Archive of SID

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد دوازدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۸
۱۳۱۳-۱۳۲۲
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2019.1248.1254

مقاله پژوهشی

بررسی تحمل به شوری و تأثیر آن بر برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک علف جارو (*Bassia scoparia* L.)

هادی مهدیخانی[۱]، ابراهیم ایزدی‌دربندی[۲*]، مهدی راستگو[۲]، محمد کافی[۲]
۱. دانشجوی دکتری گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد
۲. عضو هیئت‌علمی گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۷/۰۹

چکیده

به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف شوری خاک بر روی صفات مختلف مورفولوژیک و فیزیولوژیک علف جارو، آزمایشی به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار برای هر تیمار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۳ انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل پنج سطح شوری ۱۰، ۱۶، ۲۲، ۲۸ و ۳۴ دسی زیمنس بر متر و آب غیر شور (۱/۴ دسی زیمنس بر متر) به‌عنوان شاهد بود. صفات مختلف مورفولوژیک و فیزیولوژیک همراه درصد خاکستر، پتاسیم و سدیم اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که تنش شوری موجب کاهش معنی‌دار ارتفاع، سطح برگ، درصد ماده خشک، تعداد شاخه جانبی، فلورسنس حداقل در مرحله رویشی، هدایت روزنه‌ای، تعرق، درصد ماده آلی، پتاسیم، سدیم و نسبت پتاسیم به سدیم و افزایش درصد خاکستر شد. بر اساس نتایج رگرسیون مرحله‌ای، سه صفت تعداد شاخه جانبی، سطح برگ و درصد ماده خشک تنها صفاتی بودند که وارد مدل شدند و ۹۰ درصد تغییرات مربوط به وزن خشک را توجیه کردند. ارتباطی بین وزن تر و خشک با صفات فیزیولوژیک و عناصر غذائی مشاهده نشد و صفات فیزیولوژیک در مقایسه با صفات مورفولوژیک کمتر تحت تأثیر شوری قرار گرفتند. نتایج این آزمایش ضمن تائید تحمل بالای علف جارو به شوری نشان دادند که استفاده از شاخص‌های فیزیولوژیک ازجمله کلروفیل فلورسنس می‌تواند در ارزیابی سریع واکنش به شوری مورداستفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: **شورپسند، فتوسنتز، فلورسنس کلروفیل، کلرید سدیم، ویژگی‌های مورفولوژیک.**

مقدمه

شوری آب‌وخاک یکی از اصلی‌ترین تنش‌های محیطی است که رشد و تولید گیاه را محدود کرده و اثرات زیان‌باری بر عملکرد گیاه و کیفیت محصول دارند (Shalhevet, 1993). خسارت شوری در گیاهان از طریق اثر اسمزی، اثر سمیت یون‌ها و اختلال در جذب عناصر غذایی است (Mooring et al., 1971; Al-Thabet et al., 2004). املاح موجود در خاک موجب کاهش پتانسیل آب در محیط رشد ریشه شده و جذب آب توسط ریشه را محدود می‌کنند و درنتیجه گیاه دچار نوعی خشکی فیزیولوژیک می‌شود (Koyro and Eisa, 2008). یک‌سوم زمین‌های زراعی آبی جهان به دلیل شوری بالا غیرقابل استفاده هستند و بر اساس آمار موجود، ایران پس از چین، هند و پاکستان بیشترین درصد اراضی شور را در سطح جهانی دارا است. تخمین زده شده که در مناطق شور موجود در کشور میانگین کاهش عملکرد برخی از محصولات زراعی ممکن است به بیش‌تر از ۵۰ درصد برسد (Qureshi et al., 2007). این اعتقاد بر این است که تنش شوری به‌عنوان عامل محیطی مؤثر بر کاهش رشد گیاهان، علاوه بر سمیت یونی که به‌واسطه جذب و تجمع یون‌ها در گیاه ایجاد می‌کند جذب آب را توسط گیاه در اثر به هم خوردن تعادل اسمزی با اشکال روبرو می‌کند. از سوی دیگر منجر به القاء

* نگارنده پاسخگو: ابراهیم ایزدی‌دربندی. پست الکترونیک: e-izadi@um.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

نوعی خشکی فیزیولوژیک در سطح سلولی شده و کارکرد و فرآیندهای فیزیولوژیک سلول مانند فتوسنتز، تنفس، ساخت پروتئین و ساخت‌وساز لیپید و انرژی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Asish Kumar and Bandhu Das, 2005).

علف جارو گیاهی است هالوفیت پهن‌برگ از خانواده اسفناجیان، یک‌ساله، تابستانه و ایستا به ارتفاع ۵۰ تا ۲۰۰ سانتی‌متر که توسط بذر تکثیر می‌شود (Galitzer and Oehme, 1979) و انشعابات فراوان این گیاه به آن ظاهری درختچه‌ای می‌دهد. گیاهی با تنوع ژنتیکی بالاست که پتانسیل بسیار مناسب برای تولید علوفه در مناطق شور و خشک را دارد (Kafi et al., 2010). علف جارو بومی آسیا و اروپا بوده و مقاوم به خشکی و شوری است که در بسیاری از مناطق ایران ازجمله اراک، آذربایجان، اصفهان، کرمان، کرمانشاه، خراسان، قزوین و تهران پراکنده شده است (Akhani, 2005). علاوه بر این، رشد رویشی سریع در شرایط تنش‌های شوری، خشکی و گرما این گیاه را به گزینه‌ای بسیار باارزش برای تولید علوفه در مناطق گرم و خشک تبدیل کرده است (Jami Al-Ahmadi and Kafi, 2008).

ارزیابی تحمل به شوری علف جارو در مرحله سبز شدن و گیاهچه‌ای تحت شرایط کنترل‌شده نشان داده است که تا شوری ۲۶ دسی‌زیمنس بر متر کلرید سدیم، بذور قادر به سبز شدن بودند و با افزایش غلظت نمک به بیش از این حد، سبز شدن گیاهچه‌ها متوقف شد (Nezami et al., 2008). مطالعات مزرعه‌ای حاکی از تحمل بسیار خوب علف جارو به تنش شوری پس از استقرار گیاهچه‌هاست، به‌طوری‌که افزایش تنش شوری به ۳۵ دسی زیمنس بر متر موجب ۵۰ درصد کاهش در عملکرد شده است (Salehi et al., 2009). همچنین مشخص شده است که با افزایش تنش شوری تا ۲۳ دسی زیمنس بر متر هیچ‌گونه کاهش عملکردی در گیاه مشاهده نشده است (Nabati et al., 2011, Nabati et al., 2014). در مطالعه دیگری اثر غلظت‌های مختلف شوری از ۰-۴۲ دسی‌زیمنس بر متر بر پارامترهای رشد، تولید بذر و محتوای روغن علف جارو بررسی و گزارش شد که این گیاه قادر است در خاک‌های شور به‌خوبی رشد کند و می‌تواند به‌عنوان گزینه‌ای مناسب که پتانسیل تولید علوفه و روغن را در زمین‌های شور دارد موردتوجه قرار گیرد (Salehi et al., 2012).

به‌طورکلی افزایش جمعیت جهان همراه با شور شدن زمین‌های زراعی ایجاب می‌کند که در مورد گیاهان مقاوم به تنش شوری مطالعات بیشتری صورت گیرد. برخی از گیاهان کمتر مطالعه شده با دارا بودن پتانسیل کشت در نواحی شور می‌توانند جهت بهره‌وری بیشتر از زمین‌های کم‌بهره کشورمان مورداستفاده قرار گیرند. با توجه به وجود گیاهان شورپسند فراوان و دسترسی به آب‌شور فراوان در کشورمان، انجام تحقیق بر روی این دسته از گیاهان هم در جهت شناخت مکانیسم این گیاهان در تحمل به تنش شوری و هم در جهت استفاده از پتانسیل‌های احتمالی در مهندسی ژنتیک و استفاده از ذخایر ژنتیکی آن‌ها مفید خواهد بود. با توجه به افزایش سطح اراضی شور و کمبود اراضی مطلوب برای کشاورزی در کشور، مطالعه و شناسایی گیاهان مقاوم به شوری برای توسعه کشت این گیاهان در اراضی شور اهمیت زیادی دارد. در این راستا مطالعه تحمل به شوری و بررسی پاسخ خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی علف جارو در شرایط تنش شوری می‌تواند در جهت توسعه کشت این گیاه در زمین‌های شور مفید واقع شود. برای همین منظور در این مطالعه به بررسی اثر سطوح مختلف تنش شوری بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی علف جارو و بررسی ارتباط بین شاخص‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک در تحمل این گیاه به شوری پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف شوری آب بر روی صفات مختلف مورفولوژیک و فیزیولوژیک علف جارو، آزمایشی به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار برای هر تیمار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در بهار و تابستان ۱۳۹۳ انجام شد. پنج سطح شوری آب شامل ۱۰، ۱۶، ۲۲، ۲۸ و ۳۴ دسی زیمنس بر متر و آب غیر شور (۱/۴ دسی زیمنس بر متر) به‌عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد.

بذور متعلق به توده سبزوار در داخل گلدان‌هایی با قطر دهانه ۲۳ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر که حاوی خاک زراعی، خاک‌برگ و ماسه هر یک به نسبت یک‌سوم بود در ۲۵ خرداد کشت شدند و در هر گلدان تعداد ۵ بوته جهت بررسی صفات مختلف نگهداری شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورداستفاده در مخلوط بستر کشت (قبل از اختلاط با خاک‌برگ و ماسه) گلدان‌ها در جدول ۱ نشان داده

www.SID.ir

Archive of SID

شده است. به هر گلدان محلول نمک حاوی کلرید سدیم، سولفات منیزیم، کلرید منیزیم و کلرید کلسیم به نسبت ۶:۲:۱:۱ همراه آب آبیاری پس از استقرار کامل گیاهان افزوده شد. نوع و نسبت املاح به‌کاررفته درون محلول شوری مورداستفاده شبیه‌سازی‌شده بر اساس آب دریای خزر و چند رودخانه آب‌شور کشور است. خصوصیات شیمیایی آب‌های مورداستفاده در جدول ۲ نشان داده شده است. تا زمان استقرار کامل گیاهچه‌ها (ارتفاع بوته‌ها حدود ۱۰ سانتی‌متر)، آبیاری با آب غیر شور انجام شد و پس‌ازآن، اعمال تیمارها به‌صورت تدریجی شروع شد و تا انتهای آزمایش (۵۶ روز پس از سبز شدن و زمانی که ارتفاع گیاهان در تیمار شاهد حدود ۵۰ سانتی‌متر بود) آبیاری با شوری موردنظر انجام شد. برای جلوگیری از تجمع نمک در گلدان‌ها در هر بار آبیاری میزان آب مصرفی ۲۵ درصد بیشتر از ظرفیت اشباع خاک گلدان‌ها معادل ۲۵ درصد خروج زه‌آب از کف گلدان‌ها در نظر گرفته شد. به‌علاوه پس از هر ۴ بار آبیاری با آب‌شور، برحسب نیاز یک‌بار آبیاری با آب معمولی برای آبشویی خاک گلدان‌ها نیز انجام شد.

در پایان آزمایش (۵۶ روز پس از سبز شدن و زمانی که ارتفاع گیاهان در تیمار شاهد حدود ۵۰ سانتی‌متر بود) پس از برداشت گیاهان از محل قاعده گیاه، صفات مختلف مورفولوژیک شامل ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی، تعداد ساقه جانبی، درصد ماده خشک و شاخص سطح برگ بر روی هر ۵ بوته درون گلدان‌ها اندازه‌گیری شد. با استفاده از دستگاه سطح برگ سنج (Model Li-3100c COA) سطح برگ بوته‌های هر گلدان اندازه‌گیری شد. پس از برداشت اندام هوایی و توزین آن، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۸ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شدند و مجدد وزن شدند تا وزن تر، وزن خشک و درصد ماده خشک اندام هوایی محاسبه شوند.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورداستفاده در آزمایش

Table 1. Some physical and chemical properties of the soil at the experiment

بافت Texture	هدایت الکتریکی EC	اسیدیته pH	کربن آلی O.C	ماده آلی O.M	ازت کل Total N	فسفر قابل‌جذب Available P	پتاسیم قابل‌جذب Available K
لوم- شنی	$dS\ m^{-1}$		----------%----------			----------ppm----------	
Sandy Loam	1.45	7.65	0.31	0.53	0.034	2.5	53

جدول ۲. مهم‌ترین خصوصیات شیمیایی آب‌های مورداستفاده در آزمایش

Table 2. Main chemical properties of the waters at the experiment

شوری Salinity	هدایت الکتریکی EC	اسیدیته pH	سولفات SO_4	کلر Cl	کربنات CO_3	کلسیم Ca	منیزیم Mg	سدیم Na	نسبت جذب سدیم SAR
mM	$dS\ m^{-1}$		---------- $meq.l^{-1}$ ----------						%
0	1.39	7.29	3.1	10.41	0	1.3	7.8	3.4	1.59
100	10.06	7.40	50.15	100.83	0	9.25	77.08	55.05	8.37
200	16.66	7.70	100.30	201.66	0	18.52	154.16	110.1	11.85
300	22.40	7.98	150.45	302.49	0	27.75	231.24	165.11	14.51
400	28.70	7.53	200.60	403.32	0	37	308.32	220.16	16.75
500	32.00	7.61	250.75	504.15	0	46.25	385.4	275.21	18.73

یک هفته قبل از برداشت گیاهان صفات مختلف فیزیولوژیک شامل شاخص کلروفیل، هدایت روزنه‌ای، شاخص پایداری غشاء، محتوای نسبی آب برگ، فتوسنتر، تعرق اندازه‌گیری شدند و عملکرد فلورسانس کلروفیل در دو مرحله رویشی (۳۵ روز پس از سبز شدن و زمانی که ارتفاع گیاهان حدود ۳۰ سانتی‌متر بود) و زایشی (۴۹ روز پس از سبز شدن زمانی که ارتفاع گیاهان حدود ۴۵ تا ۵۰ سانتی‌متر بود) تعیین شد. برای بررسی صفات فیزیولوژیک از جوان‌ترین برگ‌های توسعه‌یافته استفاده شد.

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل متر (SPAD-502) و هدایت روزنه‌ای با استفاده از دستگاه پرومتر (Leaf Porometer model SC-1) بر روی پنج‌برگ جوان توسعه‌یافته اندازه‌گیری شد. سپس میانگین پنج اندازه‌گیری به‌عنوان شاخص کلروفیل و هدایت روزنه‌ای در نظر گرفته شد. شاخص پایداری غشاء از طریق اندازه‌گیری میزان نشت الکترولیت برگ از طریق معادله (۱) محاسبه شد (Sairam et al., 2002).

$$\text{شاخص پایداری غشاء} = (1 - (\frac{\text{نشت اولیه}}{\text{نشت ثانویه}})) \times 100 \quad [۱]$$

نمونه‌های برگ (۱۰ قطعه برگ به‌وسیله پانچ بریده شد) درون ویال حاوی ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت ۶ ساعت بر روی شیکر قرار داده شد سپس هدایت الکتریکی محلول به‌عنوان نشت اولیه یادداشت و سپس ویال‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در اتوکلاو در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و هدایت الکتریکی به‌عنوان نشت ثانویه یادداشت شد.

محتوای نسبی آب برگ از طریق معادله (۲) محاسبه شد (Smart and Bingha, 1974).

$$RWC = \frac{(\text{وزن خشک}-\text{وزن تر})}{(\text{وزن خشک}-\text{وزن تورژسانس})} \times ۱۰۰ \quad [۲]$$

مقداری برگ تازه را وزن کرده (وزن تر)، سپس به مدت ۲۴ ساعت درون آب مقطر قرار داده و پس از خشک‌کردن، برگ‌ها وزن شده (وزن تورژسانس) و به مدت ۲۴ ساعت در آون ۶۸ درجه سانتی‌گراد قرار داده و مجدد وزن شدند (وزن خشک).

میزان فتوسنتز و تعرق با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری فتوسنتز مدل LCA4 اندازه‌گیری شدند. در دو مرحله رویشی و زایشی شاخص‌های عملکرد فلورسانس کلروفیل شامل فلورسنس حداکثر (Fm)، فلورسنس حداقل (Fo)، فلورسنس متغیر (Fv) و حداکثر عملکرد کوانتومی (Fv/Fm) با دستگاه فلورسانس کلروفیل متر (OS1-FL) اندازه‌گیری شد.

۰/۳ گرم از بوته‌های خشک‌شده گیاه را با استفاده از آسیاب برقی پودر کرده و درون کروزه‌های چینی ریخته و به مدت ۴ ساعت در کوره در درجه حرارت ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد قراردادیم و سپس نمونه‌ها را وزن کردیم و درصد خاکستر و درصد ماده آلی را تعیین کردیم. خاکستر حاصل در ۱۰ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک یک نرمال حل شد و روی هیتر به مدت ۱۵- ۱۰ دقیقه حرارت داده شد و از کاغذ صافی واتمن عبور و به بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتری منتقل شد. حجم محلول با آب مقطر به ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد و در ظروف پلاستیکی نگهداری شدند. سپس عناصر پتاسیم و سدیم توسط فلیم‌فتومتر (UK-Jenway) اندازه‌گیری شدند و نسبت پتاسیم به سدیم نیز محاسبه شد.

پس از جمع‌آوری داده‌ها، از میانگین داده‌های مربوط به هر تکرار در تجزیه‌وتحلیل‌های آماری استفاده شد. بر روی صفاتی که به‌صورت درصد یا نسبت بودند ابتدا تبدیل زاویه‌ای (arcsin $\sqrt{x}$) انجام شد که با این تبدیل، داده‌ها دارای توزیع نرمال خواهند شد، سپس تجزیه واریانس روی داده‌ها انجام شد. به‌منظور بررسی پاسخ علف‌جارو به سطوح مختلف شوری خاک، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام شد. به‌منظور بررسی روابط بین صفات ابتدا ضرایب همبستگی پیرسون در بین صفات محاسبه و سپس تجزیه‌وتحلیل رگرسیون مرحله‌ای به‌منظور تعیین سهم نسبی صفات در عملکرد اندام هوایی و هم‌چنین تعیین صفاتی که بیشترین تغییرات عملکرد اندام هوایی را توجیه می‌کنند با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16.0 انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک نشان داد که اثر تنش شوری بر ارتفاع گیاه، درصد ماده خشک و تعداد ساقه جانبی در سطح احتمال یک درصد ($P\leq ۰/۰۱$) و بر سطح برگ علف جارو در سطح احتمال ۵ درصد ($P\leq ۰/۰۵$) معنی‌دار بود. درحالی‌که شوری اثر معنی‌داری بر وزن تر و خشک نداشت (جدول ۳) و با افزایش شوری، وزن تر و خشک علف جارو کاهش معنی‌داری نداشت. برای تمامی صفات مورفولوژیک، اختلاف معنی‌داری بین شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر و تیمار شاهد مشاهده نشد و به دلیل شورپسند بودن علف جارو، در تمامی صفات مورفولوژیک، مقدار مشاهده‌شده در شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر از تیمار شاهد بیشتر بود. کاهش معنی‌دار برای این دسته از صفات از شوری ۱۶ دسی زیمنس بر متر شروع شد (جدول ۳).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. نتایج مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف شوری بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک علف جارو

Table 3. Mean comparison of different levels of salinity on morphological and physiological traits of Bassia

		هدایت الکتریکی EC (dS m^{-1})					
Trait	**صفات**	1.4	10	16	22	28	34
Fresh weight (g)	**وزن تر تک بوته**	4.35^{a}	5.03^{a}	3.88^{a}	5.62^{a}	4.30^{a}	5.08^{a}
Dry weight (g)	**وزن خشک تک بوته**	2.22^{a}	2.70^{a}	1.73^{a}	2.32^{a}	1.71^{a}	1.78^{a}
Height (cm)	**ارتفاع**	47.65^{a}	49.20^{a}	41.4^{b}	41.50^{b}	34.35^{c}	31.45^{c}
Leaf area (cm^{-2})	**سطح برگ**	103.19^{ab}	108.9^{ab}	71.58^{b}	114.71^{a}	106.10^{ab}	122.50^{a}
Dry matter (%)	**ماده خشک**	50.43^{a}	53.38^{a}	44.57^{b}	41.22^{b}	39.36b^{c}	35.16^{c}
Number of lateral branches	**تعداد شاخه جانبی**	29.30^{ab}	30.40^{a}	27.07^{b}	28.05^{ab}	24.45^{c}	23.80^{c}
F_m	**فلورسنس حداکثر**	813.3^{a}	1133.3^{a}	1106.5^{a}	1014.0^{a}	1291.0^{a}	1197.3^{a}
F_o	**فلورسنس حداقل**	192.00^{a}	25.00^{a}	287.50^{a}	240.25^{a}	313.00^{a}	327.50^{a}
F_v	**فلورسنس متغیر**	621.30^{a}	883.30^{a}	819.00^{a}	773.80^{a}	978.00^{a}	869.80^{a}
F_v/F_m	**حداکثر عملکرد کوانتومی**	0.63^{a}	0.78^{a}	0.70^{a}	0.75^{a}	0.75^{a}	0.73^{a}
F_m	**فلورسنس حداکثر**	1399.8^{a}	1378.5^{a}	1245.8^{a}	1260.5^{a}	1463.0^{a}	1536.8^{a}
F_o	**فلورسنس حداقل**	379.75^{a}	348.25^{a}	233.25^{b}	344.50^{a}	309.75^{ab}	354.00^{a}
F_v	**فلورسنس متغیر**	1020.0^{a}	1030.3^{a}	1012.5^{a}	916.00^{a}	1153.30^{a}	1182.80^{a}
F_v/F_m	**حداکثر عملکرد کوانتومی**	0.73^{a}	0.75^{a}	0.73^{a}	0.71^{a}	0.787^{a}	0.769^{a}
Spad	**شاخص کلروفیل**	19.20^{a}	24.3^{a}	27.57^{a}	24.57a	25.8a	28.65a
Stomata conductance	**هدایت روزنه‌ای**	9.95^{b}	14.32^{a}	9.37^{bc}	7.57^{bc}	6.25^{c}	6.37^{c}
MSI (%)	**شاخص پایداری غشاء**	40.80^{a}	52.24^{a}	56.78^{a}	68.48^{a}	72.63^{a}	47.70^{a}
RWC (%)	**محتوای نسبی آب برگ**	80.41^{a}	89.18^{a}	83.97^{a}	86.04^{a}	79.58^{a}	86.97^{a}
Photosynthesis (µmol CO_2.m^{-2}.s^{-1})	**فتوسنتز**	0.77^{a}	0.59^{a}	0.60^{a}	0.29^{a}	0.31^{a}	0.24^{a}
Transpiration (mmol CO_2.m^{-2}s^{-1})	**تعرق**	0.17^{ab}	0.15^{ab}	0.28^{a}	0.09^{b}	0.08^{b}	0.04^{b}
Ash (%)	**خاکستر**	17.58^{b}	23.67^{ab}	28.25^{a}	28.50^{a}	25.42^{a}	29.00^{a}
Organic matter (%)	**ماده آلی**	82.42^{a}	76.33^{ab}	71.75^{b}	71.5^{b}	74.58^{b}	71.00^{b}
K (mg/g Fweight)	**پتاسیم**	0.49^{d}	0.69^{bc}	0.75^{bc}	0.85^{a}	0.81^{ab}	0.60^{cd}
Na (mg/g Fweight)	**سدیم**	0.26^{c}	0.35^{bc}	0.51^{ab}	0.51^{ab}	0.56^{a}	0.66^{a}
K/Na	**نسبت پتاسیم به سدیم**	1.99^{a}	2.05^{a}	1.54^{a}	1.68^{a}	1.54^{a}	0.92^{b}

در هر ردیف، میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح پنج درصد با هم اختلاف معنی‌داری دارند.

واحد اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای و تعرق: میلی‌مول بر مترمربع در ثانیه و فتوسنتز: میکرومول بر مترمربع در ثانیه

In each row, means followed by different letters are significantly different at the 5% level of probability.

Units of measurement for stomata conductance and transpiration: mmol m^{-2} s^{1} and photosynthesis: µmol m^{-2} s^{1}

در مطالعه حاضر کاهش معنی‌دار در ارتفاع بوته از شوری ۱۶ دسی زیمنس بر متر شروع شد. درحالی‌که نباتی و همکاران (Nabati et al., 2011) با بررسی اثر شوری بر توده‌های مختلف علف جارو گزارش کردند که افزایش تنش شوری تا ۲۳ دسی زیمنس بر متر، ارتفاع بوته را کاهش نداد. همچنین صالحی و همکاران (Salehi et al., 2009) نیز گزارش کردند که افزایش شوری تا ۲۸ دسی زیمنس بر متر کاهش معنی‌داری در ارتفاع علف جارو ایجاد نکرد. با افزایش تنش شوری، تعداد ساقه جانبی در بوته مشابه ارتفاع بوته کاهش معنی‌داری نشان داد (جدول ۳). به دلیل ظاهر مخروطی شکل بوته علف جارو، تعداد ساقه‌های جانبی این گیاه بسیار زیاد است به‌طوری‌که از طوقه تا انتهای این گیاه پوشیده از ساقه است (Nabati et al., 2012). با توجه به کاهش ارتفاع بوته در اثر تنش شوری، کاهش تعداد ساقه‌های

www.SID.ir

Archive of SID

جانبی نیز به دلیل همبستگی شدید با ارتفاع بوته دور از انتظار نیست. هرچند در مطالعات پیشین، کاهش تعداد ساقه‌های جانبی فقط در سطوح بالای تنش شوری در علف جارو گزارش شده است (Salehi et al., 2009). صالحی و همکاران (Salehi et al., 2012) نیز اثر غلظت‌های مختلف شوری از ۰-۴۲ دسی‌زیمنس بر متر بر پارامترهای رشد، تولید بذر و محتوای روغن علف جارو بررسی و گزارش شد که تعداد ساقه جانبی، وزن خشک ساقه و برگ تا شوری ۳۵ دسی‌زیمنس بر متر، ارتفاع گیاه تا شوری ۲۸ دسی‌زیمنس بر متر و نسبت وزن برگ تا شوری ۴۲ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشتند. بر اساس گزارش آن‌ها این گیاه قادر است در خاک‌های شور به‌خوبی رشد کند و به‌عنوان گزینه مناسب که پتانسیل تولید علوفه را در زمین‌های شور دارد بایستی موردتوجه قرار گیرد. ازآنجاکه پدیده رشد حاصل فعالیت‌های حیاتی در شرایطی است که گیاه بایستی آب کافی در اختیار داشته باشد، در صورت عدم تأمین آب موردنیاز به دلیل کاهش فشار تورژسانس سلول‌های در حال رشد و درنتیجه تأثیرگذاری بر طول سلول‌ها، کاهش ارتفاع اتفاق می‌افتد (Munns and Tester, 2008). تنش اسمزی به‌عنوان اولین اثر حاصل از تنش شوری موجب کاهش محتوای آب سلول‌ها می‌شود و طویل شدن آن‌ها را با مشکل روبه‌رو می‌کند و حتی پس از ایجاد تعادل اسمزی و تأمین فشار اسمزی مجدد سلول‌ها، گسترش و طویل شدن آن‌ها به‌کندی صورت می‌گیرد (Munns and Tester, 2008).

نتایج نشان داد که اثر تنش شوری بر درصد خاکستر، درصد ماده آلی، پتاسیم، سدیم و نسبت پتاسیم به سدیم معنی¬دار ($P\leq ۰/۰۱$) بود (جدول ۳). علیرغم اینکه با افزایش شوری تا سطح ۳۴ دسی زیمنس، درصد خاکستر برگ افزایش یافت، اما بین سطوح شوری اختلاف آماری معنی‌داری در این صفت مشاهده نشد. بااین‌وجود، شوری باعث کاهش درصد ماده آلی برگ شد. به‌طوری‌که بیشترین درصد ماده آلی در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۳). در مطالعه نباتی و همکاران (Nabati et al., 2012) نیز درصد خاکستر در اندام هوایی علف جارو با افزایش شدت تنش شوری روند افزایشی نشان داد که دلیل این امر احتمالاً جذب بیش‌ازحد نمک در اندام‌های هوایی در شرایط تنش بوده است. همچنین افزایش میزان خاکستر در اثر تنش شوری در گیاهان یونجه (*Medicago sativa* L.) و یونجه گل زرد (*Melilotuse albus* Medik.) نیز گزارش شده است (Guerrero-Rodriguez, 2006) که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. با توجه به نتایج آزمایش شوری باعث افزایش مقدار پتاسیم برگ تا سطح ۲۲ دسی زیمنس بر متر شد و پس‌ازآن روند کاهشی داشت. هرچند مقدار آن در شوری ۳۴ دسی زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری با سطوح ۱/۴، ۱۰ و ۱۶ دسی زیمنس بر متر نداشت و در شوری ۲۸ دسی زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری با شوری‌های ۱۰، ۱۶ و ۲۲ دسی زیمنس بر مترمربع مشاهده نشد (جدول ۳). از سوی دیگر با افزایش تنش شوری مقدار سدیم در برگ به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و در نسبت پتاسیم به سدیم تا شوری ۲۸ دسی زیمنس بر متر کاهش معنی‌داری مشاهده نشد و در شوری ۳۴ دسی زیمنس بر متر با توجه به کاهش محتوی پتاسیم برگ، کاهش معنی‌داری در این نسبت مشاهده شد (جدول ۳). افزایش محتوای سدیم و پتاسیم و تغییرات آن در سایر مطالعات مشابه نیز گزارش شده است (Nabati et al., 2012, Kafi, 2008). به نظر می‌رسد با توجه به افزایش محتوی عناصر مذکور در محیط ریشه و افزایش جذب ریشه‌ای آن‌ها بخصوص در گیاهان شورپسندی ازجمله علف جارو این مهم دور از انتظار نباشد.

نتایج تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک نشان داد که اثر تنش شوری بر فلورسنس حداقل در مرحله رویشی، هدایت روزنه‌ای و میزان تعرق گیاه بسیار معنی‌دار ($P\leq ۰/۰۱$) بود و شوری بر روی سایر صفات فیزیولوژیک اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۳). در مطالعه حاضر با اعمال و افزایش تنش شوری، میزان فتوسنتز روند کاهشی داشت هرچند این کاهش معنی‌دار نبود درحالی‌که در مطالعه کافی و همکاران (Kafi et al., 2013) اعلام شد که میزان فتوسنتز با افزایش شدت تنش شوری از تیمار شاهد به ۲۰ دسی زیمنس بر متر افزایش و در تنش ۴۰ دسی زیمنس بر متر کاهش معنی‌داری یافت.

اعتقاد بر این است که گیاهان زمانی که در معرض شوری قرار می‌گیرند ابتدا با تنش آبی مواجه می‌شوند. در این شرایط، شوری از طریق بستن روزنه‌ها و کاهش فشار جزئی دی‌اکسید کربن بین سلولی و یا از طریق عوامل غیر روزنه‌ای به کاهش فتوسنتز منجر می‌شود (Munns and Tester, 2008) که درنهایت به کاهش توسعه برگ‌ها می‌انجامد و در صورت قرارگیری طولانی‌مدت گیاه در معرض شوری با تنش یونی نیز مواجه می‌شود که باعث پیری زودرس برگ‌های بالغ می‌شود، بنابراین کاهش در سطح فتوسنتزی که حمایت‌کننده رشد است ایجاد می‌شود. در مطالعه حاضر نیز

www.SID.ir

Archive of SID

با شروع تنش و افزایش آن فعالیت فتوسنتزی کاهش یافت هرچند این کاهش معنی‌دار نبود.

نتایج نشان دادند که شوری ازنظر آماری تأثیر معنی‌داری بر شاخص کلروفیل، شاخص پایداری غشاء و محتوی نسبی آب برگ نداشت (جدول ۳). این در حالی است که در مطالعه کافی و همکاران (Kafi et al., 2013) گزارش شده است که افزایش تنش شوری موجب کاهش معنی‌دار شاخص کلروفیل، شاخص پایداری غشاء شده است. و مانس و تستر (Munns and Tester, 2008) نیز گزارش کرده‌اند که شوری باعث کاهش محتوی نسبی آب برگ می‌شود. هرچند نیاز به بررسی‌های فیزیولوژیکی و مولکولی بیشتری برای تشریح و بررسی دلایل تفاوت نتایج حاصل از این آزمایش با مطالعات مشابه است، باوجوداین اعتقاد بر این است که سطوح شوری (Kafi et al., 2013, Nabati et al., 2012, Salehi et al., 2009) مورد بررسی و نیز شرایط انجام آزمایش (Salehi et al., 2012) در نتایج حاصل می‌تواند تعیین‌کننده باشد. در این آزمایش در مرحله رشد رویشی بین تیمارهای تنش شوری اعمال‌شده فقط ازنظر Fo اختلاف معنی‌داری وجود داشت درصورتی‌که در مرحله زایشی در هیچ‌یک از شاخص‌های کلروفیل فلورسنس اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). عامل Fm بیانگر مقدار فلورسانس در زمانی است که کوئینون A در PSII در بالاترین مقدار شرایط احیایی قرار دارد (مراکز PSII بسته هستند) (Andrews et al., 1995; Shabala, 2002; Blum, 1988). بالا بودن این پارامتر بیانگر تحمل بیشتر شرایط نامساعد محیطی است. در این آزمایش مقدار Fo، Fm، Fv و شاخص Fv/Fm در دو مرحله اندازه‌گیری شده ازنظر آماری تحت تأثیر شوری قرار نگرفتند (جدول ۴)؛ که در تناقض با نتایج کافی و همکاران (Kafi et al., 2013) است. به نظر می‌رسد با توجه به شرایط گلخانه‌ای آزمایش و سطوح موردبررسی شوری در این مطالعه علف جارو تحمل معنی‌داری را هم در صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی داشته است ولی پیشنهاد بر مطالعات دقیق‌تری است. هرچند این امکان وجود دارد که روش اعمال تیمارها و آبیاری با آب غیر شور در بین دفعات آبیاری با آب‌شور باعث کاهش اثرات شوری شده باشد.

بالاترین میزان همبستگی بین فلورسنس حداکثر با فلورسنس متغیر در فاز زایشی (**۰/۹۹) و رویشی (**۰/۹۸)، فلورسنس متغیر با حداکثر عملکرد کوانتومی (**۰/۹۲) و ارتفاع با تعداد شاخه جانبی (**۰/۹۲) مشاهده شد (جدول ۴). شاخص‌های مربوط به فلورسنس کلروفیل همبستگی مثبت و در اغلب موارد بسیار معنی‌داری با یکدیگر نشان دادند به‌طوری‌که بالاترین ضرایب همبستگی در بین تمامی صفات مربوط به این شاخص‌ها بود. در مطالعه کافی و همکاران (Kafi et al., 2013) نیز مشابه نتایج این آزمایش بالاترین ضرایب همبستگی بین صفات مربوط به شاخص‌های فلورسنس کلروفیل بود. هیچ همبستگی مثبت و معنی‌داری بین وزن تر و خشک با صفات فیزیولوژیک و عناصر غذائی وجود نداشت (جدول ۴). فقط یک مورد همبستگی مثبت و معنی‌دار بین وزن تر و فلورسنس حداقل در مرحله رویشی (**۰/۴۶) و یک مورد همبستگی منفی و معنی‌دار بین وزن خشک و فلورسنس حداقل در مرحله زایشی (**۰/۴۹-) مشاهده شد (جدول ۴). درحالی‌که در مطالعه کافی و همکاران (Kafi et al., 2013)، وزن خشک کل با شاخص‌های فلورسنس کلروفیل، محتوای آب نسبی، شاخص پایداری غشاء و شاخص کلروفیل همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری داشت.

در تجزیه رگرسیون مرحله‌ای، وزن خشک کل به‌عنوان متغیر تابع در مقابل سایر صفات به‌عنوان متغیر مستقل موردبررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج رگرسیون مرحله‌ای، سه صفت تعداد شاخه جانبی، سطح برگ و درصد ماده خشک تنها صفاتی بودند که وارد مدل شدند و ۹۰ درصد تغییرات مربوط به وزن خشک را توجیه کردند (جدول ۵). نتایج تجزیه رگرسیون مرحله‌ای نشان داد که تعداد شاخه جانبی بیشترین میزان تغییرات مربوط به وزن خشک را توجیه می‌کند و به‌عنوان مهم‌ترین جزء تأثیرگذار بر تولید زیست‌توده شناسایی شد. این نتایج همسو با نتایج به‌دست‌آمده از ضرایب همبستگی است به‌طوری‌که وزن خشک بالاترین ضرایب همبستگی را به ترتیب با تعداد شاخه جانبی (**۰/۷)، سطح برگ (**۰/۶۵) و درصد ماده خشک (**۰/۶۴) داشت (جدول ۴). ضریب تبیین تصحیح‌شده برای این مدل ۸۸ درصد بود که تفاوت معنی‌داری با ضریب تبیین تصحیح‌نشده نداشت که بیانگر این مطلب است که صفات واردشده به مدل، اثر معنی‌داری در مدل‌دارند. درحالی‌که در مدل برآورد عملکرد ماده خشک توسط کافی و همکاران (Kafi et al., 2013) نشان داده شد که صفات میزان فتوسنتز و محتوای نسبی کلروفیل وارد مدل شدند و همبستگی مناسبی با تولید ماده خشک در علف جارو داشتند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴. ماتریس ضرایب همبستگی بین صفات در علف جارو

Table 4. Correlation coefficient matrix between traits in Bassia

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Fresh weight	1											
2	Plant dry weight	0.80**	1										
3	Height	0.19	0.62**	1									
4	Leaf area	0.89**	0.65**	0.009	1								
5	Dry weight	0.06	0.64**	0.81**	-0.08	1							
6	Number of lateral branches	0.31	0.70**	0.92**	0.19	0.77**	1						
7	F_m	0.11	-0.01	-0.13	0.21	-0.15	-0.19	1					
8	F_o	0.46*	0.38	0.24	0.50*	0.09	0.16	0.61**	1				
9	F_o	0.005	-0.11	-0.21	0.11	-0.19	-0.26	0.98**	0.44*	1			
10	F_v/F_m	-0.14	-0.2	-0.23	0.01	-0.19	-0.26	0.88**	0.27	0.92**	1		
11	F_m	0.04	-0.25	-0.19	-0.03	-0.45*	-0.34	0.45*	0.22	0.45*	0.42*	1	
12	F_o	-0.14	-0.49*	-0.49*	-0.14	-0.65**	-0.64**	0.29	-0.02	0.34	0.32	0.85**	1
13	F_o	0.08	-0.17	-0.10	0.003	-0.37	-0.25	0.47*	0.28	0.46*	0.43*	0.99**	0.77**
14	F_v/F_m	-0.05	-0.26	-0.08	-0.12	-0.33	-0.26	0.35	0.29	0.33	0.27	0.83**	0.64**
15	Spad	0.06	-0.23	-0.52**	0.12	-0.49*	-0.39	0.13	-0.31	0.23	0.23	0.32	0.51*
16	Stomata conductance	0.05	0.37	0.67**	-0.14	0.54**	0.58**	0.17	0.13	0.16	0.2	0.06	-0.16
17	Membrane Stability Index	-0.22	-0.16	-0.20	-0.03	-0.06	-0.12	-0.13	-0.34	-0.06	0.05	-0.16	0.003
18	Relative Water Content	0.25	0.31	0.13	0.22	0.12	0.34	-0.33	-0.12	-0.34	-0.29	-0.32	-0.27
19	Photosynthesis	-0.12	0.26	0.48*	-0.23	0.6**	0.32	0.06	0.11	0.04	0.05	-0.08	-0.23
20	Transpiration	-0.22	0.02	0.38	-0.37	0.33	0.32	-0.25	-0.24	-0.22	-0.24	-0.03	-0.16
21	Ash	0.20	0.01	-0.46*	0.2	-0.24	-0.34	0.11	-0.13	0.16	0.08	0.11	0.18
22	Organic matter	-0.2	-0.01	0.46*	-0.2	0.24	0.34	-0.11	0.13	-0.16	-0.08	-0.11	-0.18
23	K	0.24	0.09	-0.17	0.25	-0.21	-0.09	-0.07	-0.30	0.001	0.02	0.23	0.22
24	Na	0.02	-0.35	-0.69**	0.08	-0.67**	0.64**	0.12	-0.27	0.20	0.23	0.21	0.54**
25	K/Na	0.04	0.37	-0.68**	0.01	0.6**	0.67**	-0.11	0.17	-0.17	-0.19	-0.07	-0.42*

جدول ۴. ادامه

Table 4. Continued

		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
13	F_o	1											
14	F_v/F_m	0.84**	1										
15	Spad	0.25	0.11	1									
16	Stomata conductance	0.11	0.15	-0.32	1								
17	Membrane Stability Index	-0.19	-0.13	0.17	-0.25	1							
18	Relative Water Content	-0.32	-0.32	0.27	0.14	0.21	1						
19	Photosynthesis	-0.04	-0.05	-0.03	0.36	-0.02	-0.06	1					
20	Transpiration	0.005	-0.03	-0.07	0.09	-0.24	-0.15	0.23	1				
21	Ash	0.08	0.11	0.41*	-0.27	0.32	0.17	-0.14	-0.11	1			
22	Organic matter	-0.08	-0.11	-0.41*	0.27	-0.32	-0.17	0.14	0.11	-1	1		
23	K	0.22	0.22	0.27	-0.06	0.56**	0.02	-0.13	-0.12	0.48*	-0.48*	1	
24	Na	0.11	0.04	0.52**	-0.29	0.45*	0.08	-0.31	-0.46*	0.43*	-0.43*	0.50*	1
25	K/Na	0.03	0.13	-0.39	0.29	-0.17	-0.12	0.2	0.45*	-0.34	0.34	0.08	0.85**

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

**,*: significant at the 0.01and 0.05 level of probability, respectively

نتیجه‌گیری نهایی

ازآنجاکه علف جارو گیاهی بسیار مقاوم به تنش شوری است و در شوری‌های بالا نیز توانایی تحمل تنش شوری را دارد، بر اساس نتایج این آزمایش به دلیل ماهیت شورپسند بودن این گیاه حتی در شوری‌های پایین و متوسط، اکثر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک و رشد و نمو آن نسبت به شرایط عدم تنش وضعیت بهتری را دارا بود. نتایج نشان دادند که ارتباطی بین وزن تر و خشک با صفات فیزیولوژیک و عناصر غذایی در علف جارو مشاهده نشد و صفات فیزیولوژیک در مقایسه با صفات مورفولوژیک کمتر تحت تأثیر شوری قرار گرفتند. ازآنجاکه تحمل به شوری در گیاهان یک فرآیند پیچیده است که در آن تغییرات مورفولوژیکی، فرآیندهای

www.SID.ir

Archive of SID

فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی درگیر هستند، زنده ماندن و رشد در محیط‌های شور نیز نتیجه فرآیندهای سازگاری مانند انتقال یون و جایگزینی آن-ها، سنتز محلول‌های اسمزی و تجمع آن‌ها در جهت تنظیم اسمزی و تغییر و تبدیل پروتئین‌ها برای تعمیر سلول‌ها است. نتایج این آزمایش ضمن تائید گزارش‌های انجام‌شده در خصوص تحمل بالای این گیاه به شوری نشان دادند که استفاده از شاخص‌های غیر تخریبی و فیزیولوژیک به‌ویژه شاخص کلروفیل فلورسانس می‌تواند به‌عنوان یک شاخص قابل‌اطمینان و سریع در ارزیابی پاسخ به شوری گیاه باشد. از سوی دیگر تحمل بالای این گیاه به شوری ضمن اینکه امکان استفاده از آب‌های شور را در تولید این گیاه به‌عنوان یک گیاه اقتصادی یا در فضای سبز فراهم می‌کند، صفتی مهم و تعیین‌کننده در توان رقابتی آن با گیاهان زراعی در خاک‌های شور زمانی که به‌عنوان یک گیاه مهاجم و هرز حضور دارد، خواهد بود.

جدول ۵. نتایج تجزیه رگرسیون مرحله‌ای برای وزن خشک در علف جارو

Table 5. Results of stepwise regression analysis for dry weight in Bassia

Independent variable	متغیر مستقل	متغیر ثابت Constant variable	ضرایب رگرسیون Regression coefficients			ضریب تشخیص تجمعی Cumulative R^2
			B_1	B_2	B_3	
Number of branches	تعداد شاخه جانبی	-2.09	0.7			0.49
Leaf area	سطح برگ	-2.7	0.6	0.54		0.77
Dry matter	ماده خشک	-2.34	0.11	0.67	0.6	0.9
Adjusted R^2: 0.88	ضریب تشخیص تصحیح‌شده					

منابع

Akhani, H., 2005. The illustrated flora of Golestan National Park, Iran. University of Tehran Press. [In Persian].

Al-Thabet, S.S., Leilah, A.A., Al-Hawass, I., 2004. Effect of NaCl and incubation on seed germination of three canola (*Brassica napus* L.) cultivars. Scientific Journal of King Faisal University. 5(1), 81-92.

Andrews, J.R., Fryer, M.J., Baker, N.R., 1995. Characterization of chilling effects on photosynthetic performance of maize crops during early season growth using chlorophyll. Journal of Experimental Botany. 46, 1195-1203

Asish Kumar, P., Bandhu Das, A. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicology and Environmental Safety. 60, 324-349.

Blum, A., 1988. Plant Breeding for Environmental Stress. CRC Press.

Galitzer, S.J., Oehme, F.W., 1979. Studies on the comparative toxicity of *Kochia scoparia* (L.) Schrad (fireweed). Toxicology Letters. 3, 43-49.

Guerrero-Rodriguez, J.D. 2006. Growth and nutritive value of Lucerne (*Medicago sativa* L.) and Melilotuse (*Melilotuse albus* Medik.) under saline conditions. Ph.D. Thesis, School of Agriculture, Food and Wine Adelaide Australia.

Jami Al Ahmadi, M., Kafi, M. 2008. Kochia (*Kochia scoparia*): to be or not to be? In: Kafi, M., Ajmal Khan, M. (Eds.), Crop and Forage Production Using Saline Waters. NAM S&T Centre, Daya Publisher, New Delhi, pp. 119-162.

Kafi, M., Asadi, H., Ganjeali, A., 2010. Possible utilization of high-salinity waters and application of low amounts of water for production of the halophyte Kochia scoparia as alternative fodder in saline agroecosystems. Agriculture Water Management. 97, 139-147.

Kafi, M., Nabati, J., Zare-Mehrjerdi, M., Goldani, M., Khaninejad, S., Keshmiri, E. Norozian, A., 2013. Effects of calcium and potassium obvious improvement on physiological characteristics of kochia (*Kochia scoparia*) under salt stress. Environmental Stresses in Crop Sciences. 5(2), 181-192. [In Persian with English summary].

www.SID.ir

Archive of SID

Koyro, H.W., Eisa, S.S., 2008. Effect of salinity on composition, viability and germination of seeds of Chenopodium quinoa Willd. Journal of Plant and Soil. 302 (1-2), 79-90 .

Mooring, M.T., Cooper, A.W., Seneca, E.D., 1971. Seed germination response and evidence for height of ecophenes in Spartina alterniflora from North Carolina. American Journal of Botany. 58, 48-56.

Munns, R., Tester, M., 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Physiology, 59, 651-681.

Nabati, J., Kafi, M., Nezami, A., Rezvani Moghaddam, P., Masoumi, A., Zare Mehrjerdi, M., 2011. Effect of salinity on yield, yield components and morphological characteristics of Kochia (*Kochia scoparia* L. Schrad). Iranian Journal of Field Crop Science. 2, 735-743. [In Persian with English summary].

Nabati, J., Kafi, M., Nezami, A., Rezvani Moghaddam, P., Masoumi, A., Zare Mehrjerdi, M., 2012. Evaluation of quantitative and qualitative characteristic of forage kochia in different growth under salinity stress. Electronic Journal of Crop Production. 5(2), 111-128. [In Persian with English summary].

Nabati, J., Kafi, M., Khaninejad, A., Masoumi, A., Zare Mehrjerdi, M., 2014. Evaluation of forage quality traits in five (*Kochia scoparia*) ecotypes for biosaline agriculture in Iran. Environmental Stresses in Crop Sciences. 7(2), 195-206. [In Persian].

Nezami, A., Nabati, J. Kafi, M., Mohseni, M., 2008. Evaluation of salinity tolerance at emergence and seedling stage of Kochia (*Kochia scoparia* L.) under control environment. Environmental Stresses in Crop Sciences. 1, 69-77. [In Persian with English Summary].

Qureshi, S.A., Qadir, M., Heydari, N., Javadi, A., 2007. A review of management strategies for salt prone land and water resources in Iran. International Water Management Institute . [In Persian].

Sairam, R.K., Rao, K.V., Srivastava, G.C., 2002. Differential response of wheat genotypes to longterm salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant Science. 163, 1037–1046.

Salehi, M., Kafi, M., Kiani, A., 2009. Growth analysis of kochia (*Kochia scoparia* (L.) schrad) irrigated with saline water in summer cropping. Pakistan Journal of Botany. 41, 1861-1870.

Salehi, M., Kafi, M., Kiani, A.R., 2012. Salinity and water effects on growth, seed production and oil content of *Kochia scoparia*. Journal of Agronomy. 11(1), 1-8.

Shabala, S.I., 2002. Screening plants for environmental fitness: chlorophyll fluorescence as a ‘‘Holy Grail’’ for plant breeders. In: Hemantaranjan, A., (Eds.), Advances in Plant Physiology. Scientific Publishers, Jodhpur, India.

Shalhevet, J., 1993. Plant under Salt and Water Stress. In, Plant Adaptation to Environmental Stress. Chapman and Hall, New York.

Smart, R.E., Bingham, G.E., 1974. Rapid estimates of relative water content. Plant Physiology. 53, 258–260

www.SID.ir