**بررسی ویژگی های مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در توده های حساس و متحمل به تنش شوری در فستوکا بلند**

**آزاده موسوی بزاز 1\*، علی تهرانی فر2 ، محمد کافی 3، محمود شور 4 و علی گزانچیان 5**

1- **\*** استادیار گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد ([mousaviba@um.ac.ir](mailto:mousaviba@um.ac.ir))

2- استاد گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد ([tehranifar@um.ac.ir](mailto:tehranifar@um.ac.ir) )

3- استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران ([m.kafi@um.ac.ir](mailto:m.kafi@um.ac.ir) )

4- دانشیار گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران ([shoor@um.ac.ir](mailto:shoor@um.ac.ir))

5- دانشیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، مشهد، ایران ([agazanchi@yahoo.com](mailto:agazanchi@yahoo.com))

**چکیده**

افزايش سريع جمعيت موجب کاهش منابع آب شيرين شده و بنابراين استفاده از آب هاي با کيفيت کم و شور مي تواند راهکاری براي آبياري گونه هاي گياهي کاشته شده در فضای سبز باشد. برای استفاده از این نوع آب، نیاز فزاینده ای به گیاهان متحمل نسبت به شوری است. در اين ارتباط مي توان به قابليت استفاده از توده هاي بومي موجود در هر کشور توجه نمود. با توجه به این مساله در آزمایشی انواع متحمل و حساس فستوکا بلند از لحاظ پاسخ های مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در پنج سطح 0، 45، 90، 135 و 180 میلی مولار به صورت گلدانی مورد بررسی قرار گرفتند. توده های سنندج، داران و فستوکا بلند وارداتی به عنوان انواع متحمل و توده سناجان به عنوان توده حساس برای این آزمایش مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج آزمایش نشان داد که در انواع متحمل میزان پرولین، محتوای نسبی آب برگ، شاخص پایداری غشاء، هدایت روزنه ای، شاخص SPAD در سطح بالاتر و معنی داری نسبت به توده سناجان قرار دارند. همچنین در توده حساس سناجان درصد خسارت برگ نسبت به انواع متحمل بالاتر بود. با توجه به وجود پتانسیل بالا برای انواع توده های بومی فستوکا بلند در مواجهه با شوری و هزینه پایین تر برای تهیه بذور این توده ها در مقایسه با انواع فستوکا وارداتی می توان بر اساس این آزمایش توده سنندج و داران را به عنوان جایگزین فستوکا وارداتی پیشنهاد نمود.

**کلید واژه ها:** پرولین، توده متحمل، خسارت برگ، شاخص پایداری غشاء

1. **مقدمه**

کمبود آب و افت کيفيت آب در حال تبديل شدن به يک مسأله جهاني است. افزايش سريع جمعيت شهرنشين موجب کاهش میزان آب شده و استفاده از آب هاي با کيفيت کم و شور براي آبياري فضاي سبز مي تواند چاره اي براي آبياري اين گونه فضاها باشد. از آبهای شور براي آبياري گونه هاي گياهي مختلف در فضاي سبز به دليل خطرات احتمالي از جمله آسيب هاي ناشي از تنش شوري به صورت گسترده مورد استفاده قرار نمي گيرد. به عنوان مثال آسيب هاي برگي درختان و درختچه هايي که در اطراف زمين هاي گلف رشد مي کنند، گزارش شده است [1]. تنش شوری موجب دو نوع تنش مشخص در گياهان مي شود: 1- تنش آب که به علت مشکلات در جذب آب حاصل مي شود. 2- تنش يوني که در ارتباط با تأثير يون سديم بر روي اعمال مختلف سلولي از جمله کاهش در جذب مواد غذايي، فعاليت هاي آنزيمي، فتوسنتز و متابوليسم است. تنش آب فيزيولوژيک به دليل افزايش پتانسيل اسمزي و در نتيجه کاهش آب در دسترس گياه در خاک هاي شور ايجاد مي شود. علاوه بر اين غلظت بالاي يون ها که به طور عمده کلر و سديم هستند، موجب عدم تعادل يون ها در درون گياه و هم چنين سميت يوني در داخل گياه مي شود [2]. بنابراين با هدف استفاده از آب هاي شور و کاهش صدمه ناشي از تنش شوري، مي بايست مقاومت و تحمل به نمک در گياهاني که به طور عمده در فضاي سبز استفاده مي شوند، تعيين شود [3]. در گیاهان از جمله گراس ها، سدیم اولین دلیل آسیب های یونی به شمار می آید [4]. در یک طبقه بندی که شامل گروه بندی حساس (شوری کمتر از 3 دسی زیمنس بر متر)، نیمه حساس(شوری بین6-3 دسی زیمنس بر متر)، نیمه متحمل(شوری بین 8-6 دسی زیمنس بر متر)، متحمل(شوری بین 10-8 دسی زیمنس بر متر) و خیلی متحمل(شوری بیشتر از 10 دسی زیمنس بر متر) بود، چمن *Festuca arundinacea* در گروه انواع متحمل و هم رتبه با چمن فصل گرم *Cynodon dactylon* قرار گرفته است [5]. در تحقیقی چمن های فصل سرد بر اساس بیشترین مقاومت به شوری تا کمترین مقاومت به شوری به ترتیب زیر طبقه بندی شدند [6][:](#Marcum99)

*Puccinellia airoides* and *Puccinellia distans, Agrostis stolonifera, Festuca arundinaceae, Festuca rubra, Lolium perenne, Poa pratensis, Poa trivialis, Festuca longifolia, Festuca ovina, Poa annua,* and *Agrostis tenuis*

شوری ناشی از کربنات، کلراید و سولفات می توانند موجب سطوح مختلف خسارت از جمله خسارت برگی و تنش های فیزیولوژیک در برگ های فستوکا بلند گردد [7]. عملکرد محصول به طور مستقيم تابع سطح برگ گياه، ميزان فتوسنتز و تقسيم آسيميلات ها در درون گياه دارد [8]. کاهش رشد برگ يکي از اولين علامت هاي قابل مشاهده در گياهان در هنگام مواجهه با تنش ها از جمله تنش شوري مي باشد، به دليل اين که برگ ها جذب تشعشع را تعيين مي کنند و مهم ترين اندام فتوسنتزي به شمار مي آيند شوري بر روي گسترش برگ اثر گذاشته و موجب کاهش عملکرد گياه مي شود [1]. در حضور يون هاي کلر و سديم در منطقه ريزوسفر، جذب مواد غذايي مورد نياز گياه به صورت مستقيم تحت تأثير قرار گرفته و دچار اختلال مي گردد. (از جمله K+ و NO3- در منطقه غشاء پلاسمايي ريشه) و يا تجمع اين يونهاي مضر در سلول و عدم تثبيت آنها در واکوئول ممکن است سبب سميت متابوليک شده که نتيجه آن سوختگي در برگ ها مي باشد [9]. سازگاري گياهان به تنش ها شامل تغييرات مورفولوژيک، فيزيولوژيک و بيوشيميايي است[10][،](#Demiral) به عنوان مثال این سازگاری به واسطه تجمع ترکيبات فعال اسموليت کننده آلي که اسموليت ناميده مي شوند و به عنوان اصلاح کننده در متابوليسم مياني و ثانويه کربن و نيتروژن عمل مي کنند، مي تواند صورت گيرد. اين پديده که به عنوان تعادل اسمزي شناخته مي شود، يکي از مهم ترين بخش هاي مکانيسم تحمل به شوري در گياهان به شمار مي آيد [11][.](#Hajlaouia) پرولين و گليسين بتائين نقش مهمي در تعادل اسمزي بازي مي کنند [11]. تجمع پرولين و گليسين بتائين موجب توليد محيطي سازگار با ساختمان مولکولي و اعمال پروتئين ها شده و به متحمل بودن به تنش شوري کمک مي کند .[12] در واقع ميزان هيدروليز پروتئين ها در گياهان تحت تنش بستگي به ميزان پرولين دارد [13][.](#Ahmad8) در این تحقیق با توجه به قابلیت استفاده از توده های بومی برای کاربرد در فضای سبز و آشنایی با مکانیسم تحمل و یا حساسیت به شوری در توده های بومی متحمل و حساس به شوری فستوکا بلند، پژوهشی گلخانه ای انجام گردید.

1. **مواد و روش ها**

این آزمایش در داخل گلخانه تحقیقاتی بر روی توده های بومی حساس و متحمل فستوکا بلند که از آزمایش دیگری انتخاب شده بودند [14]، انجام گردید. با هدف ارزیابی پاسخ های فیزیولوژیک، مورفولوژیک و بیوشیمیایی، توده سناجان (توده حساس) و توده های داران، سنندج و فستوکا بلند وارداتی (انواع متحمل به شوری) مورد ارزیابی و آزمایش قرار گرفتند. طرح آزمایش مورد استفاده به صورت آزمایش فاکتوریل درقالب طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. عامل اول شامل شوری های 0، 45 ، 90 ، 135 و 180 میلی مولار و عامل دوم، توده های حساس و متحمل فستوکا بلند بودند. به منظور جوانه زنی بذور، ابتدا بذور در گلدان های با قطر دهانه 20 سانتیمتر، شامل خاک زراعی، ماسه و خاکبرگ با نسبت های حجمی مساوی کشت گردیدند. پس از جوانه زنی تعداد 10 عدد گیاهچه به گلدان های پلاستیکی با قطر دهانه 20 سانتیمتر منتقل شدند و به مدت 2 ماه در شرایط بدون تنش شوری مورد پرورش قرار گرفتند. از ماسه خالص به عنوان بستر گلدان ها استفاده شد و جهت تغذیه گیاهان نیز از محلول هوگلند استفاده گردید. چمن ها در طی آزمایش تا ارتفاع 6 سانتی متری کوتاه می شدند. جهت جلوگیری از شوک ناشی از شوری، سطوح شوری به صورت تدریجی به وسیله افزایش 5/22 میلی مولار در لیتر به صورت یک روز در میان اعمال گردید. برای هر گلدان حجم محلول مورد استفاده 400 میلی لیتر بود تا 30% آب اضافی جهت آبشویی به منظور جلوگیری از تجمع نمک از قسمت پایین گلدان خارج شود. آبیاری با آب شور به مدت 2 ماه به صورت یک روز در میان صورت پذیرفت. صفات مورد ارزیابی در این مرحله شامل خسارت برگی (در انتهای آزمایش (2 ماه پس از اعمال تنش شوری))، تعداد پنجه تولید شده (در انتهای آزمایش)، محتوای نسبی آب برگ (30 روز پس از اعمال تنش شوری)، هدایت روزنه ای (30 روز پس از اعمال تنش شوری)، پایداری غشاء (30 روز پس از اعمال تنش شوری)، میزان پرولین در دو مرحله (2 و 50 روز پس از اعمال تنش شوری به ترتیب به منظور اندازه گیری تنش اسمزی و تنش یونی ناشی از شوری)، اندازه گیری شاخص نسبی کلروفیل (SPAD) در سه مرحله (15، 30 و 45 روز پس از اعمال تنش شوری) بودند. برای اندازه گیری خسارت برگی، در مرحله انتهایی آزمایش به صورت درصد وزن خشک برگ های نکروز شده به کل وزن خشک برگها محاسبه شد. به این صورت که برگهای سبز و نکروز شده هر گلدان به صورت جداگانه در دمای 72 درجه سانتیگراد به مدت 48 ساعت خشک گردیدند و سپس وزن آنها اندازه گیری شد و نسبت وزن برگهای نکروز شده به وزن کل برگهای هر گلدان به عنوان درصد خسارت برگی در نظر گرفته شد.

برای شمارش تعداد پنجه، در هر گلدان تعداد 3 گیاه به صورت تصادفی انتخاب و تعداد پنجه های تولید شده در آنها شمارش شد. مقدار نسبي آب برگ (RWC) در برگ‌های جوان کاملا توسعه یافته به روش بارس و ویترلی (1962) و با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد .[15]

100× ((وزن خشك – وزن تورژسانس)/(وزن خشك – وزن تر)) RWC=

هدایت روزنه ای با استفاده از دستگاه پرومتر (UK-jenway) اندازه گیری شد. تعداد 2 برگ به صورت تصادفی در هر گلدان بررسی شد. اندازه گیری در ساعت 9 صبح در شرایط آفتابی صورت گرفت. میزان پایداری غشاء از طریق اندازه گیری میزان نشت الکترولیتی برگ به روش سایرام و سیرواستاوا (2001) و از طریق رابطه زیر ارزیابی شد [16].

100× ((نشت ثانویه/ نشت اولیه)-1)= شاخص پایداری غشاء

ميزان پرولين در بافت برگ بر اساس روش [باتس و همکاران](#Bates) [17] اندازه گيري شد. جهت تجزیه داده ها و مقایسه میانگین از نرم افزار JMP 8.0 و آزمون LSD استفاده شد.

1. **نتایج و بحث**

نتایج جدول تجزیه واریانس برای صفات مختلف در جدول 1 آمده است. برای صفاتی که اثرات متقابل آنها معنی دار نشده است، در نتایج اثرات ساده مورد بحث قرار گرفته است.

**جدول 1- تجزیه واریانس صفات مختلف در انواع حساس و متحمل به شوری در فستوکا بلند**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| منابع تغییر | میانگین مربعات | | | | | |  | |
| درجه آزادی | | شاخص پایداری غشاء | تعداد پنجه | هدایت روزنه ای | محتوای نسبی آب برگ | | خسارت برگی |
| توده | | 3 | \*11/197 | \*\*63/382 | \*\*31/1138 | \*\*03/64 | \*\*59/4817 | |
| شوری | | 4 | \*\*59/1948 | \*\*89/374 | \*\*21/3042 | \*\*67/1049 | 29/14402 \*\* | |
| توده × شوری | | 12 | \*\*36/258 | \*\*18/26 | \*\*84/311 | \*55/34 | 13/350 \*\* | |
| خطا  Error | | 60 | 30/29 | 29/4 | 74/30 | 27/13 | 93/21 | |

# \*\*،معني دار در سطح احتمال 1 درصد،\*،معني دار در سطح احتمال 5 درصد و ns غیر معنی دار

# ادامه جدول 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| منابع تغییر |  | میانگین مربعات | | | | | |
| درجه آزادی | | شاخص SPAD  (مرحله اول) | شاخص SPAD  (مرحله دوم) | شاخص  SPAD  (مرحله سوم) | میزان پرولین  (مرحله اول) | میزان پرولین (مرحله دوم) |
| توده | 3 | | \*\*01/183 | \*\*22/316 | \*\*66/885 | \*\*62/285 | \*\*35/310 |
| شوری | 4 | | 14/26ns | 54/53ns | \*54/209 | \*\*53/665 | \*\*73/297 |
| توده × شوری | 12 | | 16/ 6ns | 95/18ns | \*\*15/220 | \*\*60/198 | \*05/60 |
| خطا | 60 | | 81/6 | 78/46 | 78/46 | 37/43 | 05/21 |

# \*\*،معني دار در سطح احتمال 1 درصد،\*،معني دار در سطح احتمال 5 درصد و ns غیر معنی دار

**1-2 - خسارت برگ**

بین توده ها و سطوح مختلف شوری برای این صفت، درسطح احتمال 1% تفاوت معنی داری مشاهده شد، همچنین اثر متقابل توده و شوری نیز در سطح 1% معنی دار بود (جدول 1). با افزایش سطح شوری میزان خسارت در کلیه گیاهان به طور معنی داری افزایش یافت (شکل 1). در تمام سطوح شوری، بیشترین میزان خسارت متعلق به توده سناجان بود که تفاوت این توده با سایر انواع فستوکا بلند در سطح 5% معنی دار بود (شکل 1). گراس فستوکا وارداتی نیز در سطوح 45، 90 و 180 میلی مولار نسبت به سایر گراس ها کمترین میزان خسارت را داشت (شکل 1). مشاهده گردید که با افزایش سطح شوری، تفاوت میزان خسارت بین فستوکا وارداتی و توده ها، به خصوص توده سنندج به حداقل می رسد، به طوریکه این اختلاف در سطوح 45، 90، 135 و 180 میلی مولار بین توده فستوکا وارداتی و توده سنندج به ترتیب 13، 5، -3 و 3 درصد بود و به غیر از سطح 45 میلی مولار، در سایر سطوح اختلاف بین این دو در سطح 5% معنی دار نبود (شکل 1). افزایش میزان خسارت با افزایش سطح شوری، مشابه با کار محققین دیگر بود [18, 19]. سطوح بالای سدیم در گیاه، تعادل پتاسیم را به هم زده و با تجمع در درون سیتوپلاسم، از فعالیت بسیاری از آنزیمها جلوگیری می کند و تنش های ثانویه ای مانند تنش اکسیداتیو را سبب می گردند که باعث تولید گونه های فعال اکسیژن می شود [18]. این گونه های فعال خود سبب خسارت برگی در گیاه شده که در نهایت موجب کاهش سطح فتوسنتزی لازم برای حفظ رشد می گردند [19]. احتمالا خسارت برگی مشاهده شده در گیاهان ناشی از حضور یون های سدیم و به هم خوردن تعادل موجود است. از سویی در توده حساس سناجان این خسارت شدیدتر است که می تواند نشان دهنده مقادیر بیشتر یون های سدیم در ناحیه برگ این گیاه باشد که موجب حضور بیشتر گونه های فعال اکسیژن و خسارت اکسیداتیو بیشتر می گردد.

# 

# شکل 1- تاثیر شوری بر میزان درصد خسارت برگی در توده های مختلف فستوکا بلند. نشان های عمودی (±)، خطای استاندارد هستند.

# 2-3- تعداد پنجه

با تجزیه واریانس مشخص گردید که اختلاف معنی داری در سطح 1% بین توده ها و سطوح مختلف شوری برای صفت تعداد پنجه وجود دارد، از سویی اثر متقابل شوری و توده در سطح 1% معنی دار می باشد (جدول 1). با افزایش سطوح شوری تعداد پنجه های تولیدی در انواع فستوکاها کاهش یافت (شکل 2). توده سناجان در سطح صفر شوری، در بین توده ها بیشترین پنجه را تولید نمود و تفاوت معنی داری در سطح 5% با آنها داشت (24 پنجه در بوته) و در سطح شوری 45 میلی مولار نیز وضعیت به همین گونه بود و تفاوت بین این توده با سایرین در سطح 5% معنی دار بود (17 پنجه در بوته)، اما در سطوح 90، 135 و 180 میلی مولار تعداد پنجه های تولید شده در بوته به ترتیب به 7، 6 و 6 عدد رسید و در بین سایر انواع فستوکا کمترین میزان پنجه تولید شده را دارا بود و در هر سه سظح شوری با فستوکا وارداتی در سطح 5% تفاوت معنی داری داشت که نشان دهنده حساسیت این صفت در این گیاه نسبت به شوری می باشد (شکل 2). در سطوح شوری 90، 135 و 180 میلی مولار، در بین توده ها، توده سنندج به ترتیب با تعداد پنجه تولید شده 9، 9 و 8 عدد در بوته دارای بیشترین میزان تولید پنجه بود و با دو توده دیگر از این نظر تفاوت معنی داری مشاهده نگردید (شکل 2).

# 

# 

# شکل2. تاثیر شوری بر تولید پنجه در توده های مختلف فستوکا بلند. نشان های عمودی (±)، خطای استاندارد هستند.

**3-3- شاخص نسبی کلروفیل (SPAD)**

نتایج تجزیه واریانس برای این صفت نشان داد که بین توده ها تفاوت معنی داری برای هر سه مرحله اندازه گیری در سطح 1% وجود دارد (جدول 1)، اما برای سطوح مختلف شوری و همچنین اثر متقابل شوری و توده در مرحله اول (15 روز پس از اعمال تنش) و در مرحله دوم (30 روز پس از اعمال تنش) اندازه گیری، تفاوت معنی داری وجود نداشت، در حالیکه در مرحله سوم اندازه گیری (45 روز پس از اعمال تنش) برای سطوح مختلف شوری در سطح 5% و برای اثر متقابل شوری و توده در سطح 1% تفاوت معنی داری مشاهده گردید (جدول 1). در مرحله اول اندازه گیری، بیشترین شاخص SPAD برابر با 52 واحد متعلق به فستوکا وارداتی بود و بین توده های سنندج و داران تفاوت معنی داری با یکدیگر وجود نداشت، کمترین میزان برای این شاخص با عدد 45 نیز متعلق به توده سناجان بود که اختلاف معنی داری در سطح 5% با سایر توده ها داشت (شکل A3). در مرحله دوم اندازه گیری، تفاوت معنی داری در سطح 5% بین توده سنندج و فستوکا وارداتی وجود نداشت، از سویی بین توده های سنندج و داران نیز اختلاف در سطح 5% معنی دار نبود (شکل B3). کمترین میزان برای این شاخص متعلق به توده سناجان بود که اختلاف معنی داری در سطح 5% با سایر توده ها داشت (شکل B3).

B

**A**

# شکل 3- شاخص SPAD برای توده های مختلف فستوکا بلند در مرحله اول اندازه گیری (15 روز پس از اعمال تنش) (A)، و مرحله دوم اندازه گیری (B) (اعداد راهنما: 1. توده داران، 2. توده سنندج، 3. توده سناجان، 4. فستوکا وارداتی). ميانگين هايي كه حداقل داراي يك حرف مشترك هستند، فاقد تفاوت معني دار آماري بر اساس آزمون آماري LSD و در سطح احتمال 1 درصد می باشند.

در مرحله سوم اندازه گیری (45 روز پس از اعمال تنش شوری)، مشاهده شد که با افزایش سطح شوری اختلاف بین فستوکا وارداتی با توده های متحمل سنندج و داران کمتر شد، به طوریکه در سطوح 135 و 180 میلی مولار، تفاوت بین انواع متحمل فستوکا در سطح 5% معنی دار نشد (شکل 4). کمترین میزان برای این صفت در سطوح 135 و 180 میلی مولار متعلق به توده سناجان (به ترتیب 29 و 7 واحد) بود که با انواع متحمل فستوکا بلند (توده های داران، سنندج و فستوکا وارداتی) تفاوت معنی داری در سطح 5% مشاهده شد (شکل 4). با بررسی سه مرحله اندازه گیری مشخص گردید که افزایش مدت زمان شوری موجب کاهش شاخص SPAD در توده های فستوکا بلند شده است (شکل 5). این کاهش برای توده سناجان بیشتر از سایر توده ها بوده و از روند نزولی بیشتری نسبت به سایرین برخوردار بوده است، در مقایسه توده داران و سنندج نیز، مشاهده شد که روند کاهشی برای این صفت با افزایش مدت زمان اعمال تنش شوری در توده سنندج کمتر از توده داران بود (شکل 5). کاهش کلروفیل با افزایش سطح شوری مشابه نتایج دیگر پژوهشگران بود [20, 21]. شوري موجب کاهش محتواي کلروفيل شده و بر روي انتقال الکترون در فتوسنتز تأثير گذاشته و فعاليت فتوسيستم II را با توجه به تجمع نمک در کلروپلاست کاهش مي دهد [21].

# 

# 

# شکل 4- تاثیر شوری بر شاخص SPAD در توده های مختلف فستوکا بلند در مرحله سوم اندازه گیری (45 روز پس از اعمال تنش)، نشان های عمودی (±)، خطای استاندارد هستند.

# 

# شکل 5- تاثیر شوری بر شاخص SPAD در توده های مختلف فستوکا بلند در زمان های مختلف اندازه گیری

# 4-3- هدایت روزنه ای

همانطور که در جدول 1 مشاهده می شود، بین سطوح مختلف شوری، توده ها و اثر متقابل شوری و توده، تفاوت معنی داری در سطح 1% وجود داشت. با افزایش سطوح شوری میزان هدایت روزنه ای برای توده های مختلف کاهش یافت (شکل6). در سطح 135 میلی مولار توده سنندج با میزانmmol/m2 7/19 و در سطح 180 میلی مولار فستوکا وارداتی با میزانmmol/m2 05/24 دارای بیشترین میزان برای صفت هدایت روزنه ای بودند، در حالیکه کمترین میزان برای این صفت در این دو سطح شوری، به ترتیب در توده های داران و سناجان با مقادیرmmol/m2 16/12 و mmol/m2 9 مشاهده گردید، در سطح 135 میلی مولار تفاوت بین انواع مختلف فستوکا بلند در سطح 5% معنی دار نبود ولی در سطح شوری 180 میلی مولار بین فستوکا وارداتی با سه توده فستوکا بلند تفاوت معنی داری در سطح 5% مشاهده شد (شکل 6). کاهش هدایت روزنه ای در مواجهه با تنش شوری مشابه کار سایر محققین است [22, 23]. در پاسخ به تنش شوری، گیاهان هدایت روزنه ای را با هدف کاهش از دست دهی آب کاهش می دهند که خود سبب کاهش در غلظت CO2 درونی شده که چرخه کالوین تنفس نوری را تحت تاثیر قرار می دهد[22]. کاهش در هدایت روزنه ای تحت تنش شوری در این آزمایش نیز مشاهده گردید (شکل 6). در واقع ممانعت از ورود CO2 به واسطه بسته شدن روزنه ها مسئول محدود کردن تثبیت کربن فتوسنتزی می باشد [23]. در گیاهان متحمل مورد آزمایش مشاهده شد که میزان هدایت روزنه ای نسبت به گیاه حساس کمتر کاهش یافته است که خود به واسطه تحمل بهتر تنش شوری می باشد که احتمالا به دلیل تنظیمات اسمزی از طریق تولید اسمولیت های سازگار از جمله پرولین در جهت مقابله با تنش شوری می باشد که در قسمت های بعدی به آن پرداخته می شود.

# شکل 6- تاثیر شوری بر میزان هدایت روزنه ای در توده های مختلف فستوکا بلند. نشان های عمودی (±)، خطای استاندارد هستند.

**5-3- شاخص پایداری غشاء**

برای صفت پایداری غشاء، مشخص گردید که بین توده ها در سطح 5% و بین سطوح مختلف شوری در سطح 1% تفاوت معنی داری وجود دارد، همچنین اثر متقابل شوری و توده در سطح 1% معنی دار می باشد (جدول 1). در سطوح 45 و 90 میلی مولار شوری، کاهش قابل ملاحظه ای در پایداری غشاء مشاهده نگردید و تفاوت معنی داری بین انواع مختلف فستوکا بلند در سطح 5% مشاهده نشد (شکل 7). با افزایش سطح شوری به 135 میلی مولار کاهش در پایداری غشاء که نماینده ای از میزان نشت الکترولیت می باشد، افزایش یافت و این کاهش در سطح 180 میلی مولار نیز مشاهده گردید (شکل 7). بیشترین میزان برای این صفت در سطح 135 و 180 میلی مولار شوری مربوط به فستوکا وارداتی و در بین توده ها متعلق به توده سنندج) و کمترین میزان، به ترتیب در توده های داران و سناجان مشاهده شد، در سطوح شوری 135 و 180 میلی مولار، بین فستوکا وارداتی با توده سنندج تفاوت در سطح 5% معنی دار نبود (شکل 8). کاهش پایداری غشاء با افزایش تنش شوری مطابق با نتایج سایر محققین است [24-26]. تحت تنش شوری، سنتز گونه های فعال اکسیژن (ROS) می تواند افزایش یابد که منجر به تولید پروتئین، تجزیه لیپیدهای غشاء و رنگدانه های فتوسنتزی و کاهش پایداری غشاء سلولی می شود [24, 25].استراتژی تحمل تنش شوری می تواند در ارتباط با حفظ پایداری غشاء و ترمیم سریع آن باشد [27]. بنابراین در گیاهان متحمل این آزمایش یکی از دلایل حفظ بهتر و بالاتر پایداری غشاء نسبت به نوع حساس فستوکا احتمالا از طریق کاهش گونه های فعال اکسیژن می باشد. ساخت پرولین در گیاهان متحمل به شوری ممکن است به عنوان مکانیزم دفاعی برای مهار فعالیت رادیکال‌های اکسیژن فعال و محافظت غشا سلول از صدمات ناشی از تنش شوری باشد [28].

# شکل 7. تاثیر شوری بر درصد پایداری غشاء در توده های مختلف فستوکا بلند. نشان های عمودی (±)، خطای استاندارد هستند.

# 6-3- محتوای نسبی آب برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تفاوت معنی داری بین توده ها و سطوح شوری به ترتیب در سطح 5% و 1% وجود دارد (جدول 1). همچنین اثر متقابل بین شوری و توده نیز در سطح 5% معنی دار شد (جدول 1). توده داران در سطح 45 و 90 میلی مولار بالاترین میزان محتوای نسبی آب برگ را دارا بود و در سطح 90 میلی مولار با توده سناجان و فستوکا وارداتی در سطح 5% تفاوت معنی داری داشت، اما در سطح شوری 135 و 180 میلی مولار فستوکا وارداتی و توده سنندج به ترتیب بیشترین میزان برای این صفت را دارا بودند، فستوکا وارداتی در سطح 135 میلی مولار با سایر توده ها در سطح 5% تفاوت معنی داری داشت، در سطح شوری 180 میلی مولار نیز تفاوت بین توده سنندج با توده سناجان و فستوکا وارداتی در سطح 5% معنی دار بود (شکل 8). نتایج این بخش موافق با نتایج کار سایر محققین در گیاه فستوکا بلند بود [29-31]. تاثیر اولیه تنش شوری، کاهش در میزان آب گیاه و از جمله برگ است که خود سبب بسته شدن روزنه ها و گاهی بازدارندگی متابولیسم های فتوسنتزی می شود [32-34] و خود یک نوع روش مقابله در برابر تنش شوری در جهت افزایش تحمل نسبت به آن است [35].

# 

# شکل 8- تاثیر شوری بر محتوای نسبی آب برگ در توده های مختلف فستوکا بلند. نشان های عمودی (±)، خطای استاندارد هستند.

# 7-3- میزان پرولین

# تفاوت بین توده ها، اثر تنش شوری و اثر متقابل شوری و توده در مرحله اول ( 2 روز پس از اعمال تنش) و مرحله دوم (50 روز پس از تنش شوری) در سطح 1% معنی دار بود (جدول 1). در مرحله اول اندازه گیری پرولین، با افزایش تنش شوری میزان پرولین نسبت به سطح صفر کلرید سدیم افزایش یافت (شکل 9). در سطح شوری 90 میلی مولار توده سناجان کمترین میزان پرولین را داشت و توده سنندج با 12 واحد افزایش در میزان پرولین، بیشترین میزان پرولین را دارا بود (شکل 9). در سطح شوری 180 میلی مولار نیز به ترتیب توده های داران و سناجان بیشترین و کمترین میزان پرولین را تولید نمودند (شکل 9). در مرحله دوم اندازه گیری پرولین (50 روز پس از اعمال تنش شوری)، مشخص شد که با افزایش تنش شوری میزان پرولین در انواع متحمل فستوکا مورد آزمایش (توده های سنندج، داران و فستوکا وارداتی) افزایش یافت (شکل 10). اما در توده سناجان که توده حساس انتخابی از مرحله غربالگری بود، در سطوح 135 و 180 میلی مولار شوری، کاهش قابل ملاحظه ای نسبت به سطوح 45 و 90 میلی مولار شوری، مشاهده گردید (شکل 10). در سطوح 90، 135 و 180 میلی مولار شوری، بیشترین میزان افزایش پرولین، به ترتیب در توده سنندج، توده داران و توده سنندج مشاهده شد (شکل 10) همچنین کمترین میزان پرولین در سطوح 90، 135 و 180 میلی مولار شوری، متعلق به توده سناجان بود، در سطوح شوری 135 و 180 میلی مولار، توده سناجان با سایر فستوکاها تفاوت معنی داری در سطح 5% داشت ولی بین انواع متحمل تفاوت معنی دار نبود (شکل 10).

**شکل 9- تاثیر شوری بر توده های فستوکا بلند بر محتوای پرولین برگ (2 روز پس از اعمال تنش)، نشان‌های عمودی (±)، خطای استاندارد هستند.**

**شکل 10- تاثیر شوری بر توده های فستوکا بلند بر محتوای پرولین برگ (50 روز پس از اعمال تنش)، نشان های عمودی (±)، خطای استاندارد هستند.**

در این آزمایش مشاهده شد که با افزایش شوری آب آبیاری، تجمع پرولین در گیاهان متحمل به شوری افزایش می یابد که این نتیجه مطابق با نتایج سایر محققین می باشد [36-39]. به طور کلی، میزان پرولین در گیاهان در مواجهه با تنش های غیر زیستی از جمله شوری، در قسمت سیتوسول اندامک های سلولی که مسئول تعادل اسمزی هستند، افزایش می یابد [22]. محققین گزارش دادند که پرولین جریان آپوپلاستی سدیم را محدود کرده و تحمل گیاهچه های برنج را به وسیله حفظ بالاتر نسبت پتاسیم به سدیم، افزایش می دهد [40]. افزایش تجمع پرولین تحت تنش شوری می تواند معیاری برای تشخیص ژنوتیپ های متحمل به شوری باشد [41][.](#Refouli) یازیسی و همکاران (2007) نیز گزارش دادند که تجمع پرولین درونی در ژنوتیپ های متحمل خرفه بیشتر از ژنوتیپ های حساس می باشد. در واقع حاصل تجمع اسمولیت‌ها در سلول‌های گیاهی کاهش پتانسیل اسمزی سلول و بنابراین ادامه جذب آب و حفظ فشار آماس سلول است که احتمالا باعث ثبات فرآیند‌های فیزیولوژیکی مانند باز ماندن روزنه‌ها، فتوسنتز و توسعه رشد می شود [42][.](#Serraj) با توجه به غلظت پرولین می‌توان نتیجه گرفت که نمک‌های محلول سهم بیشتری در پتانسیل اسمزی ایجاد شده داشته‌اند و نقش پرولین در شوری‌های بالا محافظت اسمزی بوده است [43][.](#Yokoi) کاهش بیش از حد پرولین در توده حساس سناجان در سطوح بالای تنش شوری، خصوصا در مرحله دوم که تنش یونی حادث شده است، می تواند به واسطه صدمه و خسارت بیش از حد به بافتهای گیاهی و عدم توانایی برای مقابله با شرایط تنش شوری باشد که در این حال خسارت به حدی است که گیاه نمی تواند این خسارت را جبران کرده و نه تنها سطح پرولین افزایش نمی یابد، بلکه مکانیزم های درونی گیاه مختل می شود، همانطور که گواه این موضوع خسارت برگی شدیدی است که به گیاه وارد شده است (شکل 1).

1. **نتیجه گیری کلی**

با توجه به پژوهش حاضر، شوری موجب کاهش برخی صفات در انواع مورد بررسی فستوکا بلند گردید ولی در انواع متحمل این کاهش در مقایسه با توده حساس به شوری بسیار کمتر بود و تفاوت معنی داری بین توده حساس با انواع متحمل به شوری مشاهده گردید. از سویی با انجام این پژوهش به قابلیت های توده های بومی در مواجهه با شوری پی برده شد و از آنجایی که در اغلب صفات تفاوت معنی داری با انواع فستوکا بلند وارداتی نداشتند، می توان توده های داران و سنندج را برای مناطق شور توصیه نمود.

**قدردانی**

بدینوسیله از دانشگاه فردوسی مشهد، برای حمایت های مالی در جهت انجام پژوهش تشکر و قدردانی می گردد.

**منابع:**

[1] Taleisnik E, Rodríguez A A, Bustos D, Erdei L, Ortega L,Senn M E. Leaf expansion in grasses under salt stress. Journal of Plant Physiology; **166**: (11). 1123-1140, 2009.

[2] Wahome P, Jesch H, Grittner I. Mechanisms of salt stress tolerance in two rose rootstocks: Rosa chinensis ‘Major’and R. rubiginosa. Scientia Horticulturae; **87**: (3). 207-216, 2001.

[3] Niu G, Rodriguez D S, Call E, Bosland P W, Ulery A, Acosta E. Responses of eight chile peppers to saline water irrigation. Scientia horticulturae; **126**: (2). 215-222, 2010.

[4] Tester M,Davenport R. Na+ tolerance and Na+ transport in higher plants. Annals of Botany; **91**: (5). 503-527, 2003.

[5] Miyamoto S, Martinez I, Padilla M, Portillo A,Ornelas D. Landscape plant lists for salt tolerance assessment. USDI Bureau of Reclamation; 1-13, 2004.

[6] Marcum K B. Salinity tolerance in turfgrasses. Handbook of plant and crop stress; 891-905, 1999.

[7] Gao Y, Li D, Chen Y. Differentiation of carbonate, chloride, and sulfate salinity responses in tall fescue. Scientia horticulturae; **139**: 1-7, 2012.

[8] Hay R K, Porter J R, The physiology of crop yield. 2006: Blackwell publishing.

[9] Cassaniti C, Leonardi C,Flowers T J. The effects of sodium chloride on ornamental shrubs. Scientia Horticulturae; **122**: (4). 586-593, 2009.

[10] Demiral T, Türkan I. Exogenous glycinebetaine affects growth and proline accumulation and retards senescence in two rice cultivars under NaCl stress. Environmental and Experimental Botany; **56**: (1). 72-79, 2006.

[11] Hajlaoui H, El Ayeb N, Garrec J P, Denden M. Differential effects of salt stress on osmotic adjustment and solutes allocation on the basis of root and leaf tissue senescence of two silage maize (Zea mays L.) varieties. Industrial Crops and Products; **31**: (1). 122-130, 2010.

[12] Girija C, Smith B, Swamy P. Interactive effects of sodium chloride and calcium chloride on the accumulation of proline and glycinebetaine in peanut (Arachis hypogaea L.). Environmental and Experimental Botany; **47**: (1). 1-10, 2002.

[13] Ahmad P, John R, Sarwat M, Umar S. Responses of proline, lipid peroxidation and antioxidative enzymes in two varieties of Pisum sativum L. under salt stress. International Journal of Plant Production; **2**: (4). 353-366, 2012.

[14] Mousavi Bazaz A, Tehranifar A, Kafi M, Gazanchian A,Shoor M. Screening of Eleven Festuca arundinaceaNative Populations for NaCl Tolerance in Order to Use in Green Space. Journal of Ornamental plants; **5**: (3). 131-138, 2015.

[15] Barrs H, Weatherley P. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. Australian journal of biological sciences; **15**: (3). 413-428, 1962.

[16] Sairam R, Srivastava G. Water stress tolerance of wheat (Triticum aestivum L.): variations in hydrogen peroxide accumulation and antioxidant activity in tolerant and susceptible genotypes. Journal of Agronomy and Crop Science; **186**: (1). 63-70, 2001.

[17] Bates L S, Waldren R P,Teare I. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil; **39**: (1). 205-207, 1973.

[18] Iqbal M, Ashraf M, Jamil A, Ur‐Rehman S. Does seed priming induce changes in the levels of some endogenous plant hormones in hexaploid wheat plants under salt stress? Journal of integrative plant Biology; **48**: (2). 181-189, 2006.

[19] Tarchoune I, Sgherri C, Izzo R, Lachaal M, Ouerghi Z,Navari-Izzo F. Antioxidative responses of Ocimum basilicum to sodium chloride or sodium sulphate salinization. Plant Physiology and Biochemistry; **48**: (9). 772-777, 2010.

[20] Blumwald E, Aharon G S, Apse M P. Sodium transport in plant cells. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Biomembranes; **1465**: (1-2). 140-151, 2000.

[21] Meloni D A, Oliva M A, Martinez C A,Cambraia J. Photosynthesis and activity of superoxide dismutase, peroxidase and glutathione reductase in cotton under salt stress. Environmental and Experimental Botany; **49**: (1). 69-76, 2003.

[22] Ahmad P, Jamsheed S, Hameed A, Rasool S, Sharma I, Azooz M,Hasanuzzaman M, Drought stress induced oxidative damage and antioxidants in plants, in *Oxidative damage to plants*. 2014, Elsevier. p. 345-367.

[23] Sanda S, Yoshida K, Kuwano M, Kawamura T, Munekage Y N, Akashi K,Yokota A. Responses of the photosynthetic electron transport system to excess light energy caused by water deficit in wild watermelon. Physiologia Plantarum; **142**: (3). 247-264, 2011.

[24] Beltrano J, Montaldi E, Carbone A. Emission of water stress ethylene in wheat (Triticum aestivum L.) ears: effects of rewatering. Plant Growth Regulation; **21**: (2). 121-126, 1997.

[25] Navari‐Izzo F, Meneguzzo S, Loggini B, Vazzana C, Sgherri C. The role of the glutathione system during dehydration of Boea hygroscopica. Physiologia Plantarum; **99**: (1). 23-30, 1997.

[26] Samieiani E, Ansari H. Drought stress impact on some biochemical and physiological traits of 4 groundcovers (Lolium perenne, Potentilla spp, Trifolium repens and Frankinia spp) with potential landscape usage. Journal of Ornamental plants; **4**: (1). 53-60, 2014.

[27] Oliver M J. Influence of protoplasmic water loss on the control of protein synthesis in the desiccation-tolerant moss Tortula ruralis: ramifications for a repair-based mechanism of desiccation tolerance. Plant Physiology; **97**: (4). 1501-1511, 1991.

[28] Singh A, Saini M, Behl R. Seed germination and seedling growth of citrus (Citrus species) rootstocks under different salinity regimes. Indian Journal of Agricultural Sciences (India); 2004.

[29] Leskys A M, Devitt D A, Verchick L S, Morris R L. Response of tall fescue to saline water as influenced by leaching fractions and irrigation uniformity distributions. Agronomy Journal; **91**: (3). 409-416, 1999.

[30] Fricke W, Peters W S. The biophysics of leaf growth in salt-stressed barley. A study at the cell level. Plant Physiology; **129**: (1). 374-388, 2002.

[31] Gao Y, Li D. Detecting salinity stress in tall fescue based on single leaf spectrum. Scientia Horticulturae; **138**: 159-164, 2012.

[32] Baker N R, Rosenqvist E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. Journal of Experimental Botany; **55**: (403). 1607-1621, 2004.

[33] Pak V A, Nabipour M, Meskarbashee M. Effect of salt stress on chlorophyll content, fluorescence, Na and K ions content in rape plants (Brassica napus L.). Asian J. Agric. Res.; **3**: 28-37, 2009.

[34] Azizpour K, Shakiba M, Sima N K K, Alyari H, Mogaddam M, Esfandiari E,Pessarakli M. Physiological response of spring durum wheat genotypes to salinity. Journal of Plant Nutrition; **33**: (6). 859-873, 2010.

[35] Venkateswarlu B, Shanker A K, Shanker C,Maheswari M, *Crop stress and its management: perspectives and strategies*. 2011: Springer Science & Business Media.

[36] Yazici I, Türkan I, Sekmen A H,Demiral T. Salinity tolerance of purslane (Portulaca oleracea L.) is achieved by enhanced antioxidative system, lower level of lipid peroxidation and proline accumulation. Environmental and Experimental Botany; **61**: (1). 49-57, 2007.

[37] Sripinyowanich S, Klomsakul P, Boonburapong B, Bangyeekhun T, Asami T, Gu H, Buaboocha T,Chadchawan S. Exogenous ABA induces salt tolerance in indica rice (Oryza sativa L.): the role of OsP5CS1 and OsP5CR gene expression during salt stress. Environmental and Experimental Botany; **86**: 94-105, 2013.

[38] Anjum S A, Farooq M, Xie X-y, Liu X-j, Ijaz M F. Antioxidant defense system and proline accumulation enables hot pepper to perform better under drought. Scientia Horticulturae; **140**: 66-73, 2012.

[39] Boscaiu M, Lull C, Llinares J, Vicente O, Boira H. Proline as a biochemical marker in relation to the ecology of two halophytic Juncus species. Journal of Plant Ecology; **6**: (2). 177-186, 2013.

[40] Sobahan M A, Arias C R, Okuma E, Shimoishi Y, Nakamura Y, Hirai Y, Mori I C,Murata Y. Exogenous proline and glycinebetaine suppress apoplastic flow to reduce Na+ uptake in rice seedlings. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry; 0908041590-0908041590, 2009.

[41] Refoufi A, Larher F. Compatible organic solutes and salt tolerance in seedlings of three annual Medicago species [Medicago scutellata, Medicago polymorpha var. polymorpha, Medicago trunculata var. longispina]. Comptes Rendus de l'Academie des Sciences Serie 3 Sciences de la Vie (France); 1989.

[42] Serraj R, Sinclair T. Osmolyte accumulation: can it really help increase crop yield under drought conditions? Plant, Cell & Environment; **25**: (2). 333-341, 2002.

[43] Yokoi S, Bressan R A, Hasegawa P M. Salt stress tolerance of plants. JIRCAS working report; **23**: (1). 25-33, 2002.