نشریه زراعت و فناوری زعفران
جلد ۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴ ص. ۱۹۳-۱۷۹

Saffron Agronomy & Technology
Vol. 3, No. 3, Fall 2015, P. 179-193

اثر سطوح مختلف تنش شوری بر برخی خصوصیات فیزیولوژیک گیاه زعفران (*Crocus sativus* L.)

مجید رستمی[۱*]، بهروز محمدپرست[۲] و راحیل گلفام[۳]

تاریخ دریافت: ۹ آذر ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش: ۳ اسفند ۱۳۹۳

چکیده

شوری یکی از مهم‌ترین و متداول‌ترین تنش‌های محیطی در سطح جهان و ازجمله ایران محسوب می‌شود که عملکرد کمی و کیفی بسیاری از محصولات زراعی و باغی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف تنش شوری بر تعدادی از صفات فیزیولوژیک گیاه زعفران آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار و ۶ تیمار (شامل هدایت‌های الکتریکی صفر، ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) در سال ۱۳۹۱ در دانشگاه ملایر انجام شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، اثر تنش شوری بر میزان کلروفیل a و b در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود. با این وجود تا هدایت الکتریکی ۶ دسی زیمنس بر متر، میزان کلروفیل a و b افزایش و بعد از آن با افزایش سطوح شوری روند کاهشی داشت. تنش شوری تأثیر معنی‌داری بر میزان کاروتنوئید و گزانتوفیل داشت و با افزایش سطح شوری میزان این رنگیزه‌ها افزایش یافت. اثر تنش شوری بر میزان اسیدآمینه پرولین برگ معنی‌دار نبود. با این‌حال، مقدار پرولین تا هدایت الکتریکی ۴ دسی-زیمنس بر متر روند افزایشی و بعد از آن با افزایش شوری روند کاهشی داشت. اثر تنش شوری بر میزان گلوکز موجود در برگ زعفران معنی‌دار بود و میزان گلوکز به‌صورت معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای شوری افزایش یافت. براساس نتایج بدست آمده اثر تنش شوری بر تعداد برگ زعفران معنی دار نبود ولی اثر تیمارهای آزمایشی بر طول برگ و همچنین وزن خشک برگ در هر بوته معنی دار بود. یک رابطه خطی و منفی بین میزان شوری و محتوی نسبی آب برگ زعفران مشاهده شد و با افزایش شدت تنش شوری محتوی نسبی آب برگ به صورت معنی داری کاهش یافت. با افزایش شدت تنش شوری میانگین وزن بنه‌ها به صورت معنی داری کاهش یافت در حالی که با افزایش شدت تنش شوری تا حد ۴ دسی زیمنس بر متر تعداد بنه‌ها افزایش و پس از آن به صورت معنی داری کاهش یافت.

کلمات کلیدی: پرولین، رنگیزه‌های فتوسنتزی، گلوکز، هدایت الکتریکی.

مقدمه

زعفران با نام عمومی (Saffron) و نام علمی *Crocus sativus* L.) دارای ۸۵ گونه است که از جنس زعفران، خانواده زنبق[۴] و راسته مارچوبه‌ای‌ها[۵] بوده و به‌عنوان گران‌ترین محصول کشاورزی و دارویی جهان، جایگاه ویژه‌ای در بین محصولات صنعتی و صادراتی ایران دارد (Kafi et al., 2006). از نظر

۱- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه ملایر.
۲- استادیار گروه زیست شناسی، دانشگاه ملایر.
۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد فیزیولوژی گیاهی، دانشگاه ملایر.
(*- نویسنده مسئول: majidrostami7@yahoo.com)

4- Iridaceae
5- Asparagales

اقلیمی زعفران بیشترین تطابق را با الگوی بارندگی مدیترانه‌ای و غرب آسیا از ۱۰ درجه غربی تا ۸۰ درجه شرقی طول جغرافیایی و ۳۰ تا ۵۰ درجه شمالی عرض جغرافیایی را دارد که شامل محل‌هایی با زمستان سرد و خنک و تابستان گرم و کم باران (۳۰۰–۴۰۰ میلی‌متر) می‌باشد. به‌طورکلی، زعفران در بیشتر مناطق دنیای قدیم توزیع شده است (Mathew, 1999). زعفران گیاهی قانع و کم‌توقع است و همواره برای تولید حداکثر به مقدار ناچیزی از عناصر غذایی و آب نیاز دارد. هرچند به‌راحتی نمی‌توان تعریف درستی از تنش ارائه نمود، اما معمولاً کلیه عواملی که باعث بروز ناهنجاری‌هایی در فرآیند رشد و نمو گیاه می‌گردند تنش نامیده می‌شوند. با توجه به منشأ گرفتن حیات از دریاها احتمالاً تنش شوری اولین نوع تنش محیطی است که موجودات زنده در طول تکامل با آن مواجه شده‌اند (Iyengar & Reddy, 1996). خاک‌های شور، خاک‌هایی هستند که زیادی نمک‌های محلول در آن‌ها به حدی است که رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد، بیشتر این نمک‌ها را کاتیون‌های سدیم، کلسیم، منیزیم همراه با آنیون‌های کلرید، سولفات و بی‌کربنات تشکیل می‌دهند (Kafi et al., 2009). ایران به دلیل موقعیت جغرافیایی در محدوده‌ای از کره زمین واقع شده است که بیشتر مناطق آن خشک و نیمه‌خشک است. در کشور مناطقی وجود دارند که میزان تبخیر در آن‌ها بیش از ۸ برابر میزان بارندگی می‌باشد (Movahhedy-Dehnavy et al., 2009). شوری عموماً اثر قابل‌توجهی روی تمام صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و آناتومیک اکثر گیاهان گذاشته و بر رشد و نمو، بقا و تولیدات گیاهی اثر منفی می‌گذارد و اجزای عملکرد را بسته به اینکه تنش در چه زمانی بر گیاه وارد شده باشد، تحت تأثیر قرار می‌دهد. غلظت بالای املاح در ریزوسفر همراه با کاهش پتانسیل آب خاک و ایجاد تنش خشکی فیزیولوژیک و همچنین ایجاد سمیت یونی و عدم تعادل یون‌ها در اثر تنش شوری به گیاه آسیب می‌رساند (Munns & Tester, 2008).

نتایج آزمایش تربقان و احمدی (۲۰۱۱) نشان داد که افزایش شوری باعث کاهش ارتفاع بوته و کاهش روزهای گلدهی در زعفران شد. علاوه بر این وزن تر گل با افزایش شوری تا سطح ۱۰۰ میلی‌مولار افزایش یافت؛ ولی بهترین میزان عملکرد کلاله در سطح شوری ۵۰ میلی‌مولار مشاهده شد (Torbaghan & Ahmadi, 2011). نادیان و همکاران (Nadian et al., 2013) اثر سطوح مختلف تنش شوری (۱/۵، ۴/۵ و ۵/۷ دسی زیمنس بر متر) را بر مؤلفه‌های رشد، جذب فسفر، پتاسیم و سدیم توسط گیاه زعفران با حضور و بدون حضور میکوریزا مورد مطالعه قرار دادند و نتایج آن‌ها نشان داد که با افزایش تنش شوری از ۱/۵ به ۷/۵ دسی زیمنس بر متر وزن ماده خشک گیاه به‌شدت کاهش یافت و این کاهش به سمیت ناشی از تجمع فراوان یون سدیم و کاهش غلظت یون پتاسیم در گیاه ارتباط داده شد. کلونیزاسیون میکوریزایی گیاه علی‌رغم کاهش وزن ماده خشک گیاه باعث کاهش غلظت یون سدیم و بهبود نسبت پتاسیم به سدیم و در نتیجه سبب افزایش مؤلفه‌های رشد گیاه گردید. ثابت تیموری و همکاران (Sabet Teimouri et al., 2010) اثر ۴ سطح نمک طعام (صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی مول) و ۳ سطح پتاسیم را بر گیاه زعفران مورد آزمایش قرار داده و نشان دادند که تنش شوری اثر معنی‌داری بر ویژگی‌های مختلف رشد، وزن خشک برگ، تعداد برگ، وزن خشک ریشه، حجم ریشه، تراکم ریشه و ویژگی‌های فیزیولوژیکی زعفران داشت. با این‌حال حضور پتاسیم باعث کاهش اثرات منفی تنش شوری شد. غلامی توران پشتی و همکاران (Gholami Touranposhti et al., 2005) اثر تنش شوری را بر ظرفیت فتوسنتزی سه توده بومی گیاه زعفران را مورد مطالعه قرار دادند و نتایج آن‌ها نشان داد که با افزایش

شوری سطح فتوسنتزکننده کاهش یافت؛ ولی غلظت کلروفیل تحت اثر شوری آب آبیاری قرار نگرفت. این پژوهش‌گران کاهش غلظت قند در بنه‌ها را به کاهش میزان غلظت آنزیم‌های مؤثر در فتوسنتز و همچنین مساعد نبودن شرایط محیطی برای فعالیت‌های متابولیکی مربوط به فتوسنتز در گیاه نسبت دادند.

زعفران گیاهی است که با توجه به ماهیت محیط رشد خود در طول فصل رشد با تنش‌های محیطی مختلف مواجه می‌شود. مهم‌ترین تنش‌های محیطی مطرح در مناطقی که این گیاه تولید می‌شود عبارت است از تنش خشکی، سرما، گرما و شوری. مطالعات محدودی در زمینه بررسی واکنش گیاه به تنش‌های اسمزی انجام گردیده، ولی ابعاد فراوانی از واکنش‌های گیاه به خشکی، شوری و تنش‌های دیگر هنوز مورد بررسی کامل قرار نگرفته است. با توجه به مطالب بیان‌شده، این پژوهش باهدف بررسی واکنش‌های فیزیولوژیک گیاه زعفران در شرایط مواجهه با تنش شوری انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۱، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ملایر واقع در کیلومتر ۴ جاده اراک با موقعیت، طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۹ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۱۷ دقیقه شمالی، ارتفاع از سطح دریا ۱۷۸۰ متر و متوسط بارندگی سالیانه ۲۴۲ میلی‌متر انجام شد. آزمایش بر مبنای طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار و ۶ تیمار شوری آب مورد استفاده برای آبیاری (شامل هدایت الکتریکی صفر، ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ دسی-زیمنس بر متر) انجام گردید. برای کنترل دقیق تیمارهای اعمال‌شده، ابتدا ۲۵ عدد جعبه چوبی بزرگ با ارتفاع ۴۰، عرض ۴۰ و طول ۶۰ سانتی‌متر ساخته شد و به‌طور کاملاً جداگانه در کنار هم قرار گرفتند.

بنه‌های مورداستفاده در مردادماه سال ۱۳۹۱ از یک مزرعه ۳ ساله واقع در شهرستان ملایر تهیه شد و پس از انتخاب بنه‌های با وزن بالای ۸ گرم اقدام به کشت آن‌ها گردید. در هر جعبه به‌اندازه ۲۰ سانتی‌متر خاک مخلوط با ماسه و کود دامی (با نسبت ۱:۱:۳) افزوده و بنه‌ها به‌طوری‌که قاعده آن‌ها رو به پایین باشد، درون جعبه‌ها کاشته شد و به ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر از همان خاک روی بنه‌ها ریخته شد. تعداد بنه‌های کاشته شده در هر جعبه ۲۰ عدد بود که با فواصل مساوی از یک‌دیگر کشت گردیدند. آبیاری و اعمال تیمارها از دهه اول مهرماه سال ۱۳۹۱ آغاز شد. برای اعمال سطوح مختلف تنش شوری از کلرید سدیم و کلرید کلسیم (به نسبت ۱:۳) استفاده گردید. با توجه به احتمال وقوع بارندگی در طول دوره آزمایش جهت جلوگیری از شستشوی املاح، سایبانی پلاستیکی در نظر گرفته شد که هنگام بارندگی روی جعبه‌ها کشیده شود. آبیاری دوم و سوم به ترتیب در دهه آخر مهرماه و اسفندماه سال ۹۱ و با کاربرد ۲۰ لیتر آب برای هر جعبه انجام شد.

سنجش رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ زعفران

رنگیزه‌های برگ به روش آرنون (Arnon, 1949) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری[1] مدل JENUS UV-1200 سنجیده گردید. پس از کالیبره کردن دستگاه، هر نمونه در سه طول‌موج ۶۶۳ نانومتر برای سنجش کلروفیل a، ۶۴۵ نانومتر برای سنجش کلروفیل b و ۴۷۰ نانومتر برای سنجش کاروتنوئید و گزانتوفیل مورد سنجش قرار گرفت. اعداد مربوط به جذب‌ها در فرمول‌های زیر قرار داده شد و مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و مجموع کاروتنوئید و گزانتوفیل محاسبه گردید.

$$chla\left(mg/g\right)=\frac{[(12.7\times A663)-(2.6\times A645)]}{10}$$

$$chlb\left(mg/g\right)=\frac{[(22.9\times A645)-(4.68\times A663)]}{10}$$

$$Cx+c\left(mg/g\right)=\frac{[(1000\times A470)-(1.9\times chla)-(63.14\times chlb)]}{214}$$

1- Spectrophotometry

کلروفیل= Chl حداکثر طول‌موج جذب= A
گزانتوفیل= X کاروتنوئید= C

سنجش اسیدآمینه پرولین برگ زعفران

برای سنجش اسیدآمینه پرولین نیز از هر تیمار نمونه‌هایی را به‌صورت تازه برداشت کرده و به مدت ۲۴ ساعت در فریزر با دمای منفی ۲۰ درجه قرار داده شد. جهت سنجش پرولین روش بیتس و همکاران (Bates et al., 1973) انتخاب شد. جهت خواندن میزان جذب در دستگاه اسپکتروفتومتری، تولوئن به‌عنوان شاهد قرار داده شد و برای سنجش میزان پرولین میزان جذب فاز فوقانی در طول‌موج ۵۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد.

سنجش قند محلول و نامحلول گلوکز در برگ زعفران

اندازه‌گیری قندهای محلول به روش فنل–اسید سولفوریک بر اساس هیدرولیز اسیدی قندهای محلول و ایجاد ترکیب فورفورال است که با فنل تولید یک کمپلکس رنگی می‌کند (Kochert, 1978). در نهایت با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر و تعیین میزان جذب در طول موج ۴۸۵ نانومتر، سنجش اولیه گلوکز انجام شد. میزان جذب حاصله متناسب با شدت رنگ محلول و آن نیز متناسب با غلظت قند محلول خواهد بود. مقادیر قند نمونه‌ها با استفاده از منحنی استاندارد بر اساس میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک ارزیابی گردید. برای تعیین غلظت قند محلول، ابتدا لازم است منحنی استانداردی با استفاده از غلظت‌های معلوم از گلوکز تهیه گردد و با استفاده از این منحنی استاندارد می‌توان غلظت‌های نامعلوم قند محلول را تعیین و نتایج را موردبررسی قرار داد.

سنجش محتوی نسبی آب

محتوی نسبی آب گیاه با استفاده از روش کامرون و همکاران (Cameron et al., 1999) تعیین شد. برای این منظور یک گرم برگ سبز زعفران در یک استوانه مدرج حاوی ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر قرار داده شد و این ظرف برای مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق نگهداری شد. پس از این مدت برگ‌ها به دقت توسط دستمال کاغذی خشک شده و بلافاصله وزن آماس آن‌ها مورد سنجش قرار گرفت. سپس برگ‌ها را در پاکتی کاغذی قرار داده و برای مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و پس از این مدت وزن خشک برگ‌ها تعیین شد. محتوی نسبی آب با استفاده از فرمول زیر تعیین شد:

$$RWC = \frac{(FW - DW)}{TW - DW} \times 100$$

در فرمول فوق FW بیانگر وزن برگ تازه، TW نشان دهنده وزن آماس و DW معادل وزن خشک برگ است. تعداد و طول برگ‌ها در پایان دوره رشد زعفران و با جداکردن کل برگ‌ها از محل بنه‌ها تعیین شد. همزمان با این مرحله کل بنه‌های موجود در هر جعبه پس از غربال کردن خاک جمع آوری و تمیز شده و تعداد و میانگین وزن آن‌ها تعیین شد. داده‌های آزمایش توسط نرم‌افزار Excel مرتب و سپس با استفاده از نرم‌افزار Mstat-C آنالیز واریانس و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

اثر سطوح مختلف تنش شوری بر رنگیزه‌های برگ زعفران

نتایج به‌دست آمده نشان داد که شوری تأثیر معنی‌داری ($P\leq0.05$) بر محتوای کلروفیل a و b نداشت؛ ولی به‌طورکلی مقدار این رنگیزه‌ها با افزایش شوری تا حد ۶ دسی‌زیمنس افزایش و بعد از آن کاهش یافت. البته این مقدار کاهش بیشتر از شاهد بود (شکل ۱)؛ با این‌حال کمترین مقدار آن در تیمار شاهد با مقدار ۱/۶ میلی‌گرم بر گرم نمونه‌تر و بیشترین مقدار آن با ۲

میلی‌گرم بر گرم ماده‌تر در تیمار با هدایت الکتریکی ۶ دسی زیمنس بر متر مشاهده شد. به‌طورکلی با افزایش شوری تا حد ۶ دسی زیمنس بر متر، میزان کلروفیل a افزایش و بعد از آن با افزایش شوری از محتوای کلروفیل a مقداری کاسته شد، با این وجود در تمام سطوح تنش مقدار این شاخص بیشتر از تیمار شاهد بود.

تنش شوری اثر معنی‌داری بر محتوای کلروفیل b نداشت؛ به‌طوری‌که کمترین مقدار آن در تیمار شاهد به میزان ۰/۶۹ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر نمونه و بیشترین میزان آن در تیمار با هدایت الکتریکی ۶ دسی‌زیمنس بر متر به میزان ۰/۸۷ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر قرار داشت. به‌طورکلی محتوای کلروفیل b با افزایش شدت تنش شوری تا مرز هدایت الکتریکی ۶ دسی-زیمنس بر متر افزایش و بعد از آن با افزایش شوری مقداری کاهش یافت؛ اما باز هم مقدار این شاخص بیشتر از تیمار شاهد بود (شکل ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات فیزیولوژیک زعفران در سطوح مختلف شوری

Table1- Analysis of variance (mean squares) for physiological traits at different levels of salinity stress

منابع تغییرات SOV	درجه آزادی df	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کاروتنوئید و گزانتوفیل Carotenoids & xanthophyll	پرولین Proline	قند محلول Soluble sugars
تیمار (Treatment)	5	0.0694^{ns}	0.0155^{ns}	0.116^{*}	111.5^{ns}	0.582^{*}
خطا (Error)	18	0.0433	0.0061	0.0596	63.2	0.209
ضریب تغییرات (CV)		6.13%	5.84%	7.39%	11.2%	8.11%

*: معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار.

* and ns are significant at 5% probability levels and non significant, respectively.

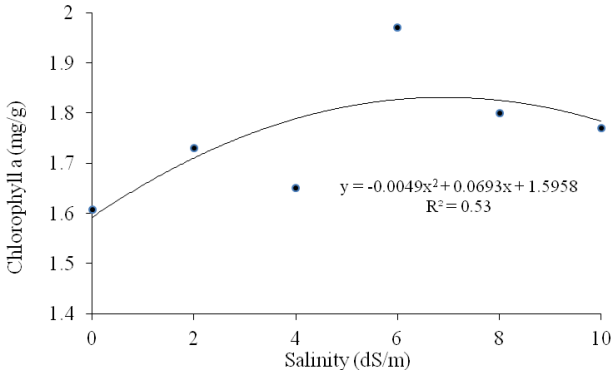
ادامه جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات فیزیولوژیک زعفران در سطوح مختلف شوری

Table1- (Continued) Analysis of variance (mean squares) for physiological traits at different levels of salinity stress

منابع تغییرات SOV	درجه آزادی df	تعداد برگ Leaf number	طول برگ Leaf length	وزن خشک برگ Leaf dry weight	محتوی نسبی آب RWC	تعداد بنه Corm number	وزن بنه Corm weight
تیمار (Treatment)	5	18.12^{ns}	63.53^{*}	1.96^{*}	213.2^{*}	3.37^{*}	4.7^{*}
خطا (Error)	18	13.92	3.22	0.74	17.7	0.35	0.19
ضریب تغییرات (CV)		13.8%	6.81%	12.3%	6.47%	13.6%	7.78%

*: معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار.

* and ns are significant at 5% probability levels and non significant, respectively.



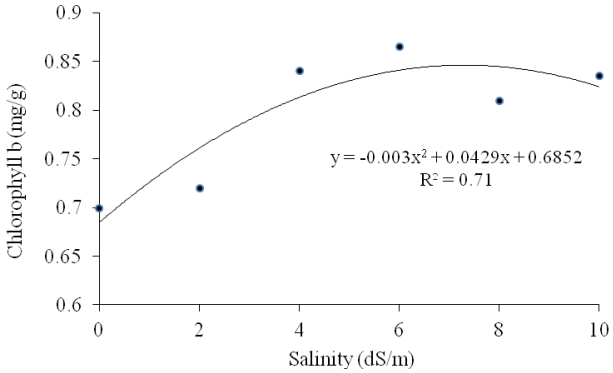
شکل ۱- اثر سطوح مختلف تنش شوری بر محتوای کلروفیل a برگ زعفران

Figure 1- The effect of different levels of salinity stress on chlorophyll a content in saffron leaf.

این نتایج با نتایج صالحی و همکاران (Salehi et al., 2004) مطابقت دارد. نتایج تحقیقات این پژوهش‌گران نشان داد که با اعمال تنش شوری متوسط میزان کلروفیل برگ گندم افزایش یافت. ولی با تداوم شرایط و افزایش بیشتر شدت تنش شوری میزان کلروفیل برگ با شیب ملایمی کاهش یافت.

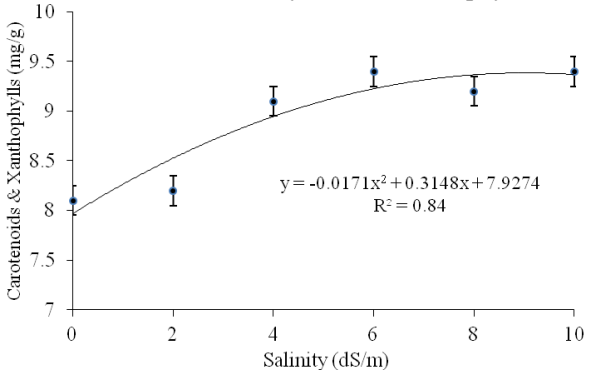
اثر سطوح مختلف تنش شوری بر میزان کاروتنوئید و گزانتوفیل موجود در برگ زعفران در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. با افزایش شدت تنش شوری میزان کاروتنوئید و گزانتوفیل موجود در برگ افزایش یافت؛ به‌طوری‌که کمترین میزان آن در تیمار شاهد به میزان ۷/۹ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر و بیشترین مقدار آن در تیمار با هدایت الکتریکی ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر به میزان ۹/۴ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر مشاهده شد. هرچند روند تغییرات این رنگیزه‌ها نسبت به شوری افزایشی بود، ولی با این‌حال روند موجود به‌صورت خطی نبود و در سطوح بالاتر شوری میزان این رنگیزه‌ها به میزان کمتری افزایش یافت (شکل ۳).

با توجه به آن‌که محتوای کلروفیل و فتوسنتز برگ به‌عنوان یکی از پارامترهای فیزیولوژیک تحمل نمک در گیاهان محسوب می‌شود، این سنجش انتخاب شد. خشکی فیزیولوژیکی حاصل از تنش شوری ممکن است موجب محدودیت در جذب آب شود. از سوی دیگر افزایش جذب نمک توسط گیاه، سبب اختلال در کارکرد سلولی و آسیب رساندن به فرآیندهای فیزیولوژیکی از قبیل فتوسنتز و تنفس می‌شود (Leopold & Willing, 1984). اگرچه



شکل ۲- اثر سطوح مختلف تنش شوری بر محتوای کلروفیل b برگ زعفران

Figure 2- The effect of different levels of salinity stress on chlorophyll b content in saffron leaf.



شکل ۳- اثر سطوح مختلف شوری بر محتوای کاروتنوئید و گزانتوفیل برگ زعفران

Figure 3- The effect of different levels of salinity stress on carotene & xanthophyll content in saffron leaf.

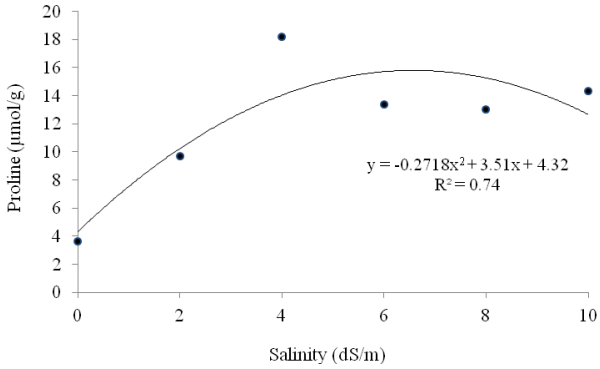
اثر عمومی تنش شوری روی رنگ‌دانه‌ها کاهش مقدار آن هاست، ولی بسته به گونه گیاهی آثار افزایشی نیز مشاهده شده است (Parida & Das, 2005). مثلاً در سطوح بالاتر شوری، سطح برگ شدیداً کاهش‌یافته و علی‌رغم تخریب مولکول‌های کلروفیل توسط یون‌های سدیم، غلظت مولکول‌های باقیمانده در واحد سطح برگ افزایش می‌یابد (Asch et al., 2000). همچنین علت دیگر آن می‌تواند این باشد که تنش شوری باعث تجزیه بتاکاروتن شده و در چرخه گزانتوفیل‌ها فرآیند د-اپوکسیداسیون[1] باعث افزایش مقدار زآگزانتین می‌شود. این فرآیندها در حفاظت از بازدارندگی نوری مؤثر هستند و با تأثیر مثبت روی سیالیت غشاهای تیلاکوئیدی باعث کاهش نفوذپذیری غشاها در برابر گونه‌های فعال اکسیژن[2](ROS) در تیلاکوئیدها شده و افزایش کاروتنوئیدها توان مقابله با شرایط تنشی در گیاه را افزایش می‌دهد (Misra et al., 2006).

همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد، با افزایش شدت تنش شوری و گذشتن آن از آستانه ۶ دسی‌زیمنس بر متر، میزان کلروفیل مقداری کاهش یافت. یکی از دلایل احتمالی این امر رقابت و پیشی گرفتن گلوتامین کیناز (آنزیم کاتالیز کننده پرولین) به هنگام تنش شوری از آنزیم گلوتامات لیگاز (اولین آنزیم مسیر بیوسنتز کلروفیل) است که باعث می‌شود تا پیش‌ساز گلوتامات (پیش ساز مسیر سنتز کلروفیل و پرولین) بیشتر به مصرف پرولین برسد و بنابراین بیوسنتز کلروفیل با محدودیت مواجه می‌شود (Bybordi et al., 2010). علت دیگر آن نیز احتمالاً به دلیل سست شدن اتصال کلروفیل با پروتئین‌های کلروپلاستی، با افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز (متلاشی کننده ساختار کلروپلاست) در اثر افزایش غلظت یون‌های سمی سدیم و کلر و تنظیم‌کننده‌های رشدی مانند اسید آبسزیک و اتیلن تحت تنش شوری باشد (Orabi et al., 2010). محتوای کلروفیل برگ می‌تواند به دلیل کمبود یون‌های منیزیم و پتاسیم (به‌عنوان عناصر اصلی در سنتز کلروفیل) و کاهش نسبت پتاسیم به سدیم و همچنین تخریب ساختمان کلروفیل کاهش یابد (Oraei et al., 2009).

اثر سطوح مختلف تنش شوری بر محتوای پرولین برگ زعفران

اثر سطوح مختلف تنش شوری بر میزان پرولین برگ زعفران در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود؛ با این‌حال همان‌گونه که در شکل (۴) مشاهده می‌شود کمترین میزان پرولین برگ (۳/۶ میکرومول بر گرم) در تیمار شاهد، یعنی شرایط بدون تنش، مشاهده شد و تنش شوری باعث شد که میزان پرولین به‌تدریج افزایش یابد و بیشترین میزان (۱۸/۱ میکرومول بر گرم) آن در شرایطی مشاهده شد که هدایت الکتریکی آب مورد استفاده برای آبیاری ۴ دسی‌زیمنس بر متر بود. نکته قابل‌توجه دیگر اینکه روند افزایش غلظت پرولین در پاسخ به تنش شوری به‌صورت خطی نیست و با افزایش شدت تنش به‌تدریج واکنش تدافعی گیاه کاهش‌یافته است که این امر ممکن است به دلیل این باشد که اعمال تنش شوری شدید به‌صورت یک‌باره باعث می‌شود متابولیسم گیاه به‌سرعت دچار اختلال شود و گیاه نتواند سازوکار دفاعی مناسبی از خود نشان دهد. هرگونه گیاهی بسته به توان تحملی که نسبت به یک تنش دارد تا سطح مشخصی پاسخ‌های مقاومت ایجاد می‌کند و چنانچه شدت تنش از سطح مشخصی بالاتر رفت، پاسخ‌های مقاومتی گیاه نیز ضعیف‌تر می‌شود.

1- De-epoxidation mechanism
2- Reactive Oxygen Species



شکل ٤- اثر سطوح مختلف تنش شوری بر محتوای پرولین برگ زعفران

Figure 4- The effect of different levels of salinity stress on proline content in saffron leaf.

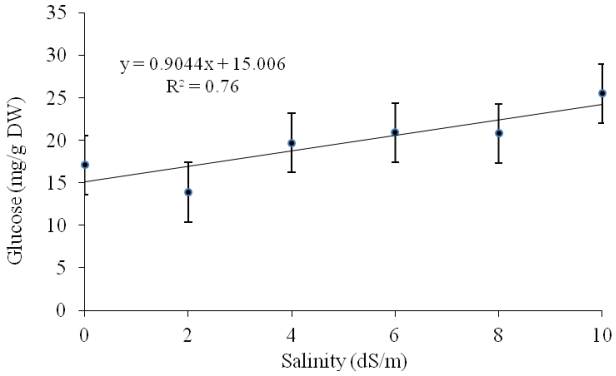
علت دیگر می‌تواند این باشد که پرولین بعد از تنش به‌سرعت شکسته می‌شود که ممکن است عامل‌هایی را فراهم کند که باعث حمایت از چرخه فسفوریلاسیون اکسیداتیو در میتوکندری شود و انرژی لازم[1] (ATP) برای برگشت از حالت تنش را فراهم کند (Satoh et al., 2002). همچنین علت دیگر آن مطابق مطالعاتی که توسط چروت و آزوز (Cheruth & Azooz, 2009) انجام شد، حضور کلسیم در شرایط تنش شوری موجب افزایش فعالیت آنزیم پرولین اکسیداز و کاهش محتوای پرولین در گیاه می‌شود که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت. به نظر می‌رسد که در محیط شور همراه با کلرید کلسیم مقدار پرولین خیلی افزایش نمی‌یابد، بر اساس نتایج این پژوهشگران، فعالیت پرولین-۵-کربوکسیلاز سنتاز (آنزیم کلیدی در بیوسنتز پرولین)، در محیطهای حاوی کلرید سدیم و کلرید کلسیم کمتر از فعالیت پرولین اکسیداز (آنزیم تجزیه پرولین) بود.

تغییرات غلظت پرولین به‌عنوان شاخص تحمل به تنش شوری و آبی تلقی می‌شود (Nicolas et al., 1993). خشکی و شوری بر میزان تجمع ترکیبات آلی مانند پرولین در تمام اندام-های گیاهان می‌افزاید، زیرا کلرید سدیم موجب تحریک ژن‌های سنتز کننده آنزیم گلوتامین کیناز (اولین آنزیم مسیر بیوسنتز پرولین به‌صورت خود به خودی) پرولین می‌شوند. شدت ساخت آن به‌سرعت و میزان توسعه تنش، نوع و سن اندام و تنوع ژنتیکی درون و بین‌گونه‌ای بستگی دارد (Bajji et al., 2001). میزان بیش‌ازحد تجمع پرولین در تنش شوری می‌تواند نشان از تجزیه گسترده پروتئین‌ها و کاهش استفاده از آن‌ها در ساخت پروتئین‌ها باشد (Johari Pireivatlou, 2010). همزمان با افزایش غلظت پرولین در سلول‌های مقاوم به شوری، نزدیک به ۷۵ درصد از آمینواسیدهای موجود در بذر صرف تولید انرژی می‌شود که این مقدار در سلول‌های غیر مقاوم به شوری تنها ۱۵ درصد می‌باشد (Ashraf & Rasul, 1988). مطالعات نشان داده است که نقش سازگاری پرولین بیش از آن‌که به رشد گیاه مربوط باشد، به بقای گیاه ارتباط دارد (Aspinall & Paleg, 2000).

اثر سطوح مختلف تنش شوری بر محتوای قندهای محلول برگ زعفران

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که سطوح مختلف تنش شوری تأثیر معنی‌داری بر میزان گلوکز موجود در برگ زعفران داشت (جدول ۱). بر اساس نتایج موجود، بیشترین میزان قند گلوکز در آخرین سطح تنش شوری مشاهده شد و تفاوت این تیمار با دو تیمار اول (تیمار شاهد و شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر) معنی‌دار بود (شکل ۵).

1- Adenosine triphosphate



شکل ۵- اثر سطوح مختلف تنش شوری بر محتوای قند گلوکز برگ زعفران

Figure 5- The effect of different levels of salinity stress on glucose content in saffron leaf.

افزایش مقدار قندهای محلول به‌عنوان واکنش میان‌مدت به خشکی و شوری شاخصی برای تنظیم اسمزی در شرایط تنش می‌باشد (Ahmadi & Niazi, 2006). همچنین عمل فیزیولوژیک این قندها ممانعت از اتصال بین غشاهای مجاور هم در طول دوره تنش با نگه‌داری لیپیدها و پایداری پروتئین‌ها از طریق ایجاد پیوندهای هیدروژنی با دنباله‌های خطی پروتئین-ها، تنظیم ژن و تنظیم اسمزی می‌باشد (Ho et al., 2001). افزایش غلظت قندهای محلول می‌تواند یک پاسخ نسبت به تغییرات میزان محتوای نسبی آب (RWC)[1] و پتانسیل آب برگ‌ها ارزیابی شود، زیرا افزایش در غلظت ساکارز و سطح قندهای محلول تحت شرایط تنش شوری به سبب بهبود وضعیت آب برگ در القای تحمل به شوری نقشی مهم بازی می‌نماید و می‌تواند از کاهش شدید میزان پتانسیل آب و همچنین محتوی نسبی آب برگ جلوگیری کند.

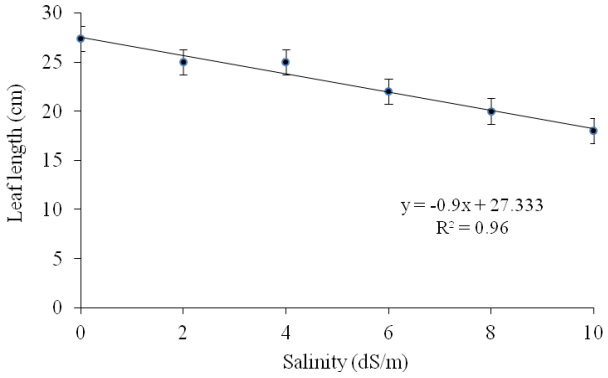
از بین ترکیبات آلی مختلف، قندها بیش از ۵۰ درصد مجموع مواد متشکله پتانسیل اسمزی را تشکیل می‌دهند (Kumar et al., 2007). علاوه بر گزارش‌های بسیاری که بیانگر افزایش غلظت قندهای محلول در اثر تنش اسمزی می‌باشد، گزارش-هایی نیز مبنی بر کاهش غلظت قندهای محلول در اثر تنش شوری در گیاهان مختلف وجود دارد (Lechtenberg et al., 2008). کاهش مقدار قند می‌تواند به علت کاهش فتوسنتز باشد، زیرا کاهش آب موجب کاهش آماس شده و از دست دادن فشار آماس به بسته شدن روزنه‌ها در نتیجه کاهش فتوسنتز منجر می‌شود (Chinnusamy & Jagendorf, 2005).

اثر سطوح مختلف تنش شوری بر تعداد، طول، وزن خشک و محتوی نسبی آب برگ زعفران

براساس نتایج بدست آمده اثر تنش شوری بر تعداد برگ زعفران معنی دار نبود (جدول ۱)، ولی اثر تیمارهای آزمایشی بر طول برگ و همچنین وزن خشک برگ در هر بوته معنی دار بود. بیشترین میزان طول برگ (۲۷/۳ سانتی متر) در تیمار شاهد مشاهده شد و اختلاف این تیمار با تیمار شوری ۲ و ۴ دسی زیمنس بر متر معنی دار نبود. با افزایش شدت تنش شوری طول برگ نیز به صورت خطی کاهش یافت و کمترین میزان طول برگ (۱۸ سانتی متر) در بالاترین سطح شوری مشاهده شد (شکل ۶). مشابه این نتایج برای وزن خشک برگ نیز مشاهده شده و با افزایش شدت تنش شوری وزن خشک برگ در بوته به صورت خطی کاهش یافت. بیشترین میزان وزن خشک برگ (۱/۶۳ گرم) در تیمار شاهد مشاهده شد و با افزایش شدت تنش شوری تا حد ۱۰ دسی زیمنس بر متر وزن خشک برگ در بوته حدود ۴۱ درصد کاهش یافت (شکل ۷). تعداد و طول برگ‌های زعفران به عنوان مهمترین اجزای تعیین کننده شاخص سطح

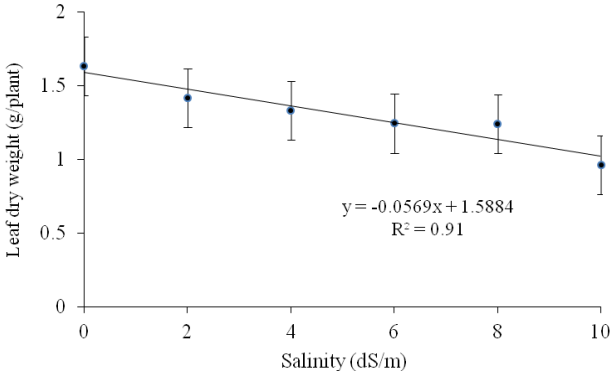
1- Relative Water Content

برگ این گیاه تاثیر زیادی در تعیین ظرفیت فتوسنتزی زعفران دارند. برگ ها به عنوان اندام تولید کننده مواد فتوسنتزی، مواد پرورده لازم را برای بنه‌ها و ریشه تهیه و به آن‌ها منتقل می کنند. میزان مواد انتقال یافته به بنه و ریشه‌ها به سطح فتوسنتز کننده و راندمان فتوسنتز در واحد سطح برگ بستگی دارد (Kafi et al., 2006). فتوسنتز و رشد سلول (و به تبع آن رشد برگ) از جمله فرایندهایی است که در ابتدا توسط شوری تحت تأثیر قرار می گیرد. علت کاهش فتوسنتز، کاهش میزان کلروفیل، افزایش فلورسانس کلروفیل، اختلال در فرایندهای متابولیکی و بسته شدن دهانه روزنه ها می باشد (Ashraf, 2004). نتایج مطالعه اورسجی و همکاران (Avarseji et al., 2013) نیز نشان داد که با افزایش شدت تنش شوری وزن خشک و طول برگ زعفران به صورت معنی داری کاهش یافت. اثر تیمارهای آزمایش بر محتوی نسبی آب برگ زعفران معنی دار بود (شکل ۸). افزایش میزان شوری باعث شد که محتوی نسبی آب برگ به صورت خطی کاهش یابد و از ۶۷ درصد در تیمار شاهد به ۵۲ درصد در تیمار شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر برسد به بیان ساده تر به ازای هر واحد افزایش شوری آب آبیاری محتوی نسبی آب برگ حدود ۱/۵ درصد کاهش یافت. به نظر می‌رسد که با افزایش شدت تنش شوری به علت منفی تر شدن پتانسیل اسمزی و کاهش فراهمی آب گیاه دچار تنش خشکی فیزیولوژیک شده و در این شرایط یکی از بارزترین واکنش‌هایی که در گیاهان مشاهده می‌شود کاهش محتوی نسبی آب برگ است. پژوهشگران دیگر نیز تایید کرده‌اند که بین تنش شوری و محتوی نسبی آب گیاه یک رابطه منفی برقرار است و با افزایش شدت تنش شوری محتوی نسبی آب گیاه کاهش می‌یابد (Parida & Das, 2005). همان‌طور که در شکل شماره ۸ مشاهده می‌شود حتی در تیمار شاهد هم محتوی نسبی آب کمتر از مقدار گزارش شده برای بسیاری از گیاهان است. به نظر می-رسد این ویژگی به دلیل نحوه رشد زعفران باشد زیرا این گیاه در طول فصل سرد به رشد خود ادامه می‌دهد و به منظور جلوگیری از خسارت تنش یخبندان محتوی نسبی آب خود را در سطح پایینی حفظ می‌کند (Avarseji et al., 2013).



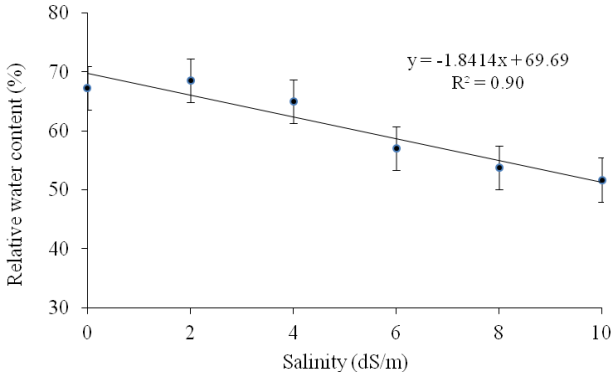
شکل ٦- اثر سطوح مختلف تنش شوری بر طول برگ زعفران

Figure 6- The effect of different levels of salinity stress on saffron leaf length.



شکل ۷- اثر سطوح مختلف تنش شوری بر وزن خشک برگ زعفران

Figure 7- The effect of different levels of salinity stress on dry weight of leaf.



شکل ۸- اثر سطوح مختلف تنش شوری بر محتوی نسبی آب برگ زعفران

Figure 8- The effect of different levels of salinity stress on leaf relative water content.

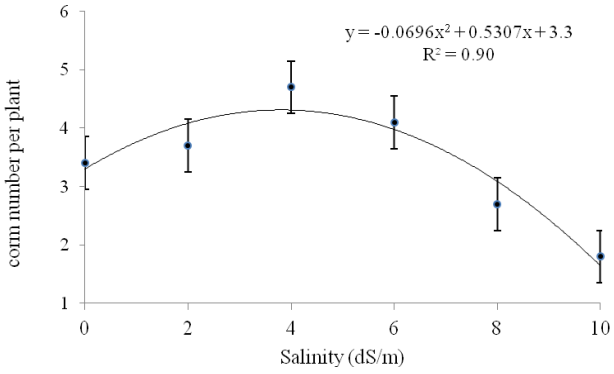
اثر سطوح مختلف تنش شوری بر تعداد و میانگین وزن بنه‌ها

بر اساس نتایج بدست آمده سطوح مختلف تنش شوری تاثیر معنی داری ($P\leq0.05$) بر تعداد بنه های دختری داشت. بیشترین تعداد بنه‌های دختری در تیمار شوری معادل ۴ دسی زیمنس بر متر مشاهده شد و با اعمال تنش شوری در سطوح بالاتر از ۴ دسی زیمنس بر متر تعداد بنه‌های دختری کاهش یافت به صورتی که کمترین تعداد بنه‌ها در شرایطی مشاهده شد که بیشترین میزان تنش شوری وجود داشت. با وجود این‌که تعداد کل بنه‌های دختری تشکیل شده به تعداد جوانه‌های موجود در بنه مادری بستگی دارد ولی به نظر می‌رسد که در شرایطی که شرایط محیطی نامساعد باشد تعداد کمتری از این جوانه‌ها فعال شده و تبدیل به بنه‌های دختری می‌شوند. بر اساس نتایج حاصل از یک آزمایش گلدانی هرچند تنش شوری تاثیر معنی داری بر تعداد کل بنه‌ها در پایان فصل نداشت ولی با این حال یک رابطه منفی بین شدت تنش شوری و تعداد بنه‌ها وجود داشت و با افزایش شدت تنش تعداد بنه‌های دختری کاهش یافت به صورتی که در شوری معادل ۹ دسی زیمنس بر متر تعداد کل بنه‌ها در مقایسه با تیمار شاهد حدود ۱۶ درصد کاهش یافت (Gholami Touranposhti et al., 2005).

اثر تیمارهای آزمایشی بر وزن بنه‌های زعفران نیز در سطح ۵ درصد معنی دار بود (شکل ۱۰)، با این حال روند تغییرات میانگین وزن بنه‌ها در مقایسه با روند تغییرات تعداد بنه‌هاکاملا متفاوت بود. بیشترین میزان وزن بنه (۴/۷۶ گرم) در شرایط بدون تنش تیمار شاهد مشاهده شد. افزایش میزان شوری تا سطح ۲ دسی زیمنس بر متر تأثیر معنی داری بر وزن بنه‌ها نداشت ولی با عبور از این آستانه وزنه بنه‌ها به صورت معنی

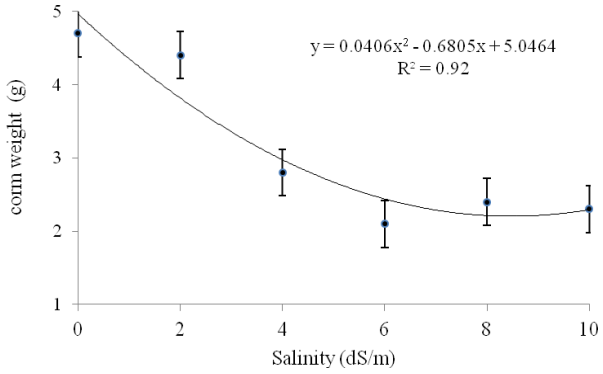
داری کاهش یافت. کمترین میزان وزن بنه (۲/۱۳ گرم) در تیمار شوری ۶ دسی زیمنس بر متر مشاهده شد با این‌حال بین تیمارهای شوری بیشتر از ۴ دسی زمنس بر متر از لحاظ وزن بنه اختلاف معنی داری مشاهده نشد. به نظر می‌رسد از آنجا که در شرایط تنش شوری شدید تعداد بنه‌ها به صورت معنی داری کاهش یافته است بنابراین گیاه فراورده‌های فتوسنتزی خود را به تعداد کمتری بنه اختصاص داده و به همین دلیل میانگین وزن بنه در شرایط تنش شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر در مقایسه با سطوح پایین‌تر شوری همچون ۶ و ۴ دسی زیمنس بر متر اختلاف معنی داری نداشت (شکل ۱۰).

بر اساس نتایج بدست آمده به ازای هرواحد افزایش شوری آب آبیاری میانگین وزن بنه در حدود ۰/۲۶ گرم کاهش یافت. پژوهشگران دیگر نیز گزارش کرده‌اند که با افزایش شدت تنش شوری وزن بنه‌ها به صورت معنی داری کاهش یافت به صورتی‌که در تیمار شوری ۹ دسی زیمنس بر متر در مقایسه با تیمار شاهد وزن بنه‌ها در حدود ۵۰ درصد کمتر بود (Gholami Touranposhti et al., 2005). به نظر می‌رسد خشکی فیزیولوژیک (که ناشی از اثرات اسمزی تنش شوری است) در کاهش وزنه بنه‌های تولید شده نقش داشته باشد. پژوهشگران دیگر نیز تاکید کرده‌اند که میزان فراهمی رطوبت خاک نیز می‌تواند وزن بنه را تحت تاثیر قرار دهد و بر اساس نتایج آنها با افزایش کاربرد ترکیبات سوپر جاذب میزان رشد برگ‌ها و همچنین بنه‌ها به صورت معنی داری افزایش یافت (Khorramdel et al., 2014).



شکل ۹- اثر سطوح مختلف تنش شوری بر تعداد بنه‌های دختری

Figure 9- The effect of different levels of salinity stress on number of replacement corms.



شکل ۱۰- اثر سطوح مختلف تنش شوری بر وزن بنه‌های دختری

Figure 10- The effect of different levels of salinity stress on replacement corms weight.

اثرات منفی تنش شوری بر رشد بنه‌ها برای سایر گیاهانی که توسط بنه تکثیر می‌شوند نیز مشاهده شده است. گزارش شده است که با افزایش تنش شوری تا حد ۱۳ دسی زیمنس بر متر میزان وزن بنه گلایول در مقایسه با تیمار شاهد نزدیک به ۳۰ درصد کاهش یافت (Haouala & Sahli, 2011).

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی تنش شوری تا آستانه ۲ دسی‌زیمنس بر متر هیچ‌یک از صفات موردمطالعه در این آزمایش را تحت تأثیر قرار نداد؛ ولی به‌تدریج با افزایش شدت تنش نخست میزان کاروتنوئیدها و سپس میزان قندهای محلول گیاه به‌صورت معنی‌داری تحت تأثیر قرار گرفت. بنابراین می‌توان بیان نمود که یکی از بارزترین واکنش‌های گیاه زعفران در شرایط مواجهه با تنش شوری تغییر میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی است. اثرات منفی تنش شوری بر میزان وزن خشک برگ و همچنین طول برگ بیشتر از اثرات منفی بر تعداد برگ بود و با افزایش شدت تنش وزن خشک و طول برگ به صورت معنی داری کاهش یافتند. تنش شوری همچنین با کاهش پتانسیل اسمزی باعث کاهش فراهمی آب قابل استفاده گیاه شد و از این طریق محتوی نسبی آب گیاه را به صورت معنی داری کاهش داد. اثرات تنش شوری بر تعداد و میانگین وزن بنه یکسان نبود و با افزایش شوری تا حد ۴ دسی زیمنس بر متر تعداد بنه‌ها افزایش و پس از آن کاهش یافت در حالی که رابطه بین تنش شوری و وزن بنه‌ها کاملاً منفی بود و به محض افزایش شوری آب وزن بنه‌ها در مقایسه با تیمار شاهد کاهش یافت.

منابع

Ahmadi, S.H., and Niazi Ardekani, J. 2006. The effect of water salinity on growth and physiological stages of eight Canola (*Brassica napus*) cultivars. Irrigation Science. 25:11–20. (In Persian with English Summary).

Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphennol oxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology. 24:150-151.

Asch, F., Dingkuhn, M., and Droffling, K. 2000. Salinity increases CO_2 assimilation but reduces growth in field growth irrigated rice. Plant and Soil. 218:1-10.

Ashraf, M. 2004. Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants. 199:361-376.

Ashraf, M., and Rasul, E. 1988. Salt tolerance of mung bean at two growth stage. Plant and Soil. 110:63-67.

Aspinall, D., and Paleg, L.G. 2000. Proline accumulation, physiological aspects. In: the physiology and biochemistry of drought resistance in plants. Academic Press.New York. 206-240.

Avarseji, Z., Kafi, M., Sabet Teimouri, M., and Orooji, K. 2013. Investigation of salinity stress and potassium levels on morphophysiological characteristics of saffron. Journal of Plant Nutrition. 36: 299-310.

Bajji, M., Lutts, S., and Kinet, J.M. 2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. Plant Science. 160:669-681.

Bates, L.S., Waldern, R.P., and Tear, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil. 39:207-207.

Bybordi, A., Tabatabaei, S.J., and Ahmadev, A. 2010. Effect of salinity on the growth and peroxidase and IAA oxidase activities in canola. Journal of Food, Agriculture & Environment. 8(1):109-112. (In Persian with English Summary).

Cameron, R. W. F., Harrison-Murray, R. S., and Scott, M. A. 1999. The use of controlled water stress to manipulate growth of container grown Rhododendron cv. Hoppy. Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 74: 161–169.

Cheruth, A.J., and Azooz, M.M. 2009. Exogenous calcium alters pigment composition, γ-glutamyl kinase and proline oxidase activities in salt-stressed *Withania somnifera*. Plant Omics Journal. 2(2):85-90.

Chinnusamy, V., Jagendorf, A., and Zhu, JK. 2005. Understanding and improving salt tolerance in plants. Crop Science. 45:437-448.

Gholami Touranposhti, M., Maghsoudi Moud, A.A., and Manouchehri Kalantari, Kh. 2005. Salt stress effect on the photosynthetic capacity of three Iranian saffron (*Crocus sativus* L.) clones. The 4th National Biotechnology Congress of Kerman. Iran. (In Persian with English Summary).

Haouala, F., and Sahli, I. 2011. NaCl effects on growth, flowering and bulbing of gladiolus (*Gladiolus grandiflorus* Hort.). Revue suisse de viticulture arboriculture horticulture 43(6), 378-383.

Iyengar, E.R.R., and Reddy, M.P. 1996. Photosynthesis in highly salt tolerant plants, Handbook of Photosynthesis. Marshal Dekar, Baten Rose, USA. 897-909.

Johari Pireivatlou, M. 2010. Effect of soil water stress on yield and proline content of four wheat lines. African. Journal of Biotechnology. 9:36-40. (In Persian with English Summary).

Kafi, M. Koocheki, A., Rashed, M. H., and Nassiri, M. 2006. Saffron (*Crocus sativus* L.), Production and Processing. Science Publishers, USA.

Kafi, M., Borzoei, A., Salehi, M., Kamand, A., Masoomi, A., and Nabati, J. 2009. Environmental stress physiology in plants. Jihad-e-Daneshgahi Mashhad Press. Mashhad, Iran. 502. (In Persian).

Khorramdel, S., Ghesh, R., Amin Ghafori, A., and Esmaeilpour, B. 2014. Evaluation of soil texture and superabsorbent polymer impacts on agronomical characteristics and yield of saffron. Journal of Saffron Research. 1(2): 120-135. (In Persian with English Summary).

Kochert, G. 1978. Carbohaydrate determination by the phenol sulfuric acid method, In Helebust, J.A., Craig, J.S (ed) Handbook physiological methods, Cambridge University Press, Cambridge. 9697.

Kumar, V., Shiram, V., Jawali, N., and Shitole, M.G. 2007. Differential response of indica rice genotypes to NaCl stress in relation to physiological and biochemical parameters. Archives of Agronomy and Soil Science. 53(2):581-592.

Lechtenberg, M., Schepmann, D., Niehues, M., Hellenbrand, N., Wunsch, B., and Hensel, A. 2008. Quality and functionality of saffron: quality control, species assortment and affinity of extract and isolated saffron compounds to NMDA and σ1 (sigma-1) receptors. Planta Medicinal. 74:764-772.

Leopold, A.C., and Willing, R.P. 1984. Evidence for toxicity effects of salts on membranes. In: Staples. R.C, and G.H. Toenniessen (Eds). Salinity Tolerance in Plants. Wiley. New York. 67–76.

Mathew, B. 1999. Botany, taxonomy and cytology of *Crocus sativus* L. and its allies. In saffron *Crocus sativus* (ed.) Harwood Academoic Puplisher. 19-30.

Misra, A.N., Latowski, D., and Strzalka,K. 2006. The xanthophylls cycle activity in Kidnay Bean and Cabbage leaves under salinity stress. Russian Journal of Plant Physiology. 53:102-109.

Movahhedy-Dehnavy, M., Modarres-Sanavy, S.A.M., and Mokhtassi-Bidgoli, A. 2009. Foliar application of zinc and manganese improves seed yield and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown under

water deficit stress. Industrial Crops and Products. 30: 82-92.

Munns, R., and Tester, M. 2008. Mechanism of salinity tolerance. The Annual Review of Plant Biology. 59:651-681.

Nadian, H., Heydari, M., Gharineh, M.H., and Daneshvar, M.H. 2013. The effect of different levels of sodium chloride and mycorrhizal colonization on growth and uptake P, K and Na by saffron (*Crocus sativus* L.). International Journal of Agronomy & Plant Production. 36(2): 49-59. (In Persian with English Summary).

Nicolas, M.E., Munns, R., Samarakoon, A.B., and Gifford, R.M. 1993. Elevated carbon dioxide improves the growth of wheat under salinity. Australian Journal of Plant Physiology. 20(3):349- 360.

Orabi, S.A., Salman, S.R., and Shalaby, A.F. 2010. Increasing resistance to oxidative damage in cucumber (*Cucumis sativus* L.) plants by exogenous application of salicylic acid and paclobutrazol. World Journal of Agriculture Science. 6:252-259.

Oraei, M., Tabatabaei, S.J., Fallahi, S.J., and Imani, A. 2009. The effects of salinity stress and rootstock on the growth, photosynthetic rate, nutrient and sodium concentrations of almond (*Prunus dulcis* Mill.). Journal of Horticultural Science. 23(2):131-140.

Parida, A.K., and Das, A.B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicology and Environmental Safety. 60:324-349.

Sabet Teimouri, M., Avarseji, Z., and Kafi, M. 2010. Effect of different salinity and potassium levels on saffron (*Crocus sativus* L.) morphophysiological characteristics. World Food System - A Contribution from Europe. Zurich, Germany.

Salehi, M., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2004. Leaf nitrogen and chlorophyll as indicators for salt stress in wheat. Journal of Iranian Field Crops Research. 2(1):25-33. (In Persian with English Summary).

Satoh, R., Nakashima, K., Seki, M., Shinozaki, K., and Yamaguchi-Shinozaki, K. 2002. ACTCAT, a novel cis-acting element for proline and hypo osmolarity-responsive expression of the ProDHgene encoding proline dehydrogenase in Arabidopsis. Plant Physiology. 130:709–719.

Torbaghan, M. E., and Ahmadi, M. M. 2011. The effect of salt stress on flower yield and growth parameters of saffron (*Crocus sativus* L.) in greenhouse condition. International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science. 1(10): 421-427.

The Effect of Different Levels of Salinity Stress on Some Physiological Characteristics of Saffron (*Crocus Sativus* L.)

***Majid Rostami*[*1], *Behrooz Mohmmad Parast*[2] *and Rahil Golfam*[3]**

1, 2 and 3. Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Assistant Professor and Former M.Sc. Student of Plant Physiology, Department of Biology, Faculty of Science, University of Malayer, Iran, Respectively.
(-Corresponding Author E-mail: Majidrostami7@yahoo.com)*

Received: 30 November, 2014 **Accepted:** 22 February, 2015

Abstract:

Salinity is a common stress in many parts of the world especially in Iran that decreases the yield and quality of many crops. In order to investigate the effects of different levels of salinity stress on some physiological indices of saffron, an experiment was conducted in the Malayer University in 2012. The experiment was arranged based on a completely randomized design (CRD) with four replications and six levels of salinity (i.e. 0, 2, 4, 6, 8 and 10 dS m^{-1}). The results showed that the effect of salinity on chlorophyll a and chlorophyll b content was not significant. However, increasing the salinity stress up to 6 dS m^{-1} resulted in an increase of these photosynthetic pigments. The effect of salinity stress on leaf carotenoides and xantophyll content were significant and higher salinity stress resulted in an increase of these pigments. Moreover, the effect of salinity on leaf proline was not significant, but the amount of leaf glucose content increased by increasing salinity stress, significantly. The effects of experimental treatments on leaf dry weight, leaf length and relative water content were significant and negative, but there was no significant effect on leaf number. By increasing the concentration of salt, the mean weight of replacement corms decreased significantly whereas the corms number increased up to 4 $dS.m^{-1}$ and then decreased significantly.

Keywords: *Electrical conductivity, Glucose, Photosynthetic pigments, Proline.*