بررسی تغییرات محتوی رنگدانه‌های فتوسنتزی، پارامترهای فلورسنس کلروفیلی و عناصر غذایی در گیاه اشنان (*Seidlitzia rosmarinus L.*) تحت تنش شوری

سمیه حیدرنژاد، ابوالفضل رنجبرفردویی* و عباسعلی ولی

گروه علوم و مهندسی بیابان، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

(تاریخ دریافت: ٩٢/١٢/٠٧، تاریخ پذیرش نهایی: ١٣٩٣/١٠/١٤

چکیده:

شوری یکی از تنش‌های اصلی محیطی است که اثر بازدارنده بر رشد و متابولیسم گیاهان دارد. تنش شوری فیزیولوژی گیاه را در سطوح کلی و سلولی، از طریق ایجاد تنش خشکی و بر هم زدن تعادل یونی، تحت تأثیر قرار می‌دهد. به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری بر محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی و عناصر غذایی گیاه اشنان (*Seidlitzia rosmarinus L.*)، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی در پنج تکرار و با پنج سطح شوری شامل صفر، ٠/٢٥، ٠/٥، ٠/٧٥ و ١ درصد (براساس وزن خاک خشک گلدان‌ها) اجرا گردید. نتایج داد که یک رابطهٔ مستقیم و منفی بین افزایش سطوح شوری و کلیه پارامترهای مربوط به رنگدانه‌های اصلی و همچنین یک فرآیند رقابتی بین یون‌های سدیم و کلر با یون‌های پتاسیم و کلسیم برقرار است. همچنین مشخص گردید بیشتر پارامترهای فلورسنس کلروفیلی در سطوح شوری بالا (٠/٧٠٪ ≥) تغییر معنی‌دار نشان داده‌اند. با توجه به نتایج این پژوهش این گیاه با جذب عناصر سدیم و کلر در اندام‌هایش می‌تواند متحمل شوری شده و برای اصلاح و احیای خاک‌های شور مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: اشنان، تنش شوری، سدیم، فتوسیستم، کلر، کلروفیل فلورسنس

مقدمه:

شوری یکی ار مهمترین عامل‌های محیطی است که باعث کاهش رشد، توسعه و تولید گیاهان در سراسر دنیا می‌شود (Siringam *et al.*, 2011) و اختلالات گسترده‌ای در سطح سلول تا کل گیاه ایجاد می‌کند (Ranjbarfordoei *et al.*, 2006). اثر تنش شوری بر گیاه غالباً در سطوح فیزیولوژیک، مرفولوژیک، بیوشیمیایی و تجمع یون‌ها بیان می‌شود (Ranjbarfordoei *et al.*, 2000) و این تغییرات شامل کاهش تنش اسمزی، عدم تعادل تغذیه‌ای، اثر سمی یون‌های خاص و یا ترکیبی از این عوامل است (Saleh, 2013). هالوفیت‌ها گیاهانی هستند که قادر به رشد و نمو در محیط‌های با شوری بالا هستند. اما بیشتر گیاهان دارای چنین توانمندی نیستند و یا دامنهٔ تحمل آن‌ها به شوری بسیار محدود است، به‌طوری‌که رشد آن‌ها در محیط‌های شور بسیار کند و یا متوقف می‌شود (Sudhir and Murthy, 2004). گیاه اشنان از گونه‌های غالب در نواحی خشک است. این گونه مقاومت زیادی به شوری (Bajii *et al*, 1998) و خشکی دارد (Le Houérou, 2000). در میان گونه‌های مقاوم به شوری، این گیاه از جمله گونه‌های است که چرخهٔ رویشی خود را در محیط‌های با شوری بالا تکمیل می‌کند و توانایی انباشتن عناصر ریز مغذی را بیش از آن‌چه نیاز است دارد (Benlloch-Gonzalez, 2005). از آنجا که مقاومت به شوری یک صفت پیچیده با چندین خاصیت تعاملی است علاقه به مطالعه رفتار فیزیولوژیکی گونه‌های شور زیست، شناسایی و درک مکانیسم‌های مقاومت در برابر نمک

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: aranjbar@kashanu.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.6.8]

این گیاهان افزایش یافته است (Bajii *et al.*, 1998). هنگامی که گیاهان در شرایط شور رشد می‌کنند، فعالیت فتوسنتزی آن‌ها کاهش می‌یابد (Viera Santos, 2004). کلروفیل عامل اصلی برای فتوسنتز است و در شرایط نامطلوب، سطح کلروفیل شاخص خوبی برای فعالیت فتوسنتز است (XinWen X *et al.*, 2008). بنابراین با اندازه‌گیری محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی می‌توان به اثر تنش شوری بر فعالیت فتوسنتزی پی برد. تنش شوری اثر فزاینده‌ای بر تجمع سدیم و کلر در گیاه دارد (Turan *et al.*, 2009). شرایط محیطی که تمرکز درون سلولی یون‌های سدیم، پتاسیم و کلر را در برگ گیاه فراهم می‌کند، منجر به غیر فعال شدن فتوسیستم‌های یک و دو در دستگاه فتوسنتزکننده می‌شود. این غیر فعال‌سازی ممکن است در زنجیره الکترونی تنفس هم رخ دهد (Allakhverdiev *et al.*, 2000). استفاده از پارامترهای فلورسنس کلروفیلی اجازه ارزیابی کاهش انتقال الکترون و انتشار آن به صورت تشعشع مادون قرمز یا فلورسنس را در سیستم‌های فتوسنتز کننده می‌دهد. این روش شناسایی بر مبنای پویایی نور جذب شده توسط رنگدانه‌های هدایت‌گر فوتون‌های نور به‌نام سیستم آنتن و مراکز واکنش مستقر در فتوسیستم‌های یک و دو صورت می‌گیرد (Krause and Weise 1991). براین مبنا ثابت شده است که فلورسنس کلروفیلی ابزار مفیدی در ارزیابی میزان مقاومت گیاه به شوری و غربالگری گونه‌های متحمل به شوری است (Nauman *et al.*, 2008). همچنین اثر شوری بر دستگاه فتوسنتز کننده، به‌ویژه فتوسیستم دو (PII) می‌تواند قبل از بروز آسیب‌های مورفولوژیکی غیرقابل جبران کشف شود (Zarco-Tejada *et al.*, 2003). برگ اشنان دارای آناتومی گوشتی (bladder) است که به‌عنوان مخزن تجمع نمک اضافی عمل می‌کند (Laeuchi, 2002). در واقع این گیاه شورزیست در پاسخ به تنش شوری، توانایی انباشت مقادیر زیادی از یون‌های معدنی (عمدتاً سدیم و کلر) را در اندام‌هایش دارد، هر چند این یک مکانیسم بسیار مؤثر و کارآمد است اما ممکن است منجر به سمیت یونی و یا عدم تعادل تغذیه‌ای شود (Hussin و همکاران،۲۰۱۳). اگر چه گیاه اشنان گیاهی مقاوم است اما اطلاعات زیادی در مورد اثر شوری بر پارامترهای فلورسنس کلروفلیی و عناصر غذایی این گیاه در دست نیست لذا این مطالعه با هدف تعیین اثرات تنش شوری بر محتوای رنگیزهای رنگی شامل کلروفیلa، کلروفیل b، مجموع کلروفیل‌ها(a+b) و همچنین تغییرات جذب عناصر سدیم، کلر، پتاسیم، منیزیم و کلسیم در گیاه اشنان (که یکی از گونه‌های خانواده اسفناجیان است) طراحی شده است.

مواد و روش‌ها:

به منظور بررسی تغییرات محتوی رنگدانه‌های فتوسنتزی و همچنین میزان جذب عناصر سدیم، کلر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی باپنج تکرار در محیط گلخانه‌ی تحقیقاتی دانشکده‌ی منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه کاشان اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل پنج سطح شوری صفر، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷، و ۱ درصد (وزن خاک خشک بستر) بود که براساس ترکیب طبیعی نمک‌های واقع در رویشگاه طبیعی گیاه اشنان، شامل *NaCl*، *$CaCl_2$*، *$MgCl_2$* (جمع‌آوری شده از کویر مرنجاب) با نسبت‌های به ترتیب ۷۷/۵۷، ۲۰/۱۲ و ۲/۳۱ درصد تهیه شد. بذر اشنان نیز از رویشگاه طبیعی این گیاه جمع‌آوری، ابتدا داخل گلدان‌های پلاستیکی یک کیلوگرمی با محتوای ماسه بادی کشت شد، پس از سبز شدن بذرها و رسیدن ارتفاع نهال‌ها به ۲۰ سانتیمتر به گلدان‌های ۱۰ گیلوگرمی منتقل شدند. سه ماه پس از کاشت نهال‌ها، تیمارهای شوری براساس وزن خشک خاک گلدان‌ها اعمال گردید. ٤۰ روز پس از اعمال تیمارها نهال‌ها به منظور اندازه‌گیری اثر شوری گلدان‌ها به آزمایشگاه منتقل و مورد بررسی قرار گرفتند.

محتوی رنگدانه‌های فتوسنتزی و پارامترهای فلورسنس کلروفیلی: محتوی کلروفیل *a*، کلروفیل *b*، کلروفیل کل (کلروفیل *a+b*) و محتوی کارتنوئید، با استفاده از روش آرنون اندازه‌گیری شد (Arnon, 1949). در پایان آزمایشات گلخانه‌ای، بافت های تازه از برگ‌های هر تکرار جمع‌آوری و بلافاصله به منظور جلوگیری از تخریب رنگدانه ها سریعا نمونه‌های ۰/۵

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.6.8]

گرمی از بافت‌های جمع‌آوری شده توسط استون ۸۰ درصد و درون هاون چینی خوب له شد سپس عصاره به‌دست آمده به‌وسیله کاغذ صافی واتمن شماره دو کاملاً صاف گردید و داخل لوله‌های آزمایش درب‌دار ریخته و به مدت ۱۵ دقیقه در سانتریفیوژ با سرعت ٤۰۰۰ دور در ثانیه برای همگن سازی عصاره قرار داده شد. به یک میلی‌لیتر از عصاره هموژن شده نه میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد اضافه شد و میزان جذب محلول حاصل با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری (مدل *UV*-2100) در طول موج ٦٦۳ برای کلروفیل *a*، طول موج ٦٤٦ برای کلروفیل *b* و طول موج ٤٤۰ برای کاروتن قرائت شد و از روابط زیر میزان کلروفیل *a*، کلروفیل *b*، محتوی کل کلروفیل (کلروفیل *a+b*) و محتوی کارتن محاسبه شد:

(۳-٤):

$$Chlorophylla(mg/100ml) = 12.25A663.6 - 2.55A646.6$$

(۳-۵):

$$Chlorophyllb(mg/۱۰۰ml) = ۲۰.۳۱A۶۴۶.۶ - ۴.۹۱A۶۶۳.۶$$

(۳-٦):

$$Chlorophyll(a+b) = ۱۷.۷۶A۶۴۶.۶ + ۷.۳۴A۶۶۳.۶$$

(۳-۷):

$$Car = ۴.۶۹A۴۴۰.۵ - ۰.۲۶۷Chl(a+b)$$

که در این روابط *A* طول موج و *Car* کاروتنوئید است.

سنجش کلروفیل فلورسنسی با استفاده از یک دستگاه فلوریمتر مدل (PAM 2500, H.Walz, Effeltrich, Germany) انجام گرفت. قبل از اندازه‌گیری پارامترهای فلورسنس کلروفیلی، گیاهان به مدت سی دقیقه در تاریکی کامل قرار گرفتند. سپس در پالس‌های نوری ۳۰۰۰ میکرومول بر متر مربع در ثانیه پارامترهای کلروفیل فلورسنس سازگار شده به تاریکی شامل فلورسنس پایه (F_0)، فلورسنس حداکثر (F_m) اندازه‌گیری شد. سپس گیاهان در نور اشباع قرار داده شدند و تحت شرایط سازگار شده به نور اشباع، پارامترهای کلروفیل فلورسنس پایه (F'_0)، کلروفیل فلورسنس حداکثر (F'_m) و کلروفیل فلورسنس ایستا (F_s) در همان برگ‌ها اندازه‌گیری شدند. با استفاده از پارامترهای کلروفیل فلورسنس اندازه‌گیری شده در هر دو وضعیت (سازگار شده به تاریکی و نور اشباع) نسبت‌های ذیل محاسبه شد:

کارایی فتوشیمیایی بیشینه در فتوسیستم ۲ (PII) (Genty *et al*., 1989)

$$Fv/Fm = (F_m - F_0)/F_m$$

پراکنش فتوشیمیایی انرژی جذب شده (qP) (Genty *et al*., 1989)

$$qP = (F'_m - F_s)/(F'_m - F'_0)$$

پراکنش غیرفتوشیمیایی انرژی جذب شده NPQ (Bilger and Bjorkman, 1990)

$$NPQ = (F_m - F'_m)/F'_m$$

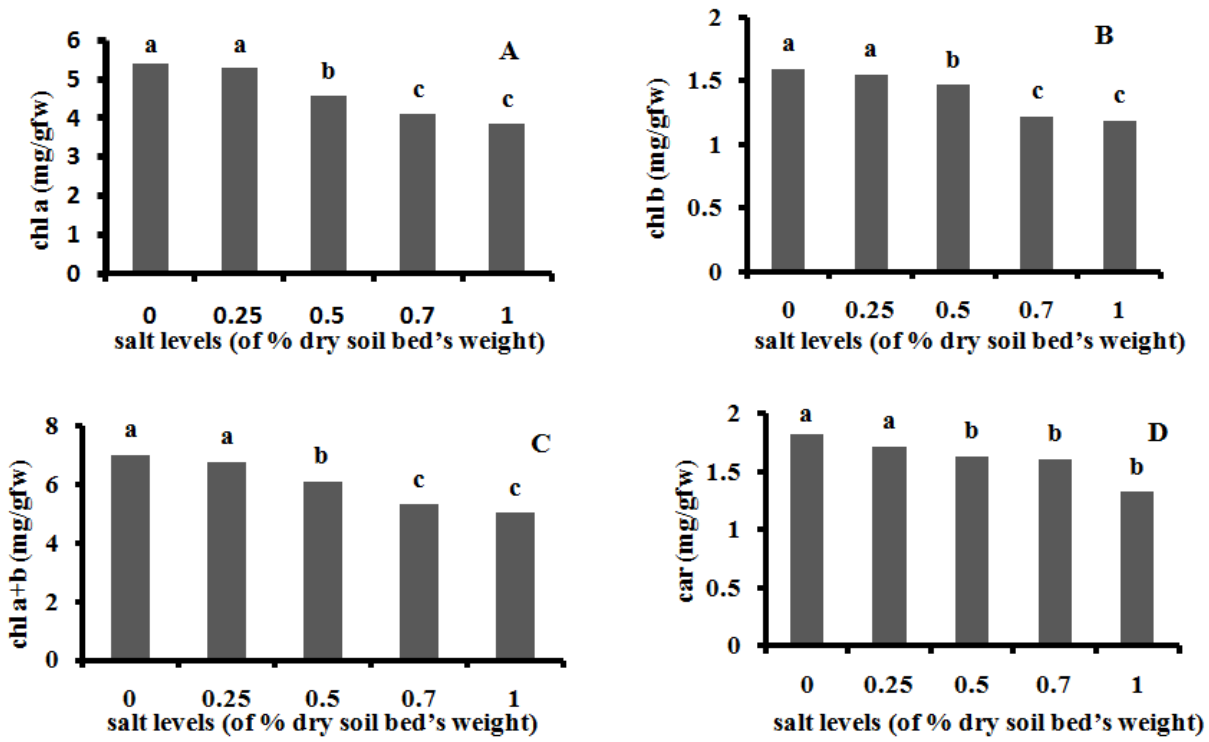
اندازه گیری یون‌ها: برای اندازه‌گیری سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم، مقدار دو گرم از هر نمونه برگ خشک شده در آون و پودر و دورن بوته‌های چینی ریخته شد، آن‌گاه بوته‌های چینی حاوی نمونه‌ها، درون کوره و به مدت ۸ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس به هر کدام از نمونه‌ها ده میلی لیتر HCl دو نرمال اضافه، و در دمای ٤۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا خاکستر حاصله کاملاً هضم شد. محتویات داخل بوته چینی با عبور از کاغذ صافی عبور به حجم رسانده شد (Kalra, 1998). جهت اندازه‌گیری کلسیم و منیزیم، مقدار مشخصی از عصاره تهیه شده با محلول EDTA تیتراسیون شد. اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم به روش شعله سنجی و با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر انجام شد. اندازه‌گیری کلر بر مبنای روش موهر (ارائه شده توسط Johnson and Ulrich, 1995) انجام گرفت. برای این منظور از ماده خشک گیاه استفاده گردید.

نتایج:

نتایج اثر تیمارهای مختلف شوری بر محتوی و نسبت‌های رنگدانه های اصلی برگ در شکل ۱ ارائه شده است. داده های ارائه شده نشان می‌دهد که یک رابطه مستقیم و منفی بین افزایش شدت شوری و کلیه پارامترهای رنگدانه‌ای برقرار است. به‌طوری‌که بیشینه هر پارامتر در سطح شاهد و کمینه‌ی آن در بالاترین سطح شوری مورد مطالعه مشاهده شد. کلروفیل *a* بر طبق نتایج تجزیه واریانس ارتباط معناداری با افزایش شوری نشان داده است همچنین نتایج آزمون دانکن نشان داد که کلروفیل *a* با افزایش سطوح شوری کاهش یافته است و این

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.6.8]



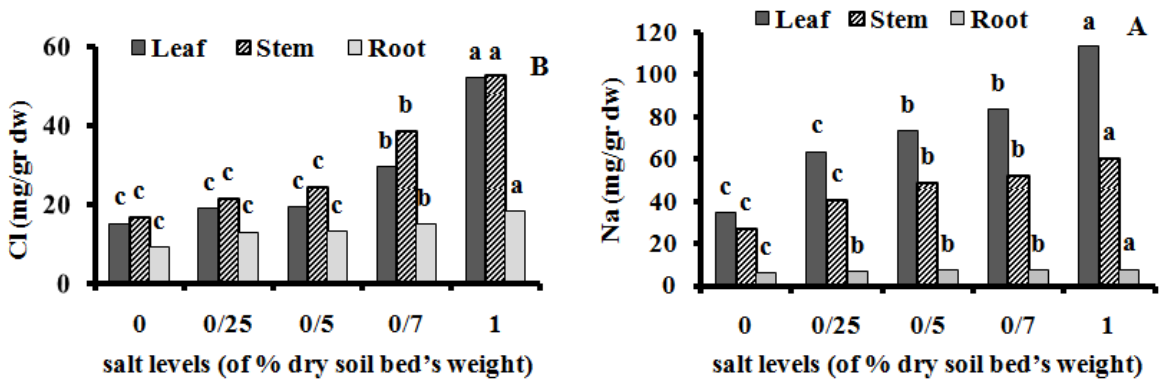
شکل١- (A) تغییرات محتوی کلروفیلa، (B) تغییرات محتوی کلروفیل b، (C) تغییرات مجموع کلروفیل‌ها، (D) تغییرات محتوی کاروتنوئید تحت تنش شوری

کاهش از سطح ٠/٥ درصد تفاوت معنی‌دار خود را ظاهر ساخته است ولی بین تیمار ٠/٧ و ١ درصد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشده است (شکل ١- A). سطوح شوری همانند کلروفیل *a* باعث ایجاد تغییرات معناداری در کلروفیل *b* شده است. نتایج مقایسه میانگین‌ها نیز گویای این است که این خصوصیت فیزیولوژیکی با افزایش سطوح شوری از سطح ٠/٥ درصد کاهش معنی‌داری نشان داده و تا سطح ١ درصد ادامه یافته است (شکل ١- B). با توجه به نتایج تجزیه واریانس مشخص شد که شوری اثر معنی‌داری برمجموع کلروفیل‌ها ایجاد کرده است ($P<$٠/٠٥). همچنین نتایج آزمون دانکن کاهش معنی‌داری از سطح شوری ٠/٥ درصد برای این خصوصیت فیزیولوژیکی نشان داده است (شکل ١- C). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که محتوی کاروتنوئید با افزایش سطوح شوری با تغییر معنی‌داری مواجهه شده است. نتایج مقایسه میانگین‌ها نیز گویای آن بود که کاروتنوئید با افزایش شوری کاهش یافته است و این کاهش در سطح شوری ٠/٥ درصد معنی‌دار شده است. همچنین این ویژگی در سطوح شوری ٠/٥، ٠/٧ و ١ درصد تفاوت معنی‌داری از خود نشان نداده است (شکل ١- D).

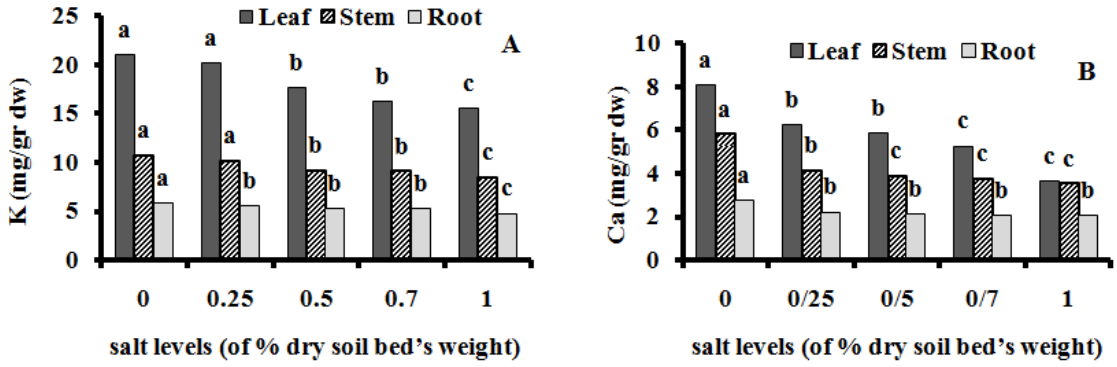
جدول ١ اثرات شوری بر پارامترهای فلورسنس کلروفیلی را نشان می‌دهد. کلروفیل فلورسنس پایه (F_0) یک روند موازی با افزایش شوری را نشان داد. این تغییرات در سطوح شوری ٠/٥، ٠/٧ و ١ درصد معنی‌دار بود، به‌طوری که بیشترین مقدار معنی‌دار (٤٩٣) مربوط به سطح شوری ١ درصد و کمترین مقدار معنی‌دار (٣٤٠) در سطح ٠/٥ درصد مشاهده گردید. کاهش تدریجی کلروفیل فلورسنس حداکثر (F_m) با افزایش شوری، با کمترین مقدار معنی‌داری در سطح شوری ١ درصد مشاهده شد. حداکثر مقادیر پارامترهای کارایی فتوشیمیایی بیشینه در فتوسیستم ٢ (F_v/F_m) (٠/٨٣) و پراکنش فتوشیمیایی انرژی جذب شده (qP) (٠/٦٣) در سطح شوری شاهد و کمینه پارامترهای ذکر شده به‌ترتیب ٠/٦٣ و ٠/٢٩ در سطح شوری ١ درصد مشاهده شد.

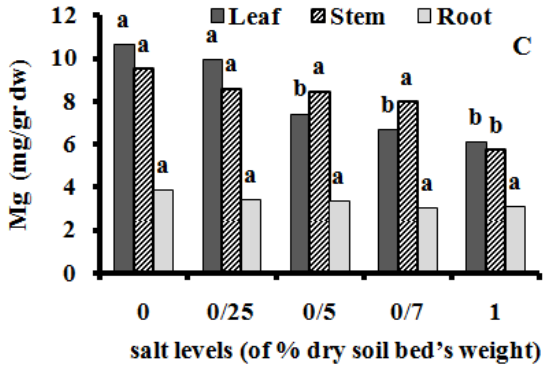
محتوی یونی: نتایج اثر تیمارهای مختلف شوری بر محتوای یونی گیاه اشنان در شکل‌های ٢ و ٣ ارائه شده است.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.6.8]



شکل۲- (A) تغییرات محتوی یون سدیم و (B) تغییرات محتوی کلر در اثر تنش شوری





شکل۳- (A) تغییران محتوی یون پتاسیم، (B) تغییرات محتوی یون کلسیم و (C) تغییرات محتوی یون منیزیم در اثر تنش شوری. در کلیه اشکال حروف مشابه اختلاف معنی‌دار ندارند.

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که یک رابطه مستقیم و قوی بین افزایش شوری و تراکم یون‌های سدیم و کلر در بافت‌های مختلف گیاه اشنان برقرار است. به‌طوری‌که کمترین تراکم این دو یون مربوط به تیمار شاهد و بیشترین آن‌ها مربوط به بالاترین سطح شوری یعنی سطح ۱ درصد است. در مورد یون سدیم نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر معنی‌دار شوری بر تراکم این یون در بافت‌های برگ، ساقه و ریشه از سطح شوری ۰/۵ درصد شروع شده و تا سطح ۱ درصد ادامه یافت ولی در مورد یون کلر شوری در بافت برگ و ساقه از سطح شوری ۰/۷ درصد شروع به اثرگذاری می‌کند و تا سطح شوری ۱ درصد ادامه دارد و در بافت ریشه تنها در سطح ۱ درصد اثر شوری معنی‌دار شده است. در بین اندام‌ها، برگ‌ها بیشترین

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.6.8]

تراکم سدیم و ساقه بیشترین تراکم یون کلر را نشان داده است (شکل ۲- A و B).

برعکس یون‌های سدیم و کلر، افزایش شوری سبب کاهش تراکم یون‌های پتاسیم، کلسیم و منیزیم گردید. به‌طوری که نتایج تجزیه واریانس نشان داد بیشینهٔ تراکم یون پتاسیم در اندام‌های برگ، ساقه و ریشه (به ترتیب ۲۰/۹٤، ۱۰/٦۷ و ۵/۸ میلی‌گرم بر گرم) مربوط به تیمار شاهد و کمینهٔ تراکم این یون (۱۰/٤۸، ۸/٤۲ و ٤/۷۸ میلی‌گرم بر گرم به ترتیب در برگ، ساقه و ریشه) در بالاترین سطح شوری اعمال شده مشاهده شد (شکل ۳ A). در مورد یون کلسیم نیز نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تراکم کلسیم در برگ، از سطح شوری ۰/۵ درصد اما در ساقه و ریشه از سطح شوری ۰/۲۵ درصد به طور معنی‌داری کاهش یافته و تا سطح شوری ۱ درصد این کاهش ادامه دارد (شکل ۳ B). محاسبات انجام شده نشان می‌دهد که شوری اثر معنی‌دار و معکوس بر تراکم یون منیزیم دارد. همچنین نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اثرگذاری شوری بر فراهمی یون منیزیم در برگ‌ها بیشتر از ساقه است به طوری‌که در برگ‌ها اثر معنی‌دار تیمارهای اعمال شده از سطح ۰/۵ درصد شروع شد در حالی که در ساقه اثر تیمار شوری بر فراهمی یون منیزیم فقط در تیمار شوری ۱ درصد معنی‌دار شد ولی اثر شوری بر مقدار این پارامتر در بافت ریشه معنی‌دار نبود (شکل ۳ C).

بحث:

شوری با اثر عمومی (اسمزی)، اثر اختصاصی (سمیت یونی) و اختلالات تغذیه‌ای که برای گیاه ایجاد می‌کند از عوامل تنش‌زای محیطی است. در این پژوهش مشاهده شد که یک رابطه مستقیم و منفی بین افزایش شدت شوری و کلیه پارامترهای رنگدانه‌های اصلی برقرار است به‌طوری‌که محتوی کلروفیل (کلروفیل *a*، کلروفیل *b* و مجموع کلروفیل‌ها) و همین‌طور محتوی کاروتنوئید در سطوح مختلف شوری روند کاهشی نشان دادند. نتایج به‌دست آمده در این مطالعه منطبق با یافته‌های Zahoor و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه دو گونه شورپسند *Schenoplectus juncoides* و *Fimbristylis dichotoma* و Miladinova و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه سه نوع کلونی *Paulowing clones* است. گرچه کلروفیل *a* در مقایسه با کلروفیل *b* از تراکم بالاتر، در ساختار دستگاه فتوسنتز کننده، برخوردار است اما این رنگدانه نسبت به کلروفیل *b* و سایر رنگدانه‌های سیستم فتوسنتز کننده گیاه در مقابل تنش‌های محیطی به‌ویژه تنش شوری و خشکی حساس‌تر است (Mitra and Banerjee, 2010). شوری به تغییرات کمی و کیفی در ترکیب رنگدانه‌ای برگ گیاهان منجر می‌شود که این عمل بستگی به گیاه مورد مطالعه و میزان شوری دارد. کاهش کلروفیل نتیجه منفی تنش شوری روی گیاهان محسوب می‌شود ولی این کاهش به طور مؤثری در جلوگیری از آسیب‌های بازدارندگی نوری دخالت نموده و موجب کاهش مقدار انرژی دریافتی توسط برگ‌ها می‌گردد (Munne-Bosch *et al.*, 2000). کاهش محتوی رنگدانه‌های فتوسنتزی می‌تواند به دلیل افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز، تخریب ساختار کلروپلاست و تنش شوری از طریق افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز، القای تخریب ساختار کلروپلاست و بی‌ثباتی کمپلکس‌های پروتئینی رنگدانه منجر به کاهش محتوی کلروفیل کل گیاه می‌شود (Bertrand and Schoefs, 1999).

در این مطالعه، همان‌طور که جدول ۱ و پارامترهای کلروفیل فلورسنس مانند F_0، F_m، F_v/F_m، *qP* و *NPQ* نشان می‌دهد، دستگاه فتوسنتز کنندهٔ *S. rosmarinus* تا حدی تحت تأثیر سطوح بالای شوری خاک قرار گرفته است. افزایش F_0 و کاهش F_m در سطوح شوری بالا نشان می‌دهد مجموعهٔ جمع‌آوری کنندهٔ فوتون‌های نور دچار آسیب شده‌اند (Goahong *et al*, 2011). پارامتر F_v/F_m به‌عنوان یک ابزار مؤثر در کشف آسیب‌های وارده به دستگاه فتوسنتز کننده قبل از آشکار شدن آن توسط مرفولوژی گیاه به گرفته می‌شود (Zarco-Tejada *et al.*, 2003). محققین زیادی کاهش این پارامتر را در بررسی اثر تنش‌های محیطی از جمله خشکی و شوری گزارش کرده‌اند (Li *et al.*, 2010; Ranjbarfordoei *et al.*, 2006). افزایش *NPQ* در سطح شوری ۰/۵۰ درصد به

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.6.8]

افزایش پراکنش انرژی به صورت گرما در فتوسیستم ۲ اشاره دارد. بدین ترتیب از توان دستگاه فتوسنتز کننده کاسته می‌شود که خ.ود یک مکانیسم دفاعی در برابر اکسایش فتوسیستم‌های ۱ و ۲ به شمار می‌آید و به بازدارندگی نوری معروف (Ranjbarfordoei *et al.*, 2002; Li *et al.*, 2010). در این مطالعه یافته‌های ما در خصوص پارامترهای فلورسنس کلروفیلی با یافته‌های Kaouther و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت دارد.

محتوی یون‌ها: نتایج نشان داد که تراکم یون‌های سدیم و کلر با افزایش شوری افزایش یافت که این افزایش در اندام‌های هوایی (برگ و ساقه) بیشتر از ریشه مشاهده شد و برعکس افزایش شوری سبب کاهش محتوای یون‌های پتاسیم، کلسیم و منیزیم گردید. که این نتایج با یافته‌های تحقیقات Belkheiria and Mula (۲۰۱۱) در مورد *Atriplex numalaria* و *Atriplex halimus* ؛ Al-Abdoulhadi و همکاران (۲۰۱۲) در مورد واریته‌های خرما مطابقت دارد و این مسأله بیان‌گر وجود رقابت آنتاگونیستی بین یون‌هاست که می‌تواند در محل جذب در غشاء سلولی رخ دهد. اثرات مخرب تنش شوری در گیاهان تحت تنش می تواند از به هم ریختن تعادل یونی در گیاه و یا سمیت آنها ناشی شود (Khan *et al*, 2000). به هم خوردن تعادل یونی در گیاه تحت شرایط شوری، حاصل تداخل جذب سدیم با پتاسیم است. تشابه بین شعاع یون هیدراته سدیم و پتاسیم، عمل تمایز بین دو یون مذکور را برای پروتئین‌های ناقل مشکل ساخته و بدین ترتیب سمیت سدیم فراهم می‌شود (Apse and Blumwald, 2002).

ارتباطی بین توانایی جایگزینی یون پتاسیم با سدیم و تحمل به نمک وجود دارد (Belkheiria and Mulas, 2011). کمبود پتاسیم همچنین ممکن است در اثر کمی آن در محیط ریشه یا کاهش جذب آن توسط سلول‌های ریشه در رقابت با سدیم در شرایط شور ایجاد شود (جلیلی مرندی، ۱۳۸۹). کاهش غلظت منیزیم می‌تواند در نتیجه رقابت این یون با یون سدیم ایجاد شود (Khan *et al*, 2000). ممکن است در سمیت شوری، کلر سهم بیشتری به خود بگیرد که این عمل موجب آسیب فرآیندهایی همچون فتوسنتز گردد (Tavakkoli *et al*, 2011). در شرایط شور عمدتاً میزان کلر در برگ‌ها، کمتر از ساقه بوده و تجمع کلر در ریشه نسبت به برگ‌ها و ساقه کمتر است. همچنین در همه اندام‌های گیاه مقدار کلر نسبت به سدیم کمتر است (جلیلی مرندی، ۱۳۸۹). کاهش غلظت منیزیم می‌تواند در نتیجه‌ی رقابت این یون و Na^+ به وجود آید. جایگاه‌های اتصال در غشاء سلولی تمایل کمتری برای یون‌های هیدراته منیزیم در مقایسه با کلسیم دارند. منیزیم اتم مرکزی کلروفیل را تشکیل داده و در تعیین اندازه، ساختار و عملکرد کلروپلاست اهمیت اساسی دارد (Ruiz *et al*, 1997). شوری می‌تواند با کاهش فعالیت Ca^{2+} در محیط ریشه‌ای موجب کاهش کلسیم قابل جذب برای گیاهان گردد (Grattan and Grieve, 1999).

نتیجه‌گیری کلی:

با توجه به واکنش رنگدانه‌های فتوسنتزی و محتوای یون‌های اندازه‌گیری شده تحت تیمارهای شوری می‌توان نتیجه گرفت که مقاومت به شوری در گیاه اشنان از نوع بردباری (تحمل) است، به این مفهوم که اشنان املاح موجود در خاک را جذب و در اندام‌های هوایی به ویژه در برگ‌های خود ذخیره می‌کند و در نهایت می‌توان استنباط کرد که گیاه هالوفیت اشنان برای بازسازی اراضی تخریب شده در اثر شوری گزینه‌ای اقتصادی و مناسب است.

منابع:

جلیلی مرندی، ر. (۱۳۸۹). فیزیولوژی تنش‌های محیطی و مکانیسم‌های مقاومت در گیاهان باغی (درختان میوه، سبزی‌ها، گیاهان زینتی و گیاهان دارویی)، جلد ۱، انتشارات جهاد دانشگاهی،ارومیه.

Al-Abdoulhadi, I. A., Dinar, H. A., Ebert, G. and Buttner, C. (2012) Influence of salinity levels on nutrient content in leaf, stem and root of major date palm (*Phoenix dactylifera* L) cultivars.International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science 2: 341-346.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.6.8]

Kaouther, Z., Ben, F. M., Mani, F. and Hannachi, C. (2012) Impact of salt stress (NaCl) on growth, chlorophyll content and fluorescence of Tunisian cultivars of chili pepper (*Capsicum frutescens* L.). Journal of Stress Physiology and Biochemistry 8: 236-252.

Khan, M. A., Ungar, I. A. and Showlter, A.M. (2000) The effect of salinity on the growth, water status, and ioncontent of a leaf succulent perennial halophyte, *Suaeda friticosa* (L.) Forssk. Journal of Arid Environments 45:73–84.

Krause, H. and Weis, E. (1991) Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: The Basics. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 42: 313-349.

Laeuchi, A. and Luettge, U. (2002) (Eds.) Salinity. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Neth., p. 341.

Le Houérou, H. N. (2000) Utilization of fodder trees and shrubs in the arid and semiarid zones of west Asia and North Africa.Arid Soil Research and Rehabilitation 14: 101-135.

Li, G., Wan S. W., Zhou, J, Yang, Z. Y. and Qin, P. (2010) Leaf chlorophyll fluorescence, hyperspectral reflectance, pigments content, malondialdehyde and proline accumulation responses of castor bean (*Ricinus communis* L.) seedlings to salt stress levels. Industrial Cropsand Products 31:13–19.

Miladinova, K., Ivanov, K., Geogieva, T., Geneva, M. and Markovska, Y. (2013) The Salinity Effect on Morphology and Pigments content in Three *Paulownia Clone*s Grown Exvitro. Bulgarian Journal of Agricultural Science 19: 52–56.

Mitra, A. and Banerjee, K. (2010) Pigments of Heritiera fomes seedlings under different salinity conditions: perspective sea level rise, Mesopot**.** African Journal of Marine Science 25: 1-10.

Munné-Bosch, S., Alegre, L. and Schwarz, K. (2000) The formation of phenolic diterpenes in *Rosmarinus officinalis* L. under Mediterranean. European Food Research and Technology 210:263-267.

Naumann, J. C., Young, D. R. and Anderson, J. E. (2008) Leaf chlorophyll fluorescence, reflectance, and physiological response to freshwater and saltwater flooding in the evergreen shrub, Myricacerifera. Journal of Environmental and Experimental Botany 63:402–409.

Ranjbarfordoei, A., R. Samson, P.and Van Damme, P. (2006) Chlorophyll fluorescence performance of sweet almond [*Prunusdulcis* (Miller) D. Webb] in response to salinity stress induced by NaCl. Journal of Photosynthetica 44: 513-522.

Ranjbarfordoei, A., Samson, R., Lemeur, R. and Van Damme, P. (2002) Effects of osmotic stress induced by a combination of NaCl and polyethylene glycol on leaf water status, photosynthetic gas exchange, and water use efficiency of *Pistaci akhinjuk* and *P. mutica*. Journal of Photosynthetica 40: 1654-169.

Ranjbarfordoei, A., Samson, R., Van Damme, P. and Allakhverdiev, S. I.; Sakamoto, A.; Nishiyama, Y.; Inaba, M. and Murata, N. (2000) Ionic and osmotic effects of NaCl-induced inactivation of Photosystems I and II in *Synechococcus*sp. Journal of Plant Physiology 123: 1047-1056.

Apse, M. P. and Blumwald, E. (2002) Engineering Salt Tolerance in Plant. Journal of Plant Biotechnology 13: 146-150.

Arnon, D. I. (1949) Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in: (*Beta vulgaris*). Journal of Plant Physiology 24: 1–15

Bajii, M., Kinet, J. M. and Lutts, S. (1998) Salt stress effects on roots and leaves of *Atriplex halimus* L. and their corresponding callus cultures. Journal of Plant Science 137: 131–142.

Belkheiri, O. and Mula, M. (2011) The effects of salt stress on growth, water relations and ion accumulation in two halophyte *Atriplex* species.Journal of Environmental and Experimental Botany 38:17-28.

Benlloch-Gonzalez, M., Fournier, J. M., Ramos, J. and Benlloch, M. (2005) Strategies underlying salt tolerance in halophytes are present in *Cynara cardunculus*. Journal of Plant Science 168**:** 653-659**.**

Bertrand, M. and Schoefs, B. (1999) Photosynthetic pigment metabolism in plants during stress. In Handbook of Plant and Crop Stress. Ed. M. Pessarakli. 2nd Edn. Marcel Dekker, New York, pp: 527–541.

Bilger, W. and Bjorkman, O. (1990) Role of the xanthophyll cycle in photoprotection elucidated by measurements of light-induced absorbance changes, fluorescence and photosynthesis in leaves of *Hedera canariensis*. Photosynthesis Research 25:173–185.

Gaohong, W., Lanzhou, C., Zongjie, H., Xiaoyan, L. andYongding, L., (2011) Effects of salinity stress on the photosynthesis of *Wolffia arrhiza* as probed by the jip test. Journal of Fresenius Environmental Bulletin 20: 432-438.

Genty, B., Briantais, J. M. and Baker, N. R. (1989) The relationship between the quantum yield of the photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. Biochemistry Biophysics Acta 990: 87-92.

Grattan, S. R. and Grieve, C. M. (1999) Salinity mineral nutrient relations in horticultural crops. Scientia Horticulturae 78: 127-157.

Hussin, S., Geissler, N. and Koyro, H. W. (2013) Effect of NaCl salinity on (*Atriplexnummularia* L.) with special emphasis on carbon and nitrogen metabolism. Journal of Acta Physiologiae Plantarum 35: 1025–1038.

Johnson, C. M. and Ulrich, A. (1959) California Agriculture, II. Analytical methods for use in plant analysis. California Journal of Agriculture Experiment Station Bulletin 766: 26-27

Kalra, Y. P. (1998) Handbook of Referance Methods for Plant Analysis. Soil and Plant Analalysis. Boca Raton Boston London New York Washington, D.C.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.6.8]

resistance, proline and chlorophyll concentrations in *maize* plant. African Journal of Agricultural Research 4: 893- 897.

Viera Santos, C. (2004) Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. Journal of ScientiaHorticulturae, 103: 93-99.

XinWen, X., HaiLiang, X., YanLing, W., XiaoJing W., YongZhi Q. and Bo, X. (2008) The effect of salt stress on the chlorophyll level of the main sand-binding plants in the shelterbelt along the Tarim Desert Highway. Journal of Chinese Science Bulletin 53: 109-111.

Zahoor, I., Sajid, M., Ahmad, A., Hameed, M., Nawaz, T. and Tarteel, A. (2012) Comparative salinity tolerance of *Fimbristylis dichotoma* (L) Vahl and *Schoenoplectus juncoides* (Roxb) Palla, the candidate sedges for rehabilitation of saline wetlands. Pakistan Journal of Botany: 44: 1-6.

Zarco-Tejada, P. J., Pushnik, J. C., Dobrowski, S. Z. and Ustin, S. L. (2003) Steady state chlorophyll a fluorescence detection from canopy derivative reflectance and double-peak red-edge effects. Remote Sensing of Environment 84:283–294.

Lemeur, R. (2000) Effects of drought stress induced by polyethylene glycol on pigment content and photosynthetic gas exchange of *Pistaci akhinjuk* and *P. mutica*. Journal of Photosynthetica 38: 443-447.

Ruiz, D. V. and Martinez, A. (1997) Citrus response to salinity: growth and nutrient uptake. Journal of Tree Physiology 17: 141-150.

Saleh, B. (2013) Water status and protein pattern changes towards salt stress in cotton. Journal of Stress Physiology and Biochemistry 9: 113-123.

Siringam, K., Juntawong, N., Cha-um, S. and Kirdmanee, C. (2011) Salt stress induced ion accumulation, ion homeostasis, membrane injury and sugar contents in salt-sensitive rice (*Oryza sativa* L. spp. *indica)* roots under isosmotic conditions. African Journal of Biotechnology 10: 1340-1346.

Sudhir, P. and Murthy, S. D. S. (2004) Effects of salt stress on basic processes of photosynthesis. Journal of Photosynthetica 42: 481-486.

Tavakkoli, E., Fatehi, F., Coventry, S., Rengasamy, P. and McDonald, G. K. (2011) Additive effects of Na^+ and Cl^- ions on *barley* growth under salinity stress, Journal of Experimental Botany 62: 2189–2203.

Turan, M. A., Elkiram, A. H. A., Taban, N. andTban, S. (2009) Effect of salt stress on growth, stomatal

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.6.8]