

اثر تنش شوری بر فلورسانس کلروفیل و عملکرد دانه برخی ارقام آفتابگردان
(*Helianthus annuus* L.)

Effect of Salt Stress on Chlorophyll Fluorescence and Grain Yield of Some
Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Cultivars

رویا صفاری^۱، علی اکبر مقصودی مود^۲ و وحیدرضا صفاری^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه شهید باهنر کرمان (نگارنده مسئول)

۲- دانشیار، دانشگاه شهید باهنر، کرمان.

۳- استادیار، دانشگاه شهید باهنر، کرمان.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۴/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱/۲۹

چکیده

صفاری، ر.، مقصودی مود، ع. ا. و صفاری، و. ر. ۱۳۹۲. اثر تنش شوری بر فلورسانس کلروفیل و عملکرد دانه برخی ارقام آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.). مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۲۹: (۱) ۱۰۹-۱۳۰.

به منظور بررسی اثر تنش شوری بر فلورسانس کلروفیل برگ و عملکرد دانه هفت رقم آفتابگردان شامل زاریا، بلیزار، آرمایروسکی، یوروفلور، هایسان ۳۳، فرخ و پروگرس هر یک در چهار سطح شوری حاصل از نمک کلرور سدیم با هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در سطوح ۲، ۴، ۶، ۸ دسی زیمنس بر متر، دو آزمایش مجزا در سال ۱۳۸۹ در گلخانه و مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان انجام گرفت. آزمایش اول به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه و آزمایش دوم به صورت طرح کرت های خرد شده در قالب بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه انجام و سطوح شوری به عنوان فاکتور اصلی و ارقام به عنوان فاکتور فرعی مورد بررسی قرار گرفتند. مقایسه میانگین ها نشان داد که تنش شوری باعث کاهش معنی داری در میزان شاخص کلروفیل (SPAD)، عملکرد کوانتومی، محتوای آب نسبی و عملکرد دانه و در مقابل موجب افزایش میزان نشت یونی، فلورسانس کمینه F_0 و F_m فلورسانس بیشینه گردید. همچنین اثر متقابل رقم \times شوری برای کلیه صفات بجز عملکرد دانه و محتوای آب نسبی معنی دار بود. مقایسه میانگین عملکرد دانه ارقام نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۲۷۳۶/۹ کیلو گرم در هکتار) مربوط به رقم پروگرس بود.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، عملکرد کوانتومی، فلورسانس کلروفیل، محتوای آب نسبی و نشت یونی.

مقدمه

هنگامی که شدت نور در حد ایجاد اشباع نوری بوده و مراکز واکنش کلروفیل کاملاً باز باشند، بخش زیادی از نور در فعالیت‌های فتوشیمیایی به مصرف می‌رسد و در نهایت تنها بخش کمی از انرژی نورانی به صورت فلورسانس بازتاب می‌شود که به آن فلورسانس کمینه (F_0) می‌گویند (Maxwell and Johnson, 2000). در مقابل هنگامی که برگ در معرض پالسی از نور اشباع کننده قرار می‌گیرد تمامی ملکول‌های اولین دریافت کننده الکترون یا انرژی یعنی کوئینون آ (QA) دست کم به صورت موقت به صورت احیا در آمده و به دلیل تداوم واکنش‌های فتوشیمیایی فتوسیستم II، مراکز واکنش اشباع بسته شده و فلورسانس به میزان زیاد افزایش می‌یابد که به آن فلورسانس بیشینه (F_m) اطلاق می‌شود (Maxwell and Johnson, 2000). در مطالعات متعدد ثابت شده است که اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل برگ‌های سالم، روش معتبر و قابل اطمینانی برای مطالعه فرآیند فتوسنتز و ارزیابی وضعیت فیزیولوژیکی گیاه است (Baker and Rozen, 2004; Behra et al., 2002; Grafts et al., 2002). تجزیه و تحلیل آن چه که در جریان جذب نور و هدر رفت بخشی از آن در جریان فلورسانس کلروفیل اتفاق می‌افتد، روش سریع و غیر تخریبی را برای ارزیابی نحوه عملکرد سیستم فتوسنتزی در طول و بعد از تنش محیطی فراهم می‌کند و اطلاعات حاصل از آن برای

گیاهان زراعی در محیط رشد خود اغلب با شرایط تنش‌زا که بر رشد و عملکرد آن‌ها تاثیر گذار است روبرو هستند. شوری یکی از عوامل تنش‌زای مهم بوده که رشد و متابولیسم گیاهان را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد (Munns, 2002; Allakhverdiev et al., 2000). شیوع این مشکل به ویژه در نقاط خشک جهان با افزایش فعالیت‌های کشاورزی، تغییرات اقلیمی و مدیریت نامناسب در شیوه‌های آبیاری اراضی زراعی رو به افزایش است (Allakhverdiev et al., 2000). در اکثر مناطق خشک جهان که راهکاری جز آبیاری با آب شور برای تولید محصولات زراعی وجود ندارد، شور شدن خاک غیر قابل اجتناب است. متأسفانه این پدیده به تدریج به یک مشکل عمده مخصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشک ایران تبدیل شده است (Flowers and Flowers, 2005).

یکی از بارزترین پاسخ‌های گیاهان به تنش‌های محیطی، کم شدن فتوسنتز ناشی از اختلال در فعالیت فتوسیستم II می‌باشد (Andrews et al., 1995; McDonald et al., 1993). در چنین شرایطی به دنبال کاهش فتوسنتز و ذخیره فرآورده‌های انتقال الکترون یعنی ATP و NADPH در واکنش‌های وابسته به نور در فتوسنتز، عملکرد کوانتومی فتوسیستم II کاهش پیدا می‌کند (Maxwell and Johnson, 2000).

سطح برگ، میزان کلروفیل و هدایت روزنه‌ای و تا حدودی کاهش در کارایی فتوسیستم II در سورگوم منجر می‌گردد. پسرکلی (Passarkli, 1999) بیان کرد که تداوم فتوستنز با حفظ غلظت کلروفیل در حد معمول تحت شرایط تنش از جمله شاخص‌های فیزیولوژیکی تحمل به تنش به حساب می‌آید. همچنین محتوای آب نسبی برگ به دلیل داشتن همبستگی بالا با عملکرد دانه و سهولت اندازه‌گیری می‌تواند به عنوان یک شاخص مفید در انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل در شرایط تنش شدید در گندم مد نظر قرار گیرد (Shofield *et al.*, 1988).

ارزانی (Arzani, 2008) اظهار داشت که محتوای آب نسبی برگ از شاخص‌های مرتبط با فتوستنز در گیاهان زراعی است که با فتوستنز و عملکرد بالا ارتباط قوی دارد. نتایج مطالعات انجام شده در گندم و جو توسط مونس و همکاران (Munns *et al.*, 2006) و کافی و همکاران (Kafi *et al.*, 2011) مشخص کردند با وجود این که در شرایط تنش شوری پتانسیل تورژسانس تغییر نکرده ولی محتوای آب نسبی کاهش یافت. در همین راستا نیز موفات و همکاران (Moffatt *et al.*, 1990) و جباری و همکاران (Jabari *et al.*, 2006) در واریته‌های گندم همبستگی مثبتی بین محتوای آب نسبی برگ و غلظت کلروفیل مشاهده کردند. پایداری غشا نیز ابزاری در جهت اندازه‌گیری میزان مقاومت در برابر تنش‌های محیطی و از

مشخص کردن سرعت انتقال الکترون و چگونگی اتلاف انرژی الکترون برانگیخته شده به کار می‌رود (Araus *et al.*, 1998; Bilger *et al.*, 1995; Macdonald *et al.*, 1993). امروزه در گونه‌های C₄ مثل ذرت که میزان تنفس نوری در آن‌ها پایین است، اندازه‌گیری فلورسانس جانشین اندازه‌گیری تبادلات گازی برای سنجش کارایی انرژی تابش فعال در فتوستنز در حال انجام است (Macdonald *et al.*, 1993).

مسجدک و همکاران (Masojidek *et al.*, 1991) گزارش کردند که تنش‌های محیطی از جمله شوری باعث کاهش عملکرد کوانتومی فتوسیستم II در چغندر قند می‌شود. کاهش عملکرد کوانتومی فتوسیستم تحت تنش شوری در ارقام مختلف گندم نیز گزارش گردیده است (Cha-Um *et al.*, 2009). نتایج مشابه در پژوهش‌های انجام گرفته روی ارقام کلزا نیز بدست آمده است (Atlassi Pak *et al.*, 2009). تنوع ژنتیکی در واریته‌های مختلف از لحاظ مقدار عملکرد کوانتومی در شرایط تنش به عنوان معیاری برای اصلاح ارقام متحمل مورد استفاده قرار گرفته است (Downie *et al.*, 2004; Grafts and Salvucci, 2002; Yamasaki *et al.*, 2002).

نتونو و همکاران (Netondo *et al.*, 2004) گزارش کردند که تنش شوری به کاهش ماده خشک گیاهی،

جمله خشکی می‌باشد. با توجه به این که پیری زود هنگام برگ در اثر تنش شوری، سبب تغییر میزان نفوذپذیری غشا می‌گردد، نشت یونی غشا می‌تواند بیانگر میزان صدمه وارده بر غشاء باشد. افزایش نشت یونی غشا و کاهش محتوای آب نسبی با افزایش سطح شوری و در نتیجه خشکی فیزیولوژیک حاصل از آن در برخی آزمایش‌ها روی ارقام آفتابگردان گزارش شده است (Modares *et al.*, 2004; Shi, 2004). پژوهش به عمل آمده توسط جباری و همکاران (Jabari *et al.*, 2006) بر روی گندم نشان داد ارقامی که نشت یونی کمتری دارند، به شوری متحمل‌تر و اثر آسیب وارده بر غشا سیتوپلاسمی در اثر تنش باعث می‌شود که محتویات سلول آن‌ها به بیرون تراوش کند، که مقدار این آسیب را می‌توان با اندازه‌گیری مقدار نشت یونی تعیین نمود. عملکرد دانه به عنوان یک خصوصیت پیچیده ژنتیکی به طور گسترده‌ای تحت تاثیر تنش‌های محیطی از جمله شوری قرار می‌گیرد. در آزمایش‌های ال‌هنداوی و همکاران (El-Hendawy *et al.*, 2005) عملکرد دانه به طور معنی‌داری تحت تاثیر سه عامل ژنوتیپ، سطح شوری و اثر متقابل این دو قرار گرفت. ده شیری و همکاران (Dehshiri *et al.*, 2012) نیز گزارش کردند که شوری باعث کاهش عملکرد دانه، محتوای آب نسبی برگ و افزایش نشت یونی غشاء، میزان کلروفیل کل برگ و فلورسنس کلروفیل برگ در کلزا شد. آسیا خاتون و همکاران (Asia Khaton *et al.*, 2000) گزارش کردند که شوری ۶ دسی زیمنس بر متر نسبت به شوری ۱/۵ دسی زیمنس بر متر سبب کاهش عملکرد آفتابگردان به میزان ۵۴/۵۷ درصد و شوری ۳ دسی زیمنس بر متر سبب کاهش ۲۳/۵۴ درصدی عملکرد دانه نسبت به شوری ۱/۵ دسی زیمنس بر متر شد.

این تحقیق با هدف مقایسه واکنش برخی از ارقام تجاری آفتابگردان نسبت به تنش شوری با استفاده از کارایی فلورسانس کلروفیل و برخی دیگر از خصوصیات فیزیولوژیک این گیاه در سال زراعی ۱۳۸۹ به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در دو آزمایش مجزا در گلخانه و مزرعه انجام شد. آزمایش اول در مهر ۱۳۸۹ در گلخانه‌های تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان با دمای حداکثر ۳۰ و حداقل ۱۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۴۰ درصد و دوره نور طبیعی (حدود ۱۰ ساعت دوره نوری) با هدف اندازه‌گیری واکنش ارقام آفتابگردان در مقابل شوری خاک انجام شد. چون برداشت داده‌های مربوط به عملکرد در گلخانه امکان‌پذیر نبوده و رشد بوته‌ها در گلخانه به حصول داده‌های معتبر برای عملکرد منجر نمی‌شود، لذا برای اندازه‌گیری عملکرد، آزمایش دوم در مزرعه تحقیقاتی این دانشگاه با موقعیت جغرافیایی عرض جغرافیایی ۳۰ درجه شمالی، طول جغرافیایی ۵۷ درجه شرقی و

پژوهش به عمل آمده توسط جباری و همکاران (Jabari *et al.*, 2006) بر روی گندم نشان داد ارقامی که نشت یونی کمتری دارند، به شوری متحمل‌تر و اثر آسیب وارده بر غشا سیتوپلاسمی در اثر تنش باعث می‌شود که محتویات سلول آن‌ها به بیرون تراوش کند، که مقدار این آسیب را می‌توان با اندازه‌گیری مقدار نشت یونی تعیین نمود. عملکرد دانه به عنوان یک خصوصیت پیچیده ژنتیکی به طور گسترده‌ای تحت تاثیر تنش‌های محیطی از جمله شوری قرار می‌گیرد. در آزمایش‌های ال‌هنداوی و همکاران (El-Hendawy *et al.*, 2005) عملکرد دانه به طور معنی‌داری تحت تاثیر سه عامل ژنوتیپ، سطح شوری و اثر متقابل این دو قرار گرفت. ده شیری و همکاران (Dehshiri *et al.*, 2012) نیز گزارش کردند که شوری باعث کاهش عملکرد دانه، محتوای آب نسبی برگ و افزایش نشت یونی غشاء، میزان کلروفیل کل برگ و فلورسنس کلروفیل برگ در کلزا شد. آسیا خاتون و همکاران (Asia Khaton *et al.*, 2000) گزارش کردند که شوری ۶ دسی زیمنس بر متر نسبت به شوری ۱/۵ دسی زیمنس بر متر سبب کاهش عملکرد آفتابگردان به میزان ۵۴/۵۷ درصد و شوری ۳ دسی زیمنس بر متر سبب کاهش ۲۳/۵۴ درصدی عملکرد دانه نسبت به شوری ۱/۵ دسی زیمنس بر متر شد.

ارتفاع ۱۷۵۴ متر از سطح دریا اجرا شد.

الف- آزمایش گلخانه‌ای:

آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. بذر هفت رقم آفتابگردان شامل زاریا، بلیزار، آرماویروسکی، یورفلور، هایسون ۳۳، فرخ و پروگرس هر یک در چهار سطح شوری حاصل از نمک کلرید سدیم با هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در سطوح ۲، ۴، ۶، ۸ دسی زیمنس بر متر در گلدان‌هایی با قطر ۹/۵ و ارتفاع ۱۳ سانتی‌متر حاوی ۶۲۰ گرم خاک خشک کشت گردیدند. هر واحد آزمایشی چهار گلدان در هر تکرار بود و در هر گلدان چهار بذر کشت گردید.

مقدار نمک لازم برای تیمارها بعد از کسر شوری خاک، در آب مقطر حل و به گلدان‌ها اضافه گردید و پایین‌ترین سطح شور که مجموع شوری خاک (۱/۰۲۱) و شوری آب (۰/۹۷۹)، برابر ۲ دسی زیمنس بر متر بود به عنوان شاهد در نظر گرفته شد و در طول دوره رشد فقط با آب مقطر آبیاری گردید. قبل از اعمال تیمار، درصد رطوبت اشباع (SP) و ظرفیت مزرعه (Fc) خاک اندازه‌گیری که به ترتیب برابر با ۰/۲۲ و ۰/۱۷ بودند. مقدار نمک لازم برای تهیه محلول با هدایت الکتریکی مختلف از رابطه زیر بدست آمد (Tawfik, 2001).

$$Y_1 = E_c \times 640 \times S_p$$

Y_1 طریقه محاسبه مقدار نمک لازم برای

Ec های مختلف می‌باشد که برای محاسبه Ec های ۲ و ۴ دسی زیمنس بر متر از ضریب ۶۴۰ و برای محاسبه Ec های ۶ و ۸ دسی زیمنس بر متر از ضریب ۸۰۰ استفاده گردید. جهت تأمین عناصر غذایی، محلول غذایی نیمه رقیق شده استاندارد هوگلند همراه با آبیاری به گلدان‌ها اضافه گردید. خاک مورد استفاده لوم شنی که قبل از کاشت بذر جهت کاهش میزان شوری چندین مرتبه با آب مقطر شسته شد. طول دوره‌ی رشد، آبیاری گلدان‌ها به وسیله آب مقطر جهت ثابت نگه داشتن میزان شوری آن‌ها انجام شد. پس از ظهور برگ‌های کوتیلودونی اعمال تنش با استفاده از آب شور با هدایت الکتریکی معین برای آبیاری صورت گرفت و طبق روال معمول از آن پس آبیاری به وسیله آب مقطر ادامه یافت. برای ثابت نگه داشتن شوری در سطح معین بعد از اعمال تنش، روزانه گلدانها با ترازوی با دقت ۰/۵ گرم توزین و با اضافه نمودن آب رطوبت خاک در حد ظرفیت مزرعه حفظ گردید.

در مرحله‌ی ۶ برگی اندازه‌گیری‌های مورد نظر انجام شد. با توجه به این که رشد بوته‌ها تا مرحله تشکیل گل و دانه در شرایط گلدانی در گلخانه بدلیل شرایط متفاوت اقلیمی که منجر به بدست آمدن عملکرد حقیقی ارقام در شرایط معمول رشد آن‌ها نمی‌گردد، بنابراین آزمایشی همزمان در شرایط مزرعه با هدف تعیین عملکرد انجام شد.

ب- آزمایش مزرعه:

آزمایش دوم در مزرعه به دلیل محدودیت در ایجاد شرایط مشابه گلخانه و با هدف اعمال صحیح سطوح مختلف شوری به صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عملیات تهیه بستر کاشت در مزرعه شامل دوبار شخم عمود بر هم و نرم کردن خاک و با توجه به آنالیز خاک افزودن کودهای پایه شامل نیتروژن از منبع اوره به میزان ۴۰ کیلوگرم در هکتار و فسفر از منبع فسفات آمونیوم به میزان ۴۰ کیلوگرم در هکتار بودند. پس از مصرف کودها هدایت الکتریکی عصاره یک به یک خاک و آب آبیاری با دستگاه EC متر اندازه‌گیری شد که به ترتیب برابر با ۰/۹۹۶ ds/m و ۱/۰۰۴ ds/m بود. عملیات کاشت در ۳ خرداد به صورت دستی و برداشت در ۲۰ شهریور ماه انجام پذیرفت. به منظور جلوگیری از خسارت پرندگان پس از دانه بستن طبق‌ها در ردیف‌های کاشت میانی که مورد یادداشت‌برداری قرار می‌گرفتند در کیسه‌های توری پوشانده شدند. هر کرت اصلی توسط یک خط نکاشت مرتفع شده و عایق‌بندی شده با پلی ونیل قرار داده شده در عمق نیم متری در خاک از تکرار بعدی جدا شدند. آزمایش در مجموع دارای ۲۸ تیمار بود و در هر تکرار چهار کرت اصلی و در هر کرت اصلی هفت کرت فرعی قرار داشت. فاصله بین کرت‌های اصلی سه متر و فاصله بین تکرارها دو متر در نظر گرفته شد تا تنش‌های شوری با

هدایت‌های الکتریکی متفاوت بر روی یکدیگر تأثیر نداشته باشند.

برای اعمال تنش در مزرعه آبیاری با استفاده از مقدار معین محلول کلرید سدیم با هدایت الکتریکی مشابه تیمارهای آزمایش گلخانه انجام شد. به تعداد محلول‌ها در مخازن جداگانه بر اساس اطلاعاتی مربوط به عمق توسعه ریشه‌ها، ظرفیت زراعی خاک مزرعه، مقدار EC آب آبیاری و EC خاک مزرعه تهیه شده بودند. اعمال تنش در مرحله گیاهچه (۴ برگگی) و از طریق آب آبیاری به این صورت انجام گرفت که ابتدا مقدار محلول نمک کلرید سدیم لازم برای اعمال تیمارهای با EC‌های مختلف با توجه به اطلاعاتی مثل وزن خاک اشباع، وزن مخصوص خاک، عمق توسعه ریشه، ظرفیت مزرعه و کسر مقدار EC آب آبیاری و EC خاک مورد نظر محاسبه گردید. سپس در مخزن‌های مختلف محلول‌های نمکی با EC‌های متفاوت تهیه و در زمان آبیاری مزرعه، این محلول‌ها جایگزین آب آبیاری شدند. در واقع مقادیر مورد نیاز آب که مجموعاً در هر نوبت آبیاری یک مترمکعب به ازای هر کرت اصلی بود از مخازن مدرج توسط شیلنگ وارد کرت‌های اصلی که هر کدام دارای ۷ کرت فرعی (ارقام مختلف) بود می‌گردید.

در زمان مناسب بررسی پارامترها بعد از آبیاری و رساندن گلدان‌ها به وزن اولیه ابتدا آخرین برگ کاملاً توسعه یافته در موقعیت تقریباً یکسان در هر نمونه توسط فویل

یخ زده و ذوب شدند. EC محلول حاصل پس از تکان دادن اندازه گیری و نشت یونی با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید.

$$\%EC = (EC1/EC2) \times 100$$

اندازه گیری شاخص کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل متر (SPAD meter) صورت پذیرفت. اندازه گیری ها در قسمت میانی آخرین برگ کاملاً توسعه یافته و برای برگ همه گلدان ها در یک موقعیت در مرحله ۶ برگی انجام گرفت.

جهت اندازه گیری محتوای آب نسبی (RWC) یک قطعه ۴ سانتی متر مربعی از برگ ها جدا و بلافاصله توزین (FW) سپس در پتری دیش حاوی آب مقطر بین دولایه دستمال کاغذی به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی قرار گرفته و به حالت اشباع رسیدند و وزن اشباع آن ها اندازه گیری (SW)، سپس درون پاکت های کاغذی در دمای ۸۵ درجه به مدت ۲۴ ساعت خشک و توزین شدند (DW). محتوای آب نسبی از معادله زیر بدست آمد (Gonzalez, 2003).

$$\%RWC = (FW - DW / SW - DW) \times 100$$

RWC: محتوای آب نسبی، FW: وزن تر برگ، DW: وزن خشک برگ، SW: وزن اشباع برگ

کلیه داده ها طبق مدل مربوطه مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند. برای تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزار SAS 9/1، استفاده و میانگین

آلومینیومی به مدت ۳۰ دقیقه پوشانده و به تاریکی عادت داده شد. سپس سنسور دستگاه (Junior PAM- Germany) را به آن متصل و با روشن نمودن دستگاه نور در طول موج ۶۹۵ نانومتر از طریق فیبرنوری به برگ تابیده شد. پارامترهای فلورسانس شامل فلورسانس کمینه (F_0)، فلورسانس بیشینه (F_m)، فلورسانس متغییر (F_v)، عملکرد کوانتومی فتوشیمیایی (F_v/F_m)، اندازه گیری شدند. سطح نور (PFD) سطح جریان فوتون) ۴۰۰ میکرومول فوتون در مترمربع در ثانیه و زمان تابیدن نور ۵ ثانیه برای تمامی تیمارها انتخاب شد که در مورد هر تیمار ۱۰ بار تکرار شد. عملکرد کوانتومی فتوسیستم نیز از رابطه زیر محاسبه شد.

$$f_v / f_m = (f_m - f_0) / f_m$$

جهت سنجش نشت یونی (IL) روش کایا و همکاران (Kaya et al., 2001)، و بن حامد و همکاران (Ben Hamed et al., 2007) استفاده شد. از هر بوته ۵ قطعه برگ مساوی به وسیله سوراخ کن کاغذ تهیه و در لوله های درب دار حاوی ۱۰ ml آب مقطر قرار گرفتند و هدایت الکتریکی (EC) محلول در تماس با نمونه ها بر حسب دسی زیمنس بر متر اندازه گیری شد (Winlab Data Line Conduct-Meter. Windaus. No: 1625036). به منظور تخریب دیواره سلولی و رها شدن شیره سلولی لوله های حاوی قطعات برگ چند مرتبه به طور متوالی

تیمارها برای صفات مورد بررسی با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که عدد کلروفیل متر تحت تاثیر تنش شوری، رقم و اثر متقابل آن دو قرار گرفت (جدول ۱). با افزایش تنش شاخص کلروفیل کاهش پیدا کرد به طوری که بیشترین شاخص کلروفیل در ارقام بیلزار، آرماویروسکی و فرخ در سطح شوری ۲ دسی زیمنس بر متر و کمترین شاخص کلروفیل در بالاترین سطح شوری و در ارقام زاریا با ۱۸٪ و پروگرس با ۱۶٪ کاهش نسبت به پایین ترین سطح شوری بدست آمد (جدول ۲). در مجموع بیشترین میزان عدد کلروفیل در کلیه ارقام مربوط به پایین ترین سطح شوری و کمترین میزان آن مربوط به بالاترین سطح شوری بود که با یافته‌های چن ژان یانگ (Chen and Junyaing, 1996)، آراوس و همکاران (Araus et al., 1998) همخوانی دارد. پیور موسوی و همکاران (Poor Mousavi et al., 2007) نشان دادند که در گیاه سویا در صورتی که تنش شدید و طولانی مدت اعمال شود مقدار کلروفیل برگ‌ها کاهش پیدا می‌کند. کریمی و همکاران (Karimi et al., 2012) نیز مشاهده کردند که با افزایش سطوح مختلف کلرید سدیم مقدار کلروفیل در برگ انگور کاهش پیدا کرد.

کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی در شرایط شوری می‌تواند عمدتاً به دلیل تخریب ساختمان کلروپلاست و دستگاه فتوسنتزی، فتواکسیداسیون کلروفیل‌ها و ممانعت از بیوسنتز کلروفیل‌های جدید می‌باشد (Sultan, 2005).

کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش شوری به دلیل فعالیت بیشتر آنزیم کلروفیلاز گزارش شده است ردی و همکاران (Reddy et al., 2005). همچنین بعضی از مواد تنظیم کننده رشد نظیر آبسزیک اسید و اتیلن موجب تحریک فعالیت این آنزیم می‌شوند افزایش تولید پرولین تحت شرایط تنش موجب می‌شود تا گلوتامات که پیش ماده ساخت کلروفیل و پرولین است کمتر در مسیر بیوسنتز کلروفیل شرکت داشته باشد دراز کویچ (Drazkiwicz, 2000). همچنین تنش اکسیداتیو ناشی از افزایش محتوای گونه‌های فعال اکسیژن نیز بر ساختار کلروپلاست آسیب می‌رساند و باعث کاهش غلظت کلروفیل می‌شود (Desingh et al., 2007).

ماسوجیدیک و همکاران (Masojidek et al., 1991) و تایز و زایگر (Taiz and Zeiger, 2001) افزایش مقدار کلروفیل در اثر تنش ملایم را به افزایش وزن مخصوص برگ نسبت دادند. زارع و همکاران (Zareh et al., 2004) بیان کردند وقوع تنش همچنین سطح برگ را کاهش می‌دهد که آن هم ناشی از کاهش اندازه سلول‌ها است. با توجه

جدول ۱- تجزیه واریانس برای اثر تنش شوری بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیک ارقام آفتابگردان
 Table 1. Analysis of variance for salt stress effect on some physiological characters of sunflower cultivars

S.O.V.	منبع تغییرات	df	Mean Square میانگین مربعات					
			عدد کلروفیل متر	فلورسانس	فلورسانس	عملکرد کوانتومی	نشت یونی	محتوای رطوبت نسبی
	درجه آزادی		SPAD reading	فلورسانس کمینه (F ₀)	پیشینه (F _m)	فتوسیستم II	Ion leakage	RWC
				Initial fluorescence	Maximum fluorescence	ΦPSII		
Replication	تکرار	2	7.74**	3.67 ^{ns}	8.46 ^{ns}	0.000079**	0.12 ^{ns}	0.23 ^{ns}
Salt (S)	شوری	3	83.22**	35380.04**	1102420.13**	0.00105**	309.25**	14.57**
Variety (V)	رقم	6	29.01**	11171.2**	368482.09**	0.000146**	165.64**	2.45**
S × V	رقم × شوری	18	2.27**	1152.08**	42627.7**	0.000017**	7.14**	0.54**
Error	خطا	54	0.747	4.777	5.514	0.00000868	0.194	0.039
C.V.(%)	ضریب تغییرات(%)		2.73	0.67	0.12	0.35	1.84	13.41

* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns: Not- Significant

ns: غیر معنی دار

جدول ۴ میانگین برخی شاخص‌های فیزیولوژیک ارقام آفتابگردان در سطوح مختلف شوری
Table 2. Mean of some physiological characters of sunflower cultivars in different salt stress levels

سطح شوری	عدد کلروفیل	نشت یونی	فلورسانس کمینه	فلورسانس بیشینه	عملکرد کوانتومی	
رقم	متر	(دسی زیمنس بر متر)	(F ₀)	(F _m)	سیستم II	
Salt level	Variety	SPAD reading	Ion leakage (ds m ⁻¹)	Initial fluorescence	Maximum fluorescence	ΦPSII
2 ds m ⁻¹	Farrokh	35.43ab	18.00p	297.66m	1601.66w	0.831a-d
	Progress	31.83d-g	19.60no	317.01k	1941.66l	0.833ab
	Zaria	32.52de	17.78p	287.33o	1705.33t	0.832a-c
	Bilizar	35.91a	15.28r	235.01r	1557.66z	0.823f-i
	Hysun 33	33.30cd	19.01o	281.66p	1655.50yu	0.826d-g
	Armavirosky	35.90a	16.65q	262.66q	1822.33o	0.832a-c
	Euroflour	32.06d-g	26.73e	212.66s	1591.33x	0.835a
4 ds m ⁻¹	Farrokh	34.14bc	23.57h	311.01l	1614.66v	0.829b-e
	Progress	30.63g-j	26.69ef	351.66f	2013.33k	0.830a-d
	Zaria	31.53e-h	19.94mn	341.33h	1890.66m	0.827c-f
	Bilizar	34.90ab	22.49i	283.66p	1576.66y	0.820h-k
	Hysun 33	32.60de	20.65lm	332.00i	1741.33s	0.822f-j
	Armavirosky	32.50gde	17.96p	342.33h	1834.66n	0.823f-i
	Euroflour	31.20e-i	29.46c	235.33r	1602.00w	0.824e-h
6 ds m ⁻¹	Farrokh	34.13bc	26.60e	373.66d	2182.66d	0.816kl
	Progress	28.66k	28.22d	362.33e	2031.33j	0.823f-i
	Zaria	29.83i-k	21.67jk	346.66g	2038.66i	0.821g-k
	Bilizar	32.43d-f	25.05g	294.66mn	1581.33r	0.816kl
	Hysun 33	32.30m	22.47i	334.01i	1806.00p	0.817j-l
	Armavirosky	30.83f-j	21.19kl	352.66f	2168.66e	0.814lm
	Euroflour	30.16h-k	32.69b	292.66n	1743.00s	0.821g-k
8 ds m ⁻¹	Farrokh	31.50e-h	30.04c	393.66b	2323.33c	0.814lm
	Progress	26.83l	29.94c	401.66a	2464.33a	0.820h-k
	Zaria	26.73l	22.26ij	353.66f	2118.66f	0.818i-l
	Bilizar	29.40jk	25.05g	389.66c	2108.00g	0.809mn
	Hysun 33	31.50e-h	25.12g	354.33f	2044.00h	0.814lm
	Armavirosky	29.76i-k	25.78fg	361.66e	2350.33b	0.807n
	Euroflour	28.83k	34.45a	322.33j	1796.33q	0.818i-l

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level-Using Duncan's Multiple Range Test.

نسبت به شاهد می‌باشد. پور موسوی و همکاران (Poor Mousavi *et al.*, 2007) اظهار داشتند که می‌توان انتظار داشت که در شرایط نرمال به دلیل وجود سلول‌های بزرگتر در واحد وزن برگ، میزان کلروفیل نیز افزایش یابد. به طور

به آن چه که محمود و همکاران (Mahmood *et al.*, 2003) در مورد اثر تنش شوری بر کاهش شاخص کلروفیل بیان کردند می‌توان اظهار داشت که علت این موضوع احتمالاً کاهش غلظت کلروفیل در تنش شوری

(جدول ۱). مقایسه میانگین در مورد این پارامتر نیز نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار (F_m) به ترتیب در رقم پروگرس در شوری ۸ دسی زیمنس بر متر و رقم بیلزار در شوری دو دسی زیمنس بر متر بود (جدول ۲). اصولاً مقدار فلورسانس کلروفیل هنگامی که اولین پذیرنده الکترون Q_A در حالت احیاء باشد زیاد است و به این دلیل مقدار فلورسانس متغیر (F_v) نیز در این حالت زیاد می‌شود. اما زمانی که Q_A در حالت اکسیداسیون است مقدار فلورسانس کلروفیل کم می‌باشد. در این حالت میزان فلورسانس متغیر (F_v) کاهش می‌یابد. علی دیب و همکاران (Ali Dib *et al.*, 1994) و اومن و دونلی (Ommen and Donnelly, 1999) گزارش کردند که تنش‌های محیطی مقدار فلورسانس متغیر (F_v) را به علت ممانعت از فتواکسیداسیون فتوسیستم II کاهش می‌دهند. از آنجایی که فلورسانس متغیر (F_v) نشانگر احیاء کامل پذیرنده الکترون (Q) می‌باشد، بنابراین می‌توان استنباط نمود که تنش شوری در انتقال الکترون به فتوسیستم I اختلال ایجاد کرد.

اثر شوری، رقم و اثر متقابل رقم \times شوری بر نسبت F_v/F_m یا عملکرد کوانتومی نیز معنی دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها مشخص کرد که مقدار نسبت F_v/F_m با افزایش سطوح تنش روند کاهشی نشان داد (جدول ۳). به طوری که کمترین مقدار نسبت F_v/F_m برای رقم آرمایروسکی در بالاترین سطح شوری بدست آمد که ۴٪ نسبت به پایین‌ترین سطح شوری

کلی تاثیر تنش بر میزان کلروفیل بسیار متنوع بوده و بستگی به شرایط محیطی و ژنوتیپی گیاهان دارد. در بعضی گونه‌ها تنش باعث کاهش و در برخی باعث افزایش محتوای کلروفیل می‌گردد.

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر شوری، رقم و اثر متقابل آن‌ها بر فلورسانس کمینه معنی دار بود (جدول ۱). لی یانگ و همکاران (Liang *et al.*, 1997) نشان دادند مقدار (F_0) با افزایش شدت تنش نسبت به شرایط عادی افزایش یافت که بیانگر تخریب مراکز واکنش فتوسیستم II در شرایط تنش بود. زئیر و همکاران (Zair *et al.*, 2003) اظهار نمودند که تنش به تنهایی تغییرات معنی‌داری در فلورسانس کمینه (F_0) ایجاد نمی‌کند. در حالی که بهرا و همکاران (Behra *et al.*, 2002) مشخص کردند فلورسانس اولیه (F_0) توسط تنش‌های محیطی دچار تغییراتی می‌شوند که علت آن دگرگونی ساختار و تغییر در رنگدانه‌های فتوسیستم II می‌باشد.

در این آزمایش بیشترین فلورسانس اولیه (F_0) در رقم پروگرس و در بالا ترین سطح شوری با ۲۱٪ افزایش نسبت به پایین‌ترین سطح شوری دیده شد و کمترین مقدار این پارامتر در رقم یوروفلور در پایین‌ترین سطح شوری بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با شاهد و سایر سطوح شوری داشت (جدول ۲). بررسی داده‌های این آزمایش در مورد فلورسانس بیشینه نتایج مشابه فلورسانس کمینه را ایجاد کرد

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر شوری بر برخی خصوصیات فیزیولوژیک بوته های آفتابگردان
 Table 3. Mean comparison for effect of salt stress on same physiological characteristics of sunflower

سطوح شوری	شاخص کلروفیل	فلورسانس کمینه (F ₀)	فلورسانس بیشینه (F _m)	عملکرد کوانتومی فتوسیستم II	نشت یونی (دسی زیمنس بر متر)	درصد محتوی رطوبت نسبی
Salt levels ds m ⁻¹	SPAD reading	Initial fluorescence	Maximum fluorescence	ΦPSII	Ion leakage (ds m ⁻¹)	RWC (%)
2	33.85a	368.14a	2172.14a	0.830a	28.02a	89.75a
4	32.5b	336.66b	1935.95b	0.825b	25.41b	86.63b
6	30.99c	313.904c	1724.76c	0.818c	22.91c	84.7c
8	29.22d	270.571d	1667.85d	0.814d	19.01d	81.37d

میانگین هایی، در هر ستون، که دارای حرف مشابه می باشند بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی دار ندارند.

Means, in each column, followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level-using Duncan's Multiple Range Test.

می‌باشد. در نتیجه می‌توان با استفاده از فلورسانس کلروفیل به عنوان یکی از راه‌های آسان و دقیق بدون اتلاف وقت و هزینه برای شناسایی ارقام متحمل به شرایط تنش استفاده کرد.

اوممن و دونلنی (Ommen and Donnelly, 1999) بیان داشتند که به علت ایجاد اختلال در مسیر انتقال الکترون و تخریب بافت‌های مرتبط با فتوسنتز تحت شرایط تنش، گیاه قادر به استفاده مطلوب از سوپسترا و انرژی نیست به همین دلیل کارایی مصرف سوپسترا و انرژی تحت چنین شرایطی به شدت کاهش می‌یابد که می‌تواند دلیل کاهش عملکرد دانه تحت شرایط تنش در آزمایش حاضر باشد. در این آزمایش با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان احتمال داد که یکی از دلایل کاهش نسبت F_v/F_m اختلال در ساخت کلروفیل بود و کاهش عدد کلروفیل متر نیز این موضوع را تایید کرد. زیرا فلورسانس کلروفیل به طور مستقیم به فعالیت کلروفیل در مرکز واکنش فتوسیستم‌ها ارتباط داشته و می‌توان از آن به عنوان یکی از معیارهای اندازه‌گیری کارایی فتوسیستم نام برد.

جهت ارزیابی تحمل به تنش شوری پارامترهایی نظیر F_v و F_v/F_m که همبستگی بالایی با عملکرد دانه دارند قابل اطمینان هستند. زلات و یوردانوف (Zelate and Yordanov, 2005) نیز اعتقاد دارند که پارامتر F_v/F_m شاخص خوبی برای تعیین تفاوت بین شرایط کنترل و شرایط

کاهش داشت و با رقم بیلزار در یک گروه قرار داشت. بیشترین آن در رقم یوروفلور در پایین‌ترین سطح شوری بدست آمد، اگر چه با کلیه ارقام به جز هایسان ۳۳ و بیلزار در یک گروه قرار داشتند (جدول ۲). مقدار نسبت F_v/F_m نشان‌دهنده ظرفیت انتقال الکترون فتوسیستم II است. بنابر این کاهش میزان آن در شرایط تنش نشانه کاهش میزان حفاظت نوری بوده و همچنین دلیلی بر اثر معنی‌دار تنش شوری بر کارایی فتوسنتز است.

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر شوری و رقم بر عملکرد دانه معنی‌دار بود، در حالی که اثر متقابل این دو معنی‌دار نبود (جدول ۴). بیشترین عملکرد دانه بدست آمده در بین ارقام مورد آزمایش در رقم پروگرس بدست آمد (شکل ۱). در واقع وقوع تنش سبب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه شد (شکل ۲). نتایج آزمایش حاضر در خصوص کاهش عملکرد دانه ناشی از تنش شوری با گزارش‌های سادات نوری و مکنلی (Sadat Noori and McNeilly, 2003) و پوسستینی و سوسی و سه‌مرد (Poustini and Siosemardeh, 2004) و رضایی زاد (Rezaeizad, 2005) مطابقت دارد. به طور کلی به نظر می‌رسد که ارقامی که در سطوح بالای شوری مقدار نسبت F_v/F_m بیشتری داشته باشند توانایی انجام محافظت نوری در شرایط تنش را داشته و این توانایی همسو با افزایش عملکرد دانه در همین میزان شوری

جدول ۴ تجزیه واریانس برای عملکرد دانه
Table 4. Analysis of variance for grain yield

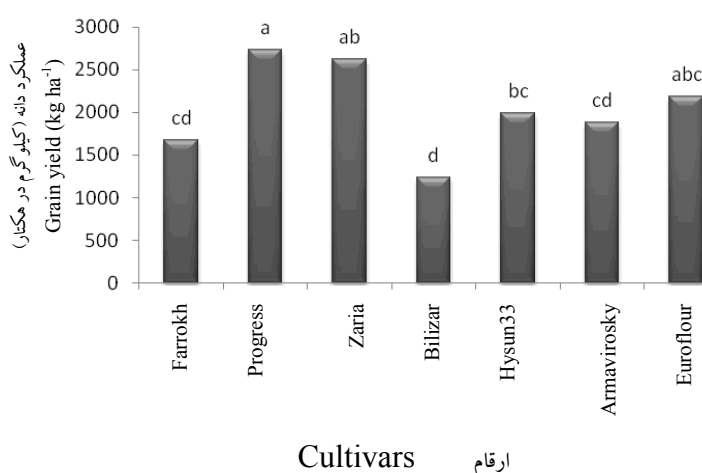
S.O.V.	منبع تغییرات	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield
Replication	تکرار	2	5042316.68**
Salt (S)	شوری	3	689921.20**
Ea	خطای الف	6	244610.90
Variety (V)	رقم	6	3312157.50**
S × V	شوری × رقم	18	295845.60 ^{ns}
Eb	خطای ب	48	675384.76
C.V.(%)	ضریب تغییرات(%)		40.06

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

ns: Not- Significant

ns: غیر معنی دار

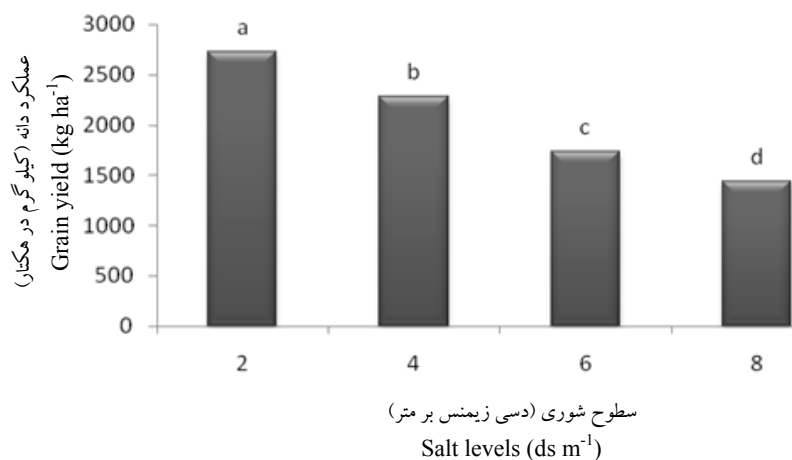


شکل ۱- میانگین عملکرد دانه ارقام آفتابگردان (ستونهایی که دارای حروف الفبای مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی دار ندارند).

Fig. 1. Mean seed yield of sunflower cultivar (Columns with similar letter are not significantly different at the 5% probability level-using Duncan's Multiple Range Test).

لوبیا و گاو (Gao, 2006) در ذرت به نتایج یکسانی دست یافتند. با توجه به این مطالب راندمان کواتومی بالا می‌تواند شاخص مفیدی جهت شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه بالا در شرایط تنش باشد و جهت ارزیابی تحمل به

تنش می‌باشد. پاکنژاد و همکاران (Paknejad et al., 2007) بیان کردند که در گندم بیشترین همبستگی بین عملکرد دانه با پارامترهای F_v و F_m و F_v/F_m بود. همچنین زلات و یوردانو (Zelate and Yordanov, 2005) در



شکل ۴ میانگین عملکرد دانه آفتابگردان در سطوح مختلف شوری (ستونهایی که دارای حرف مشابه می باشند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی دار ندارند).

Fig. 2 . Mean seed yield sunflower in different salt stress levels (Columns with similar letter are not significantly different at the 5% probability level-using Duncan's Multiple Range Test).

(Paknejad *et al.*, 2007).

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به نشت یونی غشا نیز نشان داد که اثر اصلی تنش، رقم و اثر متقابل رقم × شوری بر نشت یونی معنی دار بود (جدول ۱). کمترین میزان نشت یونی مربوط به رقم بیلزار در شوری دو دسی‌زیمنس بر متر و بیشترین آن در رقم یوروفلور با ۳۳٪ افزایش نسبت به پایین‌ترین سطح شوری و در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد (جدول ۲). از آنجایی که نشت یونی با پایداری غشاء سیتوپلاسمی رابطه عکس دارند، بنابراین در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر غشا از پایداری کمتری برخوردار بود در نتیجه در این سطح از شوری بر خلاف سطوح پایین تر نشت یونی بیشتر بود. در واقع محتوای کلروفیل برگ و نشت یونی به افزایش تنش واکنش

تنش شوری برای بهبود عملکرد دانه آفتابگردان قابل اطمینان است.

آنندریوز و همکاران (Andrews *et al.*, 1995) و لو و همکاران (Lu *et al.*, 2002) بیان کردند از آنجایی که نسبت F_v/F_m نشان‌دهنده ظرفیت انتقال الکترون فتوسیستم II می باشد که با عملکرد کوانتوم فتوستنز خالص همبستگی دارد می توان نتیجه گرفت که هر گاه شرایط لازم برای انتقال الکترون از فتوسیستم II بهتر باشد عملکرد کوانتوم فتوستنز خالص بالا خواهد رفت. برخی آزمایشات از جمله این آزمایش نشان داده‌اند که افزایش میزان محتوای آب نسبی و کاهش نسبت نشت یونی می تواند شرایط مناسب برای انتقال الکترون فراهم نماید (Allakhverdiev *et al.*, 2000).

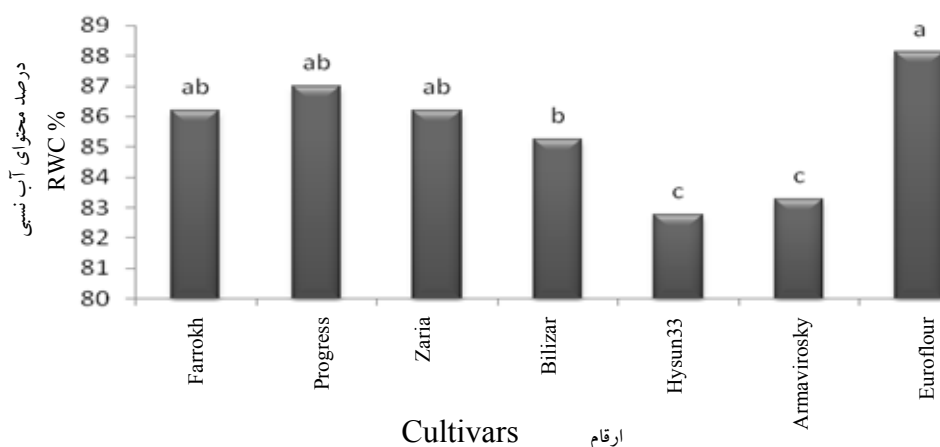
شرایط تنش محتوای آب نسبی بالا دارند از عملکرد بیشتری نیز برخوردارند.

مونس و همکاران (Munns and Tester, 2008) بیان کردند که افزایش تجمع یون‌ها به ویژه سدیم و کلر می‌تواند در کاهش میزان آب نسبی موثر باشد. کاهش میزان محتوای آب نسبی در شرایط شور می‌تواند ناشی از کاهش مقدار جذب آب باشد. با این وجود اگر در شرایط شور مقدار بیشتری از یون‌های سدیم و کلر را توسط گیاه جذب شده باشد و به آستانه مسمومیت نرسیده باشد، می‌توان انتظار داشت که گیاه بتواند آب بیشتری نیز جذب کند. مورگان (Morgan, 1992) نشان داد که کاهش پتانسیل اسمزی شیره سلولی که به افزایش تمایل گیاه به جذب آب منجر می‌شود در گندم به تجمع یون پتاسیم نسبت داده شده است و یون سدیم در این مورد هیچ نقشی ندارد. با توجه به این که در شرایط شور سدیم جایگزین پتاسیم می‌گردد ممکن است در حفظ پتانسیل اسمزی منفی و جذب آب در شرایط شور اختلال ایجاد شده باشد.

در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد که رقم پروگرس با عملکرد کوانتومی بالا و بالاترین عملکرد دانه در میان ارقام مورد آزمایش متحمل‌ترین رقم نسبت به شوری بود (جدول ۵) و برای کشت در اراضی شور و یا آبیاری با آب‌های شور مناسب می‌باشد. در

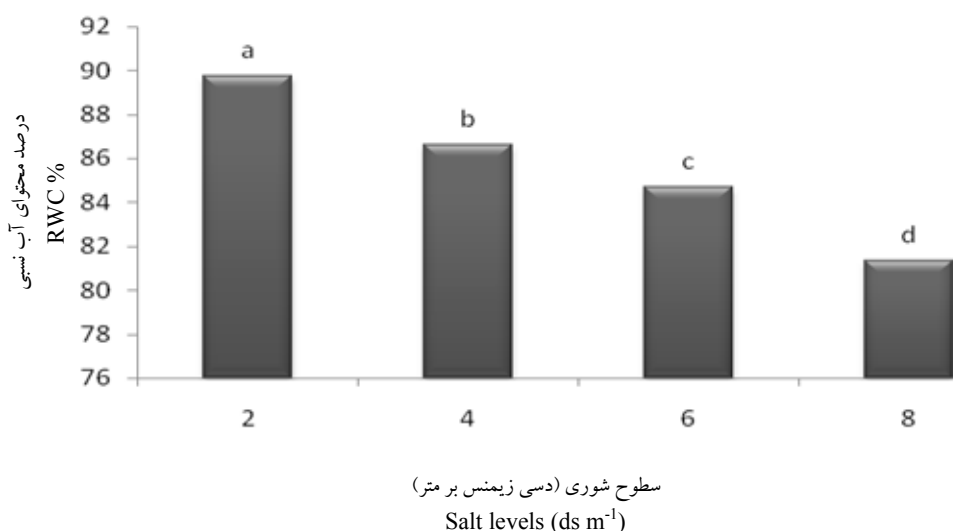
نشان داد. برخی از محققان علت افزایش تراوش یونی غشاء را تحت شرایط تنش شوری افزایش غلظت سدیم می‌دانند (Orcutt and Nilson, 2000). پیری برگ نیز یکی از عواملی است که در شرایط تنش شوری به گیاه تحمیل می‌شود. یکی از علل پیری برگ افزایش تراوایی و قابلیت نفوذ پذیری غشا در غلظت‌های بالای نمک می‌باشد اورکوت و نیلسن (Orcutt and Nilson, 2000). افزایش نشت یونی غشا با افزایش شوری توسط محمود و ایرما (Mahmood and Irma, 2003) در گیاهان آفتابگردان، کایا و همکاران (Kaya et al., 2001) در اسفناج و کامکار و همکاران (Kamkar et al., 2004) در توت فرنگی نیز گزارش شده است.

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر شوری و رقم بر میزان محتوای آب نسبی بسیار معنی‌دار بود، در حالی که اثر متقابل این دو معنی‌دار نبود (جدول ۱). در مقایسه بین ارقام مورد مطالعه بیشترین میزان محتوای آب نسبی در رقم یوروفلور بدست آمد که با ارقام فرخ و پروگرس در یک گروه قرار داشت (شکل ۳). همچنین به طور کلی افزایش سطوح شوری موجب کاهش محتوای آب نسبی شد (شکل ۴). مدرس و همکاران (Modares et al., 2004) نشان دادند که تنش شوری و خشکی فیزیولوژیک حاصل از آن باعث کاهش محتوای آب نسبی و سطح برگ ارقام آفتابگردان می‌شود و ژنوتیپ‌هایی که در



شکل ۳ میانگین محتوای آب نسبی ارقام آفتابگردان (ستونهایی که دارای حرف مشابه می‌باشند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی دار ندارند).

Fig. 3. Mean of relative water content of sunflower cultivar (Columns with similar letter are not significantly different at the 5% probability level-using Duncan's Multiple Range Test).



شکل ۴ میانگین محتوای آب نسبی آفتابگردان در سطوح مختلف شوری (ستونهایی که دارای حرف مشابه می‌باشند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی دار ندارند).

Fig. 4. Mean of relative water content sunflower different salt stress levels (Columns with similar letter are not significantly different at the 5% probability level-using Duncan's Multiple Range Test).

مقابل رقم بیلزار کمترین میزان عملکرد کوانتومی و کمترین میزان عملکرد دانه را داشت و رقمی حساس نسبت به شوری شناخته شد.

References

- Ali Dib, T., Monneveux, P. H., Acevedo, E., and Nachit, M. M. 1994.** Evaluation of proline analysis and chlorophyll fluorescence quenching measurements as drought tolerance indicator in durum wheat (*Triticum turgidum* L.). *Euphytica* 79(1-2): 65-73.
- Allakhverdiev, S. I., Sakamoto, A., Nishiyama, Y., Inaba, M., and Murata, N. 2000.** Ionic and osmotic effects of NaCl-inactivation of photosystems I and II in *Synechococcus spp.* *Journal of Plant Physiology* 123: 1047-1056.
- Andrews, J. R., Fryer, M. J., and Baker, N. R. 1995.** Characterization of chilling-effects on photosynthetic performance of maize crops during early season growth using chlorophyll fluorescence. *Journal of Experimental Botany* 46: 1195-1203.
- Arzani, A. 2008.** Improving salinity tolerance in crop plants: biotechnology view. *In vitro Cellular and Development Biology Plant* 44(5): 373-383.
- Asia Khaton, M., Qureshi, S., and Hssain, M. K. 2000.** Effect of salinity on some yield parameters of sunflower. *International Journal of Agriculture and Biology* 4: 382-384.
- Atlassi Pak, V., Nabipour, M., and Meskarbashee. 2009.** Effect of salt stress on chlorophyll content, fluorescence, Na⁺ and K⁺ ions content in rape plants (*Brassica napus* L.). *Asian Journal of Agricultural Research* 3(2): 28-37.
- Behra, R. K., Mishra, P., and Choudhury, N. K. 2002.** High irradiance and water stress induce alterations in pigment composition and chloroplast activities of primary wheat leaves. *Journal of Plant Physiology* 159: 967-973.
- Ben Hamed, K., Castangna, A., Salem, E., Ranieri, A., and Abdelly, C. 2007.** Sea fennel (*Crithmum maritimum* L.) under salinity conditions: a comparison of leaf and root antioxidant responses. *Plant Growth Regulation* 53: 185-194.
- Bilger, W., Schreiber, U., and Bock, M. 1995.** Determination of the quantum efficiency of photosystem II and of non-photochemical quenching of chlorophyll fluorescence in the field. *Oecologia* 102(4): 425-432.
- Cha-Um, S., Supaibulwattana, K., and Kirdmanee, C. 2009.** Comparative effects of salt stress and extreme pH stress combined on glycinebetaine accumulation, photosynthetic abilities and growth characters of two rice genotypes. *Rice Science* 16(4): 274-282.
- Chen, J., and Junying, D . 1996.** Effect of drought on photosynthesis and grain yield

- of corn hybrids with different drought tolerance. *Acta Agronomica Sinica* 22(6): 757-762.
- Dehshiri, A., Modares Sanavi, M., Rezai, H., and Shirani Rad, A. 2012.** Effect of elevated concentration of atmospheric carbon dioxide on some traits of three rapeseed (*Brassica napus* L.) varieties under saline conditions. *Seed and Plant Production Journal* 28(2): 35-52 (In Persian).
- Desingh, R., and Kanagaraj, G. 2007.** Influence of salinity stress on photosynthesis and antioxidative systems in two cotton varieties. *General and Applied Plant Physiology* 33(3-4): 221-234.
- Downie, A., Myazaki, S., and Bohnert, H. 2004.** Expression profiling of the response of *Arabidopsis thaliana* to methanol stimulation. *Journal of Experimental Botany* 65: 2305-2316.
- Drazkiewicz, M. 2000.** Chlorophyllase: occurrence, functions, mechanism of action, effects of external and internal factors. *Photosynthesis* 30(3): 321-331.
- El- Hendawy, S. E., Hua, Y., Yakout, G. M., Awod, A. M., Hafiz, S. H., and Schmidhalter, U. 2005.** Evaluating salt tolerance of wheat genotypes using multiple parameters. *European Journal of Agronomy* 22: 243-253.
- Flowers, T. J., and Flowers, S. A. 2005.** Why does salinity pose such difficult problem for plant breeders? *Agriculture Water Management* 78: 15-24.
- Gao, T. 2006.** Silicon decreases transpiration rate and conductance from stomata of maize plants. *Journal of Plant Nutrient* 29: 1637-1647.
- Gonzalez, L., and Gonzalez-Vilar, M. 2003.** Determination of relative water content. Pp. 207-212. In: J. Manuel and R. Goger (Eds.). *Handbook of plant ecophysiology techniques*. Kluwer Academic Publishers, London.
- Grafts- Brander, S. J., and Salvucci, M. E. 2002.** Sensitivity of photosynthesis in a C₄ plant, maize, to heat stress. *Plant Physiology* 129: 1773-1780.
- Jabari, F., Ahmadi, A., and Poustini, K. 2006.** Relationships between anti-oxidant enzyme activities and chlorophyll content of different wheat cultivars. *Journal of Agricultural Science* 37(1): 307-316.
- Kafi, M., Bagheri, A., Nabati, J., Zare Mehrjerdi, M., and Masoumi, A. 2011.** Effect of salinity on some physiological variables of 11 chickpea genotypes under hydroponic conditions. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*

1(4): 55-70.

- Kamkar, B., Kafi, M., and Nassiri Mahallati, M. 2004.** Determination of the most sensitive developmental period of wheat (*Triticum aestivum* L.) to salt stress to optimize saline water utilization. Pp. 1-6. In: Proceedings of the 4th Crop Science Congress of Iran.
- Karimi, H., Abasspour, N., and Mahmoodzadeh, H. 2012.** Effect of salinity on some physiological attributes of four grape cultivars in vineyards of Uremia in Iran. Seed and Plant Production Journal 28(2): 113-119.
- 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. Journal of Plant Physiology 27 (3-4): 47-59.
- Liang, J., Zhang, J., and Woog, M. 1997.** Can stomatal closure caused by xylem ABA explain the inhibition of leaf photosynthesis under soil drying? Photosynthesis Research 51: 149-159.
- Lu, C., Qiu, N., Lu, Q., Wang, B., and Kuang, T. 2002.** Does salt stress lead to increased susceptibility of photosystem II to photo inhibition and change in photosynthetic pigment composition in halophyte *suaeda salsa* grown outdoors? Plant Science 163: 1063-1068.
- Macdonald, G. E., Shilling, D. G., and Bewick, T. A. 1993.** Effects of endothall and other aquatic herbicides on chlorophyll fluorescence, respiration and cellular integrity. Journal of Aquatic Plant Management 31: 50-55.
- Mahmood, S., Iram, S., and Athar, H. R. 2003.** Intra-specific variability in sesame (*Sesamum indicum*) for various quantitative and qualitative attributes under differential salt regimes. Pakistan Journal of Research (Science) 14(2): 177-186.
- Masojidek, J., Trivedi, S., Halshaw, L., Alexiou, A., and Hall, D. O. 1991.** The synergistic effect of drought and light stress in sorghum and pearl millet. Plant Physiology 96: 198-207.
- Maxwell, K., and Johnson, G. 2002.** Chlorophyll fluorescence- a practical guide. Journal of Experimental Botany 51: 659-668.
- Modares, A., Soroush, A., and Jalali, M. 2004.** Changes in chlorophyll fluorescence and content of sunflower plants under stress and Zn and Mn application. Journal of Desert 9(1): 93-109

- Moffatt, J. M., Sears, R. G., and Paujzen, G. M. 1990.** Wheat high temperature tolerance during reproductive growth: I. Evaluation by chlorophyll fluorescence. *Crop Science* 30(4): 881-207.
- Morgan, J. M. 1992.** Osmotic components and properties associated with genotypic differences in osmoregulation in wheat. *Australian Journal of Plant Physiology* 19: 67-76.
- Munns, R., and Tester, M. 2008.** Mechanisms of salinity tolerance. *Annual. Review of Plant Physiology* 59: 651-681.
- Munns, R., James, R. A., and Lauchi, A. 2006.** Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany* 57(5): 1023-43.
- Munns, R. 2002.** Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environment* 25: 239-250.
- Netondo, G. W., Onyango, J. C., and Beck, E. 2004.** Growth and gas exchange characteristics of Avocado plants under salinity stress. *Crop Science* 44: 806-811.
- Ommen, O. E., and Donnelly, A. 1999.** Chlorophyll content of spring wheat flag leaves grown under elevated CO₂ concentrations and other environmental stresses within the "ESPACE- wheat" project. *European Journal of Agronomy* 10: 197-203.
- Orcutt, D. M., and Nilson, E. T. 2000.** The physiology of plants under stress, soil and biotic factors. John Wily and Sons, New York. 696 pp.
- Paknejad, F., Nasri, M., Tohidi Moghadam, H. R., Zahedi, H., and Jami Alahmadi, M. 2007.** Effects of drought stress on chlorophyll fluorescence parameters chlorophyll content and grain yield of wheat cultivars. *Journal of Biological Sciences* 7(6): 841-847.
- Passarkli, M. 2010.** Handbook of Plant and Crop Stress. 3rd edition. CRC press. 1245 pp.
- Poor Mousavi, M., Galavy, M., and Daneshian, J. 2007.** Effects of drought and manure on water content and membrane stability and leaf chlorophyll content of soybean. *Journal of Agriculture Science and Natural Resources* 14(4): 125-133.
- Poustini, K., and Siosemardeh, A. 2004.** Ion distribution in wheat cultivars in response to salinity stress. *Field Crops Research* 85: 125-133.
- Reddy, M. P., and Vora, A. B. 2005.** Salinity induced changes in pigment composition

- and chlorophyllase activity of chelidonium. *Indian Journal Plant Physiology* 29(4): 331-334.
- Rezaeizad, A., 2005.** Responses of some sunflower genotypes to drought stress using different stress tolerance indices. *Seed and Plant* 23(1): 43-58.
- Sadat Noori, S. A., and McNeilly, S. 2003.** The genetic architecture of salt character in bread wheat (morphological characters). Pp. 1242-1243. In: *Proceedings of the 10th International Wheat Genetics Symposium.*
- Shi, D., and Sheng, Y. 2004.** Effect of various salts alkaline mixed stress conditions on sunflower seedling and analysis of their stress factors. *Environmental and Experimental Botany* 54: 8-21.
- Shofield, M. P., Richard, J. C., Caver, B. P., and Mornhi, N. W. 1988.** Water relation in winter wheat as drought resistance indicators. *Crop Science* 28: 526-531
- Sultan, A. 2005.** Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. *Environmental and Experimental Botany* 42(3): 211-220.
- Taiz, J., and Zeiger, E. 2001.** *Plant Physiology.* Benjamin/Cummings Publication Company. 379 pp.
- Tawfik, A., and Noga, A. 2001.** Priming of cumin (*Cuminum cyminum*) seeds and its effect on germination, emergence and storability. *Journal of Applied Botany* 75: 216-220.
- Yamasaki, T., Yamakawa, T., Yamane, Y., Koike, H., Satohand, K., and Katoh, S. 2002.** Temperature acclimation of photosynthesis and related changes in photosystem II electron transport in winter wheat. *Plant Physiology* 128: 1087-1097.
- Zareh, M., Daneshiyan, J., Zeynali Khaneghah, H. 2004.** Genotypic variation in soybean cultivars for drought tolerance. *Journal of Agriculture Science* 35(4): 859-867.
- Zlatev, Z. S., Yordanov, I. T., 2004.** Effects of soil drought on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in bean plants. *Bulgarian Journal of Plant Physiology* 30 (3-4): 3-18.