.

بحث:

می‌تواند برای گیاه هزینه بر نیز باشد و این هزینه را از طریق کاهش وزن خشک اعمال می‌کند. به نظر می‌رسد هر چه محتوای نسبی آب برگ در اثر تنش شوری بیشتر کاهش یابد تجمع موادی مثل پرولین زیادتر می‌شود که این خود باعث افزایش فشار اسمزی سلول (تنظیم اسمزی سلول) و بهبود جذب آب توسط سلول شده و در نتیجه تحمل گیاه نسبت به شوری بیشتر می‌شود. با افزایش میزان پرولین نفوذپذیری نسبی غشاء کاهش یافت. Demir و Kocaliscan (۲۰۰۱) بیان نمودند که پرولین نقش یک آنزیم پایدارکننده غشای سلولی را تحت تنش شوری ایفا می‌کند و آسیب پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء ناشی از اکسیداسیون را کاهش داده و در ثبات غشاء شرکت دارد. Cavelierl (۱۹۸۳) اعلام کرد افزایش پرولین در گیاهان تحت تنش شوری در واقع نوعی واکنش از طرف گیاه به کاهش پتانسیل آب در محیط ریشه است. در این زمان

نتایج نشان داد که با افزایش تنش شوری عملکرد ماده خشک ارقام ارزن مورد آزمایش کاهش پیدا کرد. احتمالاً تنش شوری باعث افزایش در فشار اسمزی محلول اطراف ریشه گردیده که این موضوع موجب کاهش پتانسیل آب در آن محیط و در نتیجه کاهش جذب آب توسط ریشه و در نهایت کاهش رشد و تجمع ماده خشک شده است. از طرفی دیگر در اثر انتقال یون‌های سمی به اندام‌های هوایی گیاه، انتقال مواد غذایی لازم دچار کاهش و اختلال می‌شود و رشد را محدود می‌سازد در نتیجه تولید ماده خشک دچار اختلال شده و عملکرد محصول کاهش می‌یابد. نتایج به دست آمده با یافته‌های (Munnes and James, 2003) مطابقت دارد. بر اساس نظر Munnes (۲۰۰۲) استفاده گیاهان از ترکیبات آلی همانند کربوهیدرات و پرولین برای تنظیم اسمزی جهت ادامه جذب آب از محیط شور

پرویلین با کم کردن پتانسیل اسمزی سلول‌های ریشه شرایط لازم برای جذب آب و عناصر غذایی را فراهم می‌نماید. بیشتر بودن محتوای نسبی آب برگ در ارزن نوتریفید در تمامی سطوح شوری نسبت به ارزن باستان نشان دهنده حفظ رطوبت برگ جهت ادامه فعالیت‌های حیاتی گیاه بوده که منجر به کاهش کمتر رشد برگ در این رقم در شرایط تنش شوری گردیده است. این نتایج در مطالعات Siddique و همکاران (۲۰۰۰) در گندم و Ghoulam و همکاران (۲۰۰۲) در چغندر قند نیز مشاهده شده است. افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط ریشه باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ گردید و کاهش بیشتر آن نشان از حساسیت بیشتر وارپته به تنش شوری می‌باشد این نتایج در مطالعات Ghoulam و همکاران (۲۰۰۲) در گیاه چغندر قند نیز گزارش شده است. به نظر می‌رسد در شرایط تنش شوری جایگزینی یون سدیم به جای کلسیم در غشاهای سلول و اندامک‌های سلول نظیر کلروپلاست و واکوئل انتخاب‌پذیری غشاء را دچار اختلال می‌نماید. علاوه بر وجود تغییرات ساختمانی و نفوذپذیری غشاها، ترکیب شیمیایی آنها نیز تحت تأثیر شوری قرار گرفته است. همچنین احتمالاً میزان اشباع فسفولیپیدها با افزایش شوری زیاد شده، در نتیجه حالت سیالیت غشاء کاهش یافته و نهایتاً نشت آن افزایش پیدا کرده است. در این شرایط وظیفه غشاءهای زیستی (از جمله تونوپلاست) مختل و محتوای نسبی آب برگ کاهش یافته است این نتایج در مطالعات حسیبی و همکاران (۱۳۸۹) در گیاه گندم نیز گزارش شده است. نتایج نشان داد که با افزایش تنش شوری هدایت روزنه‌ای در ارقام مورد مطالعه کاهش یافت. گیاه برای اجتناب از تنش و استفاده بهتر از مقدار آب محدودی که در اختیار دارد اقدام به بستن روزنه‌های خود می‌کند و هدایت روزنه‌ای خود را کاهش می‌دهد تا از هدر روی آب جلوگیری شود. Chaves و همکاران (۲۰۰۹) نتایج مشابهی گزارش دادند. با افزایش تنش شوری نفوذپذیری

نسبی غشاء افزایش یافت. با توجه به اینکه یکی از اثرات تنش‌های محیطی نظیر شوری افزایش تولید گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن و القای تنش اکسیداتیو می‌باشد. در نتیجه گونه‌های اکسیژن واکنش‌گر منجر به پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء و تغییر در نفوذپذیری غشاء و خسارت به سلول می‌گردند. نتایج مشابهی در ذرت گزارش شده است (Keramat *et al.*, 2011). مطالعات انجام شده توسط Ashraf و Ali (۲۰۰۸) نشان داد که غلظت بالای سدیم در سیتوزول تحت تنش شوری موجب تولید گونه‌های اکسیژن واکنش‌گر می‌شود که تولید این ترکیبات سمی باعث صدمه به غشاها و رنگدانه‌های فتوسنتزی می‌شود. کاهش پتانسیل اسمزی یکی از راهکارهای تحمل گیاه در برابر تنش بود و در زمان وقوع تنش یکی از راه‌های القای تحمل در برابر تنش شوری و ممانعت از پسابیدگی سلول‌های گیاهی بود. Bandeh-hagh و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی رشد و تنظیم اسمزی ژنوتیپ‌های کلزای تحت تنش شوری نتایج مشابهی به دست آوردند. با افزایش تنش شوری حداکثر عملکرد کوآنتومی فتوسیستم دو در دو رقم کاهش یافت. کاهش در حداکثر عملکرد کوآنتومی فتوسیستم دو بیان کننده این مطلب است که اختلال در عوامل غیر روزنه‌ای فتوستتزر که از طریق تأثیر مستقیم NaCl بر گیاه به وجود می‌آید ممکن است یکی از عوامل موثر در کاهش فتوستتزر باشد. در نتیجه کاهش فعالیت فتوستتزر ممکن است مربوط به کاهش راندمان آنزیم روبیسکو یا کاهش دوباره سازی ریبولوز ۵، ۱ بیس فسفات (RUBP) و یا حساسیت فتوسیستم دو به کلرید سدیم باشد. در رقم متحمل (ارزن نوتریفید) بیشتر الکترون‌های وارد شده به فتوسیستم دو صرف تولید ATP و NADPH و کاهش کمتر خاموشی فتوشیمیایی شده، در صورتی که در رقم حساس (ارزن باستان) این الکترون‌ها به مسیرهای دیگری منحرف شدند. احتمالاً یکی از این مسیرها چرخه زانتوفیل می‌باشد. این چرخه مکانی در جهت کاهش اثرات مخرب انرژی الکترون‌های برانگیخته

یافت که این موضوع باعث کاهش سرعت انتقال الکترون و کاهش مقدار حداکثر عملکرد کوآنتومی فتوسیستم دو (به ویژه در رقم حساس) گردید. به نظر می‌رسد به دلیل کاهش تولید ATP، حفره لومن در تیلاکوئید به شدت اسیدی شده و باعث افزایش اختلاف الکتروشیمیایی در دو طرف غشای تیلاکوئید گردیده، در نتیجه خاموشی غیر فتوشیمیایی افزایش یافت، زیرا با اسیدی شدن لومن فعالیت آنزیم دی آپوکسیداز افزایش یافته است. بالا بودن محتوای نسبی آب برگ (RWC) در رقم متحمل به تنش (ارزن نوتریفید) می‌تواند به دلیل وجود برخی عوامل کم کننده تلفات آب از طریق بستن روزنه‌ها و یا جذب بیشتر آب از طریق گسترش ریشه باشد. کاهش عملکرد ماده خشک در ارزن باستان به واسطه تنش شوری احتمالاً به دلیل هدایت روزنه‌ای پایین‌تر، کاهش در جذب کربن و متابولیسم، کاهش توانایی فتوشیمیایی و یا ترکیبی از همه این فاکتورها است. به طور کلی ارزن علوفه‌ای نوتریفید در شرایط تنش شوری محتوای نسبی آب برگ خود را در حد مطلوب حفظ نمود و منجر به پایداری غشاء سلول گردید. از این رو این صفت در اصلاح ارقام مقاوم به شوری می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

- Research, Bahauddin Zakariya University, Multan, Pakistan 12:26-33.).
- Arzani, A. (2008) Improving salinity tolerance in crop plants: A biotechnological view. *In vitro* cell development. *Biology Plant* 44:373-383.
- Ashraf, M. and Ali, Q. (2008) Relative membrane permeability and activities of some antioxidant enzymes the key determinants of salt tolerance in canola (*Brassica napus* L.). *Environmental and Experimental Botany* 63: 266-273.
- Bandeh-hagh, A., Toorchi, A. M., Mohammadi, A., Chaparzadeh, N., Hosseini Salekdeh, G. and Kazemnia, H. (2008) Growth and osmotic adjustment of conola genotypes in response to salinity. *Food, Agriculture and Environment* 6: 201-208.
- Bates, L.S., Waldern, R.P. and Tear, I.D. (1973) Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil*. 39:205-207.
- Cavelierl, A. J. (1983) Proline and glycin-betain accumulation by *spartina alterniflora* loisel. in

محسوب می‌گردد. Kao و همکاران (۲۰۰۳)، Zlatev و Yordanov (۲۰۰۴) نتایج مشابهی گزارش دادند. خاموشی غیر فتوشیمیایی با افزایش تنش شوری افزایش یافت. افزایش در خاموشی غیر فتوشیمیایی ممکن است نشان دهنده کاهش تقاضا جهت انتقال الکترون به واسطه خسارت به پذیرنده‌های الکترون موجود در زنجیره انتقال الکترون در فتوسیستم دو باشد و موجب اتلاف انرژی به صورت گرما شود. با توجه به مشاهدات Shreiber و همکاران (۱۹۸۶) خاموشی غیر فتوشیمیایی کلروفیل برانگیخته نشان دهنده اتلاف غیر تشعشعی انرژی جذب شده توسط فتوسیستم بوده و برطرف کننده برانگیختگی الکترون می‌باشد.

نتیجه گیری:

در شرایط تنش شوری، احتمالاً کاهش هدایت روزنه‌ای و به دنبال آن کاهش فتوسنتز منجر به کاهش کارایی کربوکسیلاسیون، کاهش سرعت دوباره سازی RUBP، کاهش فرآهمی دی‌اکسیدکربن از روزنه و کاهش انتقال کربوهیدرات‌ها به خارج از سلول مزوفیل گردید در نتیجه سرعت مصرف NADPH و ATP در چرخه کلونین کاهش

منابع:

- حسیبی، پ. زندیه، ل. قائم مقامی، ن. رشیدی رضوان، ن. نجفی، ح. و قائم مقامی، ف. (۱۳۸۹) مطالعه برخی خصوصیات فیزیولوژیکی دو رقم گندم (*Triticum aestivum* L. تحت تنش شوری از منابع کلرید سدیم و کلرید کلسیم. مجله فیزیولوژی گیاهان زراعی ۲: ۳-۲۴.
- والتن، پ. (۱۳۷۲) تولید و مدیریت گیاهان علوفه‌ای ترجمه مدیر شانه‌چی، م. انتشارات آستان قدس رضوی. مشهد.
- Abid, M., Qayyum, A., Dasti, A.A. and Abdilwajid, R. (2001) Effect of salinity and SAR of irrigation water on yield, physiological growth parameters of Maize & properties of the soil. *Journal*

- stress resistance in the Mediterranean shrub *Atriplex halimius* L. *Plant Physiology* 161:1041-1051
- Munns, R. (2002) Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environment* 28: 239-250.
- Munns, R. and James, R. A. (2003) Screening method for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. *Plant and Soil* 253: 201-210.
- Ritchie, S.W. and Nguyen, H.T. (1990) Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science* 30: 105-111.
- Shabala, S. N., Shabala, S. I., Martynenko, A. I., Babourina, O. and Newman, I. A. (1998) Salinity effect on bioelectric activity, growth, Na⁺ accumulation, and chlorophyll fluorescence of corn leaves: a compassion survey and prospects for screening. *Australian Journal of Plant Physiology* 25: 609-616.
- Shreiber, V. and Schliwa Vana Bilger, W. (1986) Continuous recording of photochemical and non photochemical chlorophyll fluorescence quenching with a new type of modulation fluorimeter. *Photosynthetic Research* 10: 51-62.
- Siddique, M. R. B., Hamid, A. and Islam, M. S. (2000) Drought stress effects Drought stress effects on water relations of wheat. *Botanical Bulletin Academia Sinica* 41: 35-39.
- Zhao, Y., Aspinall, D. and Paleg, L.G. (1992) Protection of membrane integrity in *Medicago sativa* L. by glycinebetaine against the effects of freezing. *Journal of Plant Physiology* 140: 541-543.
- Zlatev, Z. S. and Yordanov, I. T. (2004) Effect of soil drought on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in bean plants. *Bulgarian Journal of Plant Physiology* 30: 3-18.
- response to NaCl and nitrogen in a controlled environment. *Oecologia Berlin* 57: 20- 24.
- Chaves, M. M., Flexas, J. and Pinheiro, C. (2009) Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. *Annals of Botany* 103: 551-560.
- Demir, M. and Kocaliskan, I. (2001) Effects of NaCl and proline on poly phenol dioxidase activity in bean seedling. *Biologia Plantarum* 44: 607-609.
- Eker, S., Comertpay, G., Konuskan, O., Ulger, A. C., Ozturk, L. and Cakmak, I. (2009) Effect of salinity stress on dry matter production and ion accumulation in hybrid maize varieties. *Turkish Journal Agriculture* 30: 365-373.
- Ghoulam, C., Foursy, A. and Fares, K. (2002) Effect of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Environmental and Experimental Botany* 47: 39-50.
- Grafts-Brander, S. J. and Salvucci, M. E. (2002) Sensitivity of photosynthesis in C₄ plant, maize, to heat stress. *Plant Physiology Journal* 129: 1773-1780.
- Kao, W. Y., Tsai, T. T. and Shih, C. N. (2003) Photosynthetic gas exchange and chlorophyll a fluorescence three wild soybean species in response to NaCl treatments. *Photosynthetica* 41: 415-419.
- Keramat, B., Momeni, N., Arvin, M.J. and Khajoo Nejad, G.H.R. (2011) The effect of salt stress and salicylic acid on antioxidant defense system in maize plant (*Zea mays* L.). *National Conferences on Conservation of Biodiversity and Indigenous Knowledge*. Kerman, Iran 1-6.
- Kusaka, M., Lalusin, A. and Fujimura, G. T. (2005) The maintenance of growth and turgor in pearl millet (*Pennisetum glaucum*) cultivars with different root structures and osmo-regulation under drought stress. *Plant Science* 168: 1-14.
- Martinez, J. P., Lutts, S., Schanck, A. and Bajji, M. (2004) Is osmotic adjustment required for water

The evaluation of some photosynthetic characteristics in two forage millet cultivars under salt stress conditions

Hossein Noroozi, Habib Roshanfekar, Payman Hassibi and Mousa Meskarbashee
Department of agronomy and plant breeding, College of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz.
(Received: 27 October 2012 ; Accepted: 22 May 2013).

Abstract:

Effect of different salinity levels (0, 50, 100, 150 and 200 mM NaCl) on photosynthetic characteristics and yield of two forage millet cultivars (Nutrifeed and Bastan) were investigated at this experiment. A factorial test based on randomized complete block design was conducted during 2010-2011 growing season in three replications. The results showed that with increasing salinity, dry matter yield, leaf relative water content (RWC) and stomatal conductance were decreased. While, traits such as proline and relative membrane permeability (RMP), were increased as salinity level increased. The highest total dry matter in control treatment of Nutrifeed millet ($83.2 \text{ g. plant}^{-1}$) was observed and the lowest was measured in 200 mM in the case of Bastan millet ($23.5 \text{ g. plant}^{-1}$). The Leaves relative water content of Bastan cultivar in the 100, 150 and 200 mM NaCl declined sharply and caused leaf necrosis. There were no significant differences between control, 50 and 100 mM NaCl in photochemical quenching of Nutrifeed cultivar. In Bastan cultivar, a significant difference between control and 50 mM NaCl was observed. As salinity level increased, the proline in shoots of two cultivars increased. Stomatal conductance had a effective role in increasing the performance of dry matter of nutrifeed millet in salt stress conditions, and osmotic potential decreasing also improved dry matter conditions in this plant. Generally, photosynthetic characteristics of Nutrifeed millet were better than the Bastan millet.

Keywords: Dry matter, Fluorescence components, Millet, Photosynthesis characters, Salinity.