تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد یازدهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۷
۴۱۲-۴۰۱
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2017.1607.1036

تنش شوری و برخی روابط فیزیولوژیک در گیاه کوشیا (*Kochiascoparia*)

جعفر نباتی[1*]، محمد کافی[2]، علی معصومی[3]، محمد زارع مهرجردی[4]، الهه برومند رضازاده[5]، سعید خانی‌نژاد[6]

۱. استادیار پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد
۲. عضو هیئت علمی دانشکده کشاورزی و پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد
۳. عضوهیئت علمی گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور
۴. عضو هیئت‌علمی موسسه آموزش عالی شیروان
۵. دکتری زراعت از دانشگاه فردوسی مشهد
۶. دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۴/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۷/۱۱

چکیده

بررسی روابط فیزیولوژیک گیاهان شورپسند به عنوان ابزاری مناسب جهت انتخاب و انتقال این صفات به گیاهان زراعی حائز اهمیت است. به همین منظور روابط فیزیولوژیک گیاه کوشیا در سطوح مختلف شوری، در قالب طرح کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. عامل شوری با دو سطح ۵/۲ و ۱۶/۵ دسی‌زیمنس بر متر در کرت‌های اصلی و پنج توده بومی کوشیا شامل ارومیه، اصفهان، بروجرد، بیرجند و سبزوار در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که با افزایش شدت تنش شوری از ۵/۲ و $16/5 dSm^{-1}$، غلظت کربوهیدرات‌ها و فنل کل در توده سبزوار، پرولین در توده‌های ارومیه، بروجرد و سبزوار، مهار فعالیت رادیکال DPPH در توده‌های اصفهان و سبزوار، محتوای نسبی آب برگ در توده‌های سبزواز، بروجرد و ارومیه، پتانسیل اسمزی در توده‌های بیرجند، بروجرد و سبزوار، سدیم برگ در تمامی توده‌ها، پتاسیم برگ در توده ارومیه، زیست‌توده تولیدی در توده‌های بیرجند، اصفهان و ارومیه، عملکرد بذر و شاخص برداشت در توده اصفهان افزایش یافت. بیشترین افزایش محتوای نسبی آب برگ با افزایش تنش شوری در توده سبزوار، پتانسیل اسمزی و زیست‌توده، در توده بیرجند و کمترین افزایش تجمع سدیم برگ با افزایش تنش شوری در توده بیرجند مشاهده شد. بیشترین کاهش عملکرد بذر با افزایش تنش شوری در توده سبزوار مشاهده شد. در مجموع توده سبزوار در سطح شوری $5/2 dSm^{-1}$ بیشترین زیست‌توده و عملکرد بذر و توده‌های ارومیه و اصفهان در سطح شوری $16/5 dSm^{-1}$ به ترتیب بیشترین زیست‌توده و عملکرد بذر را دارا بودند.

واژه‌های کلیدی: **پتانسیل اسمزی، پرولین، فنل، کربوهیدرات، DPPH**

مقدمه

شوری خاک یکی از عمده‌ترین تنش‌های غیرزیستی است که رشد گیاه و تولید محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد. طبق برآوردهای صورت گرفته، حدود نیمی از زمین‌های تحت کشت فاریاب در ایران تحت تأثیر اثرات شوری خاک قرار داشته و عمده اراضی زراعی ایران به‌ویژه در مناطق مرکزی مستعد شوری هستند (Qureshi et al., 2007). وجود نمک در آب سبب کاهش فتوسنتز، افزایش تنفس، سنتز پروتئین، اختلال در متابولیسم اسید نوکلئیک، کاهش پتانسیل اسمزی و متعاقب آن کاهش قابلیت دسترسی آب برای سلول‌های ریشه می‌شود (Munns and Tester, 2008). همچنین بالا بودن مقدار نمک‌های محلول خاک منجر به سمیت یونی و برهم خوردن تعادل یونی، کاهش جذب پتاسیم، منیزیم و کلسیم و افزایش غلظت سدیم می‌گردد (Munns, 2003). علاوه بر این، ممکن است تجمع گونه‌های فعال اکسیژن ناشی از تغییر در برخی فرآیندهای متابولیکی، اثر تنش را بر گیاهانی که در شرایط شور رشد می‌کنند افزایش دهد

* نگارنده پاسخگو: جعفر نباتی. پست الکترونیک: jafarnabati@ferdowsi.um.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

Molassiotis et al, 2006; Parida and Das, 2005;) (Zhu, 2001که مجموع این عوامل می‌تواند منجر به مرگ یا کاهش عملکرد گیاه شود (Dionisio- Sese and Tobita, 2000; Rout and Shaw, 2001).

با توجه به گسترش منابع آب‌وخاک شور، بهره‌گیری از گیاهان شورزیست به‌عنوان جایگزین برای کشت در شرایط تنش شوری می‌تواند راهکار مناسبی برای تولید محصولات زراعی باشد (Jami Al Ahmadi and Kafi, 2008). بااین‌حال مطالعات روی گیاهان شورزیست بسیار محدود بوده است. تقریباً می‌توان گفت که به‌ندرت گیاه زراعی می‌توان یافت که شوری آب دریا را تحمل کند (Benlloch-González et al., 2005). بااین‌حال در طبیعت گیاهانی وجود دارد که می‌توانند این سطح از شوری را تحمل کنند، ازجمله این گیاهان کوشیا است (Nabati, 2011). مطالعه این‌گونه گیاهان علاوه بر درک مسیرهای فیزیولوژیک تحمل به شوری، می‌تواند در جهت اصلاح و انتقال این صفات به گونه‌های زراعی و همچنین زارعی کردن این گیاهان مورد استفاده قرار گیرد. به‌واسطه وجود کانون‌های مختلف شوری در ایران و همچنین وجود توده‌های متنوع کوشیا در کشور این گیاه می‌تواند منبع مناسبی برای مطالعات فیزیولوژیک و اصلاحی فراهم کند.

مطالعات نشان داده که از برخی صفات می‌توان به‌عنوان شاخصه‌های تحمل به تنش شوری استفاده کرد. این صفات شامل کربوهیدرات‌های محلول، پرولین، پتانسیل اسمزی، محتوای نسبی آب برگ، ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، میزان عناصر سدیم و پتاسیم و درنهایت میزان زیست‌توده است (Janagoudar, 2009). لذا با توجه به مطالب مذکور، اهداف این پژوهش شامل بررسی برخی واکنش‌ها و روابط فیزیولوژیک کوشیا در دو سطح شوری ۵/۲ و $16/5 dSm^{-1}$ در پنج توده بومی گیاه کوشیا به‌منظور ارزیابی این صفات جهت گزینش در شرایط تنش شوری بود.

موادوروش‌ها

این مطالعه در مزرعه تحقیقات شوری قطب علمی گیاهان زراعی ویژه، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب آزمایش کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ به اجرا درآمد. فاکتور اصلی شامل دو سطح شوری آب آبیاری با هدایت الکتریکی ۵/۲ و $16/5 dSm^{-1}$ (تهیه شده از چاه‌های واقع در این منطقه) و فاکتور فرعی شامل پنج توده بومی کوشیا (ارومیه، اصفهان، بروجرد، بیرجند و سبزوار) بود. کاشت در پنجم خردادماه صورت گرفت و آبیاری گیاهچه‌ها تازمان استقرارکامل (چهار هفته پس از کاشت)، با آب دارای شوری $5/2 dSm^{-1}$ انجام شد. خصوصیات خاک و آب در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱. مهم‌ترین خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده و خاک (صفر تا ۳۰ سانتی‌متری) محل آزمایش.

Table 1. Main chemical properties of the waters and soil at the study site.

	EC ($dS.m^{-1}$)	Cl	HCO_3	CO_3	SO_4	K	Mg	Ca	Na
		---------- ($meq.l^{-1}$) ----------							
منبع آب شماره ۱ Water source 1	5.20	34.40	2.40	0.40	15.00	0.23	9.20	6.60	32.50
منبع آب شماره Water source 2	16.5	110.50	3.00	0.00	35.00	0.38	29.30	20.30	98.60
خاک Soil(0-30 cm)	5.80	26.80	1.80	0.00	31.30	0.75	10.20	10.60	31.10

فاصله بین ردیف‌های کاشت ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر درنظر گرفته شد. عملیات داشت شامل وجین، تنک کردن و کود دهی بود. کود دهی نیتروژن با منبع اوره به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در دو نوبت (در مرحله ارتفاع پنج سانتی‌متری پس از وجین و ۱۰ سانتی متری) انجام گرفت. سپس تیمار آبیاری با آب $16/5 dSm^{-1}$ اعمال شد. جهت بررسی ویژگی‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه، از جوان‌ترین برگ‌های کاملاً توسعه‌یافته در ابتدای مرحله گرده افشانی (بیست و پنجم مردادماه) نمونه‌گیری شد و بررسی تجمع زیست‌توده تولیدی اندام‌های

Archive of SID

www.SID.ir

هوایی در انتهای فصل رشد (بیست و یک مهرماه) صورت گرفت. مقدار کربوهیدرات‌های محلول برگ با استفاده از روش فنل سولفوریک اسید (Dubois et al., 1956) و استاندارد گلوکز تعیین گردید و برای اندازه‌گیری مقدار فنل کل در نمونه برگ تازه، از روش فولین شیکالتو (Singleton and Rossi, 1965) استفاده شد. میزان مهار فعالیت رادیکال DPPH بر اساس روش (Abe et al., 1998) و محلول استاندارد اسید آسکوربیک تعیین شد. مقدار پرولین بافت برگ بر اساس روش (Bates et al., 1973) اندازه‌گیری شد. مقدار نسبی آب برگ در برگ‌های جوان کاملاً توسعه‌یافته، پس از قرارگیری در آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت از طریق رابطه شماره یک محاسبه گردید (Smart and Bingham, 1974).

محتوای نسبی آب برگ =
((وزن خشک− وزن تورژسانس)/(وزن خشک− وزن تر))×۱۰۰ [۱]

پتانسیل اسمزی برگ، پس از هموژنایز کردن آن‌ها در آب مقطر، با استفاده از دستگاه اسمومتر (OM 802-D) و محلول استاندارد گلوکز تعیین شد. میزان سدیم و پتاسیم اندام هوایی گیاه، با دستگاه فلیم‌فتومتر (UK-Jenway) و محلول‌های استاندارد سدیم و پتاسیم تعیین گردید (Tandon, 1995). تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Minitab 16 و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با نرم‌افزار STATISTICA و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون LSD در سطح اطمینان ۹۵ درصد صورت گرفت.

نتایج

واکنش توده‌های کوشیا به افزایش میزان شوری آب آبیاری از نظر عملکرد زیست‌توده متفاوت بود، به‌طوری‌که در توده‌های بیرجند، اصفهان و ارومیه، افزایش شوری سبب شد تا میزان عملکرد زیست‌توده به ترتیب ۲۱/۸، ۷/۰ و ۱/۸ درصد افزایش و در مقابل در توده‌های سبزوار و بروجرد به ترتیب ۲۰/۹ و ۱۳/۹ درصد کاهش یابد. با این وجود، هر یک از توده‌ها با نظیر خود در سطح تنش بعدی اختلاف معنی‌داری ($P\geq 0/05$) نداشت (جداول ۲ و ۳).

میزان عملکرد بذر با افزایش سطح شوری آب، در توده‌های سبزوار، بیرجند، بروجرد و ارومیه، به ترتیب ۳۴، ۳۱، ۱۱ و ۲۹ درصد کاهش یافت، اما در توده اصفهان، عملکرد چهار درصد افزایش نشان داد اما این افزایش معنی‌دار نبود ($P>0/05$) (جداول ۲ و ۳). بیشترین میزان عملکرد بذر در سطح شوری $5/2 dSm^{-1}$ و در دو توده سبزوار و بروجرد مشاهده شد. باوجود اختلاف معنی‌دار آماری ($P\leq 0/05$) در برهمکنش تنش شوری و توده‌ها، هر یک از توده‌ها با نظیر خود در سطح تنش بعدی اختلاف معنی‌داری ($P>0/05$) نداشت (جداول ۲ و ۳).

میزان شاخص برداشت در توده اصفهان با افزایش شدت شوری، افزایش (۱۳ درصد) و در سایر توده‌های موردبررسی کاهش یافت؛ اما این افزایش در تیمار $16/5 dSm^{-1}$ با تیمار $5/2 dSm^{-1}$ اختلاف معنی‌داری نداشت، در این بین بیشترین درصد کاهش مربوط به توده بیرجند بود (۳۳ درصد) که این اختلاف نیز معنی‌دار نبود. بررسی نظیر به نظیر توده‌ها در دو سطح تنش شوری نشان داد که دو توده‌ی ارومیه و بروجرد با نظیر خود اختلاف معنی‌داری ($P\leq 0/05$) داشتند و سایر توده‌ها اختلاف معنی‌داری ($P>0/05$) نشان ندادند (جداول ۲ و ۳).

از متغیرهایی که گیاهان در تحمل به شوری تحت کنترل دارند، میزان یون‌های سدیم و پتاسیم است که به‌واسطه تبخیر و تعرق از طریق جذب آب شور از محیط دریافت می‌کنند. میزان سدیم اندام هوایی در ابتدای مرحله گرده‌افشانی در تمامی توده‌های مورد بررسی با افزایش هدایت الکتریکی از $5/2$ به $16/5 dSm^{-1}$ افزایش نشان داد. این افزایش بسته به توده متفاوت بود؛ به‌طوری‌که بیشترین افزایش در توده‌های بروجرد و اصفهان (به ترتیب ۶۸/۶ و ۶۴/۸ درصد) و کمترین آن در توده بیرجند (۱۳/۸ درصد) مشاهده شد. ازنظر آماری توده‌های اصفهان، بروجرد و سبزوار در سطح شوری $5/2 dSm^{-1}$ با توده‌ی نظیر خود در سطح تنش شوری $16/5 dSm^{-1}$ اختلاف معنی‌داری ($P\leq 0/05$) داشتند، اما توده‌های بیرجند و سبزوار اختلاف معنی‌داری ($P\geq 0/05$) نشان ندادند (جداول ۲ و ۳).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲. تجزیه واریانس (سطح احتمال) اثر سطوح مختلف شوری بر صفات موردمطالعه در پنج توده بومی کوشیا

Table 2. Analysis of variance (P value) the effect of different levels of salinity on characteristics of five Kochia local cultivars.

منابع تغییر S.O.V	بلوک Block	شوری Salinity	خطا فرعی Error(a)	توده Ecotype	شوری × توده Salinity*Ecotype	خطای کل Error	ضریب تغییرات C.V.%
درجه آزادی DF	2	1	2	4	4	16	
زیست‌توده Biomass yield	0.254^{ns}	0.895^{ns}	0.069^{ns}	0.036*	0.023*		*7.44*
عملکرد بذر Seed yield	0.417^{ns}	0.025*	0.097^{ns}	0.021*	0.037*		*12.38*
شاخص برداشت HI	0.787^{ns}	0.036*	0.417^{ns}	0.042*	0.021*		*12.74*
سدیم Na^{+}	0.263^{ns}	0.045*	0.755^{ns}	0.01**	0.026*		*23.10*
پتاسیم K^{+}	0.363^{ns}	0.029*	0.715^{ns}	0.032*	0.037*		*21.13*
نسبت سدیم به پتاسیم Na^{+}/K^{+}	0.212^{ns}	0.01**	0.461^{ns}	0.01**	0.01**		*22.8*
کربوهیدرات‌های محلول Soluble carbohydrates	0.546^{ns}	0.032*	0.562^{ns}	0.028*	0.035*		*1.38*
پرولین Proline content	0.216^{ns}	0.042*	0.067^{ns}	0.048*	0.01**		*27.45*
پتانسیل اسمزی Osmotic potential	0.486^{ns}	0.972^{ns}	0.803^{ns}	0.920^{ns}	0.038*		*5.78*
محتوای نسبی آب برگ Leaf relative water content	0.314^{ns}	0.745^{ns}	0.079^{ns}	0.026*	0.024*		*5.84*
فنل کل Total phenol	0.637^{ns}	0.659^{ns}	0.067^{ns}	0.034*	0.026*		*22.66*
DPPH	0.567^{ns}	0.945^{ns}	0.437^{ns}	0.038*	0.01**		*17.94*

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و ns غیر معنی‌دار است

* and ** are significant at levels of 5% and 1%, respectively,ns is not significant

مقدار پتاسیم اندام هوایی در مرحله گرده‌افشانی در تمامی توده‌ها به استثناء توده ارومیه با افزایش سطح تنش شوری کاهش نشان داد. در بین توده‌هایی که کاهش پتاسیم نشان دادند، کمترین میزان کاهش مربوط به توده بیرجند (۳/۶ درصد) و بیشترین آن مربوط به توده سبزوار (۱۷/۶ درصد) بود. با وجود اختلاف معنی‌دار ($P\leq$۰/۰۵) بین توده‌ها در سطوح مختلف شوری، هر یک از توده‌ها با نظیر خود در سطح تنش بعدی اختلاف معنی‌داری ($P\geq$۰/۰۵) نداشت (جداول ۲ و ۳).

با افزایش شدت تنش از ۵/۲ به ۱۶ dSm^{-1}، نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی در توده‌های اصفهان، بروجرد، سبزوار و بیرجند به ترتیب ۸۵/۷، ۷۲/۷، ۵۱/۵ و ۱۰/۰ درصد افزایش یافت ولی این نسبت در توده ارومیه تغییری نشان نداد (جداول ۲ و ۳).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳. میانگین عملکرد زیست‌توده، عملکرد بذر، شاخص برداشت، سدیم، پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم در مرحله گرده‌افشانی در سطوح مختلف شوری و پنج توده گیاه کوشیا

Table 3. Mean comparision of biological yield, seed yield, harvest index, leaf sodium and potassium content and sodium: potassium ratio of five Kochia ecotypes at anthesis in different salinity levels

Treatment	تیمار	زیست‌توده (ماده خشک تن در هکتار) Biomass yield (ton ha^{-1})	عملکرد بذر (تن در هکتار) Seedyield (ton ha^{-1})	شاخص برداشت(درصد) Harvest index (%)	سدیم (میلی‌گرم در گرم وزن خشک) Na^+ (mg g^{-1} dw)	پتاسیم (میلی‌گرم در گرم وزن خشک) K^+ (mg g^{-1} dw)	نسبت سدیم به پتاسیم Na^+/K^+
شوری (دسی زیمنس بر متر) Salinity (dS m^{-1})	5.2	9.846^{a}	3.64^{a}	25.7^{a}	10.99^{b}	42.01^{a}	0.28^{b}
	16.5	9.625^{a}	2.85^{b}	23.2^{b}	15.37^{a}	39.68^{b}	0.42^{a}
توده (Ecotype)	ارومیه Urmia	10.55^{a}	3.10^{ab}	22.5^{b}	10.37^{b}	40.35^{b}	0.27^{b}
	اصفهان Isfahan	9.71^{b}	3.17^{ab}	24.8^{a}	15.42^{a}	39.93^{bc}	0.40^{a}
	بروجرد Boroujerd	9.09^{c}	3.51^{ab}	26.5^{a}	15.72^{a}	38.80^{bc}	0.45^{a}
	بیرجند Birjand	9.10^{c}	2.76^{b}	22.8^{b}	10.08^{b}	49.23^{a}	0.21^{b}
	سبزوار Sabzevar	10.22^{a}	3.70^{a}	25.5^{a}	14.32^{a}	35.93^{c}	0.42^{a}
شوری×توده(Salinity×Ecotype)							
5.2 dS m^{-1}	ارومیه Urmia	10.46^{ab}	3.28^{ab}	23.7^{b}	9.27^{c}	37.13^{b}	0.27^{bc}
	اصفهان Isfahan	9.38^{ab}	3.11^{ab}	23.3^{a}	11.27^{b}	42.57^{ab}	0.28^{bc}
	بروجرد Boroujerd	9.77^{ab}	4.11^{a}	27.3^{a}	11.70^{bc}	40.83^{b}	0.33^{b}
	بیرجند Birjand	8.21^{b}	3.26^{ab}	27.3^{a}	9.43^{c}	50.13^{a}	0.20^{c}
	سبزوار Sabzevar	11.42^{a}	4.46^{a}	26.7^{bc}	12.27^{b}	39.40^{b}	0.33^{b}
16.5 dS m^{-1}	ارومیه Urmia	10.65^{ab}	2.92^{ab}	21.3^{a}	11.47^{c}	43.56^{ab}	0.27^{bc}
	اصفهان Isfahan	10.04^{ab}	3.22^{ab}	26.3^{a}	18.57^{a}	37.27^{b}	0.52^{a}
	بروجرد Boroujerd	8.41^{b}	2.91^{ab}	25.7^{c}	19.73^{a}	36.77^{b}	0.57^{a}
	بیرجند Birjand	10.00^{ab}	2.25^{b}	18.3^{a}	10.73^{c}	48.33^{ab}	0.22^{c}
	سبزوار Sabzevar	9.03^{ab}	2.94^{ab}	24.3^{b}	16.37^{a}	32.47^{b}	0.50^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر تیمار و در هر ستون برای هر یک از صفات در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر بر اساس آزمون LSD ندارند.

Means withthe same letters in each treatment and column for each treat are not significantly different in 5% probability level base on LSD test.

از دیگر فرآیندهایی که گیاهان برای تحمل به شوری از آن بهره می‌گیرند، تنظیم اسمزی از طریق تولید و تجمع متابولیت‌هایی اسموتیکی نظیر کربوهیدرات‌های محلول و پرولین است. در این مطالعه با افزایش شدت تنش شوری از ۵/۲ به ۱۶/۵dSm^{-1}، میزان کربوهیدرات‌های محلول کوشیا در توده‌های ارومیه، اصفهان، بروجرد و بیرجند کاهش (به ترتیب ۸/۱۰، ۰/۰۸، ۳/۰۸ و ۵/۵۴ درصد) و در مقابل در توده سبزوار ۰/۰۶ درصد افزایش نشان داد. بیشترین میزان کاهش کربوهیدرات‌های محلول در توده ارومیه و پس از آن در توده‌های بیرجند و بروجرد مشاهده شد (جدول ۴).

Archive of SID

www.SID.ir

پاسخ توده‌های مورد مطالعه به افزایش سطح تنش شوری از ۵/۲ به۱۶/۵dSm^{-1}، از نظر میزان پرولین متفاوت بود. به‌طوری‌که در توده‌های بیرجند و اصفهان، با افزایش شدت تنش به ۱۶/۵dSm^{-1}، میزان پرولین در آن‌ها کاهش یافت (به ترتیب ۰/۰۹ و ۰/۰۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر)، در توده بروجرد تغییری در میزان پرولین مشاهده نشد و در مقابل در توده‌های ارومیه و سبزوار افزایش سطح شوری سبب افزایش غلظت پرولین در برگ کوشیا شد(به ترتیب ۰/۲۳ و ۰/۲۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر) (جدول ۴).

جدول ۴. میانگین مقدار کربوهیدرات‌های محلول، پرولین، پتانسیل اسمزی، محتوای نسبی آب برگ، فنل کل و مهار فعالیت رادیکال DPPH در سطوح مختلف شوری و پنج توده گیاه کوشیا

Table 4. Mean comparison of soluble carbohydrates, proline content, osmotic potential, leaf relative water content, total phenol and DPPH radical scavenging activities in different salinity levels and five Kochia ecotypes

Treatment	تیمار	کربوهیدرات‌های محلول(میلی‌گرم بر گرم وزن تر) Soluble carbohydrates (mgg^{-1}fw)	پرولین (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) Proline content (mgg^{-1}fw)	پتانسیل اسمزی (مگاپاسکال) Osmotic potential (MPa)	محتوای نسبی آب برگ (درصد) Leaf relative water content %	فنل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) Total phenol (mgg^{-1}fw)	DPPH (میلی‌گرم آسکوربات بر گرم وزن تر) (mg ascorbatg^{-1}fw)
شوری (دسی زیمنس بر متر) Salinity (dS m^{-1})	5.2	11.94^{a}	0.330^{b}	3.66^{a}	71.4^{a}	2.94^{a}	0.99^{a}
	16.5	11.65^{b}	0.392^{a}	3.64^{a}	71.0^{a}	2.61^{a}	0.98^{a}
توده (Ecotype)	ارومیه Urmia	11.87^{a}	0.463^{a}	3.51^{a}	70.5^{b}	3.04^{a}	0.99^{b}
	اصفهان Isfahan	11.93^{a}	0.314^{b}	3.67^{a}	69.8^{b}	2.74^{b}	1.12^{a}
	بروجرد Boroujerd	11.82^{a}	0.327^{b}	3.67^{a}	71.8^{ab}	2.68^{b}	1.03^{ab}
	بیرجند Birjand	11.58^{b}	0.282^{c}	3.74^{a}	73.0^{a}	2.63^{b}	0.92^{b}
	سبزوار Sabzevar	11.80^{a}	0.419^{a}	3.66^{a}	70.8^{b}	2.78^{b}	0.88^{b}
(Salinity×Ecotype)	شوری×توده						
5.2 dS m^{-1}	ارومیه Urmia	12.07^{a}	0.353^{ab}	3.65^{ab}	70.0^{bc}	3.34^{a}	1.05^{b}
	اصفهان Isfahan	11.97^{a}	0.360^{ab}	3.72^{ab}	71.3^{b}	2.74^{bc}	0.96^{bc}
	بروجرد Boroujerd	12.00^{a}	0.326^{b}	3.66^{ab}	71.0^{b}	3.02^{b}	1.16^{ab}
	بیرجند Birjand	11.91^{a}	0.308^{b}	3.64^{ab}	76.0^{a}	2.90^{bc}	1.03^{b}
	سبزوار Sabzevar	11.77^{ab}	0.304^{b}	3.63^{ab}	68.7^{c}	2.69^{bc}	0.77^{c}
16.5 dS m^{-1}	ارومیه Urmia	11.67^{ab}	0.572^{a}	3.37^{b}	71.0^{b}	2.74^{bc}	0.93^{bc}
	اصفهان Isfahan	11.89^{a}	0.269^{b}	3.61^{ab}	68.3^{c}	2.73^{bc}	1.28^{a}
	بروجرد Boroujerd	11.63^{ab}	0.328^{b}	3.68^{ab}	72.7^{b}	2.33^{d}	0.89^{bc}
	بیرجند Birjand	11.25^{b}	0.255^{b}	3.84^{a}	70.0^{bc}	2.37^{d}	0.82^{bc}
	سبزوار Sabzevar	11.83^{ab}	0.534^{a}	3.68^{ab}	73.0^{ab}	2.87^{bc}	0.99^{b}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر تیمار و در هر ستون برای هر یک از صفات در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر بر اساس آزمون LSD ندارند.

Means withthe same letters in each treatment and column for each treat are not significantly different in 5% probability level base on LSD test.

Archive of SID

www.SID.ir

بررسی اثر تنش شوری بر توده‌های مختلف کوشیا ازنظر میزان پتانسیل اسمزی برگ نشان داد که با افزایش هدایت الکتریکی آب آبیاری از ۵/۲ به $۱۶/۵dSm^{-1}$، این ویژگی در توده‌های ارومیه و اصفهان کاهش(به ترتیب ۰/۲۸ و ۰/۱۱ مگاپاسکال) و در توده‌های بروجرد، بیرجند و سبزوار افزایش یافت (به ترتیب ۰/۰۵، ۰/۲۰ و ۰/۰۲ مگاپاسکال). در بین توده‌ها، توده‌های بیرجند و ارومیه در سطح شوری dSm^{-1} ۱۶/۵ به ترتیب بیشترین و کمترین پتانسیل اسمزی را دارا بودند و اختلاف معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۵$) با هم داشتند (جداول ۲ و ۴).

با در نظر داشتن این موضوع که پتانسیل اسمزی برگ برآیندی از میزان تنظیم‌کننده‌های اسمزی موجود در برگ و مقدار آب موجود در برگ است، بررسی تغییرات میزان محتوای نسبی آب برگ نشان داد که اختلاف بین تیمارها در توده‌ها و دو سطح هدایت الکتریکی آب آبیاری ۵/۲ به dSm^{-1} ۱۶/۵ معنی‌دار ($P\leq ۰/۰۵$) بود (جدول ۲). به‌طوری‌که دو توده‌ی بیرجند و اصفهان با افزایش سطح تنش شوری، محتوای نسبی آب برگ کوشیا کاهش(به ترتیب ۳ و ۶ درصد) و در توده‌های سبزوار، ارومیه و بیرجند افزایش یافت (به ترتیب ۴/۳، ۱/۷ و ۱ درصد) (جدول ۴).

یکی از تنش‌های ثانویه که به همراه تنش‌هایی نظیر شوری رخ می‌دهد، خسارت ناشی از تولید رادیکال‌های فعال است. گیاه با تولید ترکیبات فنولی و آنتی‌اکسیدان در برابر این تنش مقاومت می‌کند. همان‌گونه که در جدول (۴) مشاهده می‌شود، میزان فنل در توده‌های ارومیه، بروجرد و بیرجند با افزایش میزان هدایت الکتریکی از ۵/۲ به dSm^{-1} ۱۶/۵ کاهش معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۵$) نشان داد (به ترتیب ۰/۶۰، ۰/۶۹ و ۰/۵۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر)، درحالی‌که این خصوصیت در توده اصفهان بدون تغییر و در توده سبزوار(۰/۱۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر) علی‌رغم معنی‌دار نبودن ($P\geq ۰/۰۵$) افزایش نشان داد.

با افزایش میزان شوری از ۵/۲ به $۱۶/۵dSm^{-1}$ در توده‌های بیرجند، ارومیه و بروجرد، مقدار مهار فعالیت رادیکال DPPH در برگ کوشیا کاهش یافت اما در مقابل در توده‌های اصفهان و سبزوار، افزایش مقدار شوری سبب افزایش مهار فعالیت رادیکال DPPH در گیاه گردید (به ترتیب ۳۳ و ۲۹ درصد). کمترین مقدار مهار فعالیت رادیکال DPPH در سطح شوری $۵/۲dSm^{-1}$ در توده سبزوار و سپس در تنش شوری dSm^{-1} ۱۶/۵ در توده بیرجند و بیشترین مقدار مهار فعالیت رادیکال DPPH در توده اصفهان و سطح تنش شوری $۱۶/۵dSm^{-1}$ مشاهده گردید که این دو گروه از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۵$) با هم داشتند (جداول ۲ و ۴).

بحث

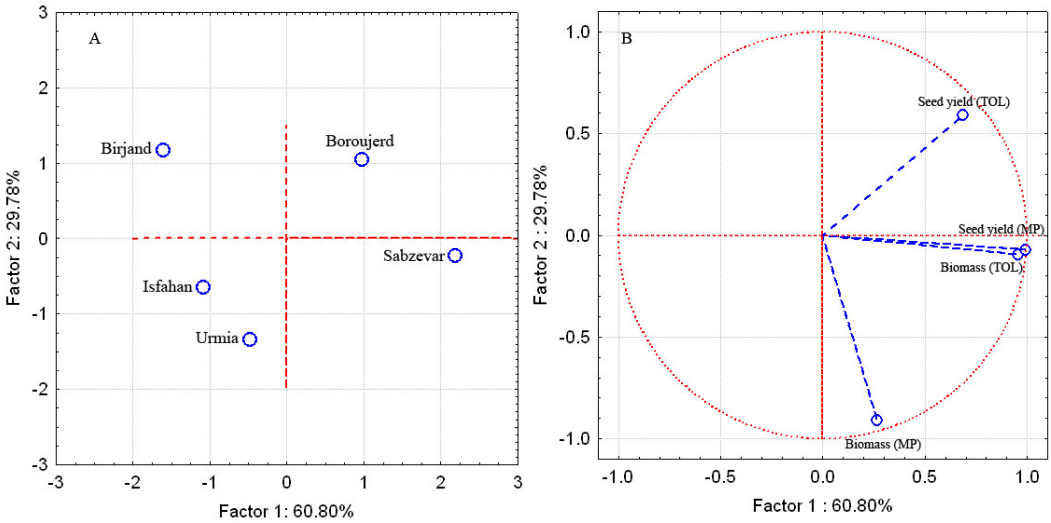
در مطالعات اصلاحی ژنوتیپ‌هایی که دارای میانگین تولید بیشتر در شرایط تنش و بدون تنش باشند و همچنین کمترین کاهش عملکرد را در شرایط تنش نسبت به شرایط بدون تنش دارا باشند به‌عنوان ژنوتیپ‌هایی متحمل به تنش انتخاب می‌شوند. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر اساس شاخص‌های تحمل به شوری TOL و MP برای عملکرد زیست‌توده و بذر نشان داد که ۶۰ درصد از تغییرات این متغیرها بر اساس مؤلفه اول و ۲۹ درصد توسط مؤلفه دوم قابل توضیح است (شکل ۱). نمودار بردار متغیرهای مورد بررسی در این دو بعد نشان داد که بر اساس بعد اول تمام متغیرهای مورد بررسی در قسمت مثبت نمودار قرار گرفتند. البته شاخص میانگین تولید زیست‌توده بیشتر توسط بعد دوم نمودار قابل توضیح بود. نکته قابل‌توجه اینکه بین شاخص میانگین تولید بذر و شاخص TOL از لحاظ تولید زیست‌توده هم‌راستایی و همبستگی وجود داشت. به نظر می‌رسد که در این مطالعه توده‌هایی با میانگین تولید بذر بیشتر، شاخص حساسیت به شوری بالاتری از نظر تولید زیست‌توده دارا هستند و به‌عبارت‌دیگر توده‌هایی که بیشترین کاهش را در اثر افزایش شوری از خود نشان دادند، میانگین تولید بذر بالاتری نیز دارا بودند. بر اساس نمودار پراکنش توده‌ها مشخص شد که توده‌های اصفهان و ارومیه دارای بیشترین میانگین تولید زیست‌توده و کمترین شاخص TOL را ازنظر تولید بذر و تولید زیست‌توده دارا بودند (شکل ۱).

با هدف بررسی تأثیر هر یک از متغیرهای فیزیولوژیک اندازه‌گیری شده روی شاخص‌های تحمل به شوری به‌صورت مجزا، تحلیل داده‌ها بر اساس شاخص میانگین MP و شاخص TOL روی کلیه صفات مورد بررسی در توده‌های مورد مطالعه با استفاده از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و ترسیم نمودار دوبعدی انجام شد. نمودار دوبعدی مربوط به تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر مبنای میانگین صفات اندازه‌گیری شده (MP) نشان داد که توده‌ها به سه گروه قابل تفکیک می‌باشند. توده‌ی بیرجند به‌تنهایی در گروه اول، توده ارومیه به‌تنهایی در گروه دوم و توده‌های بروجرد، اصفهان و سبزوار به‌طور مشترک در گروه سوم این نمودار واقع شدند (شکل ۲A).

Archive of SID

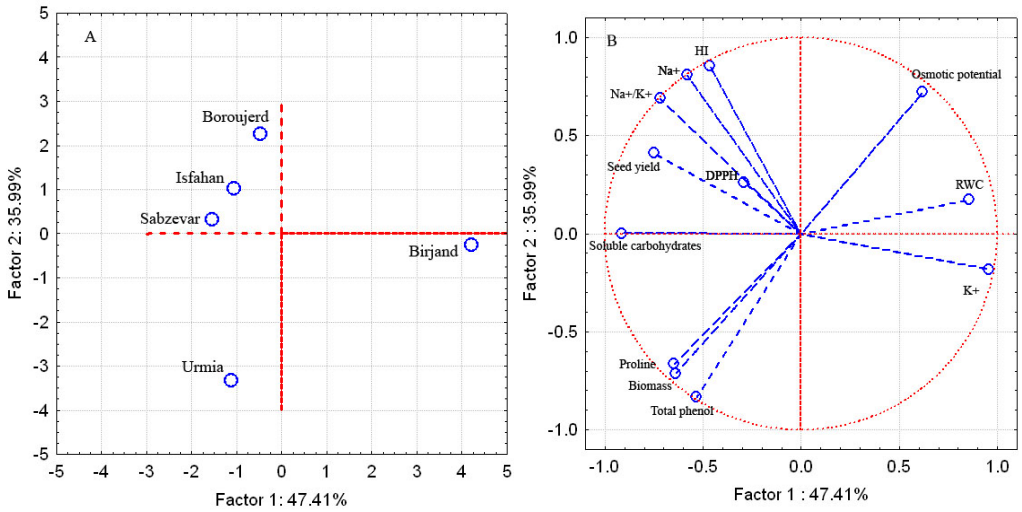
www.SID.ir

نتایج تحلیل پراکنش بردارهای میانگین هر یک از صفات مورد مطالعه در دو مؤلفه که بیشترین سهم را در توضیح متغیرها در اختیار داشتند (مؤلفه اول و مؤلفه دوم به ترتیب ۴۳ و ۳۵ درصد از تغییرات را توضیح می‌دهند) و انطباق آن روی پراکنش توده‌ها نشان داد که توده‌ی بیرجند دارای میانگین محتوای نسبی آب برگ و مقدار پتاسیم اندام هوایی بیشتر و کربوهیدرات محلول برگ کمتری نسبت به سایر توده‌های مورد مطالعه بود. در این میان توده ارومیه بیشترین مقدار متوسط پرولین برگ، عملکرد زیست‌توده و محتوای فنل کل و در مقابل کمترین پتانسیل اسمزی را در بین توده‌ها دارا بود. توده‌های گروه سوم(بروجرد، اصفهان و سبزوار) از مقدار مهار فعالیت رادیکال DPPH در برگ، عملکرد بذر، مقدار سدیم اندام هوایی، نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی و شاخص برداشت بیشتری برخوردار بودند (شکل B ۲).



شکل ۱. نمودار دوبعدی حاصل از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای توده‌های مختلف کوشیا (A) و پراکنش بردارهای صفات بر مبنای میانگین صفات موردمطالعه در شرایط تنش شوری (B)

Fig. 1. The Principle Component Analysis (PCA) biplots of A: Different Kochia ecotypes and B: Vectors distribution of the studied criteria based on their means in salinity conditions



شکل ۲. نمودار دوبعدی حاصل از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای توده‌های مختلف کوشیا (A) و پراکنش بردارهای صفات بر مبنای میانگین صفات موردمطالعه در شرایط تنش شوری (B)

Fig. 2. The Principle Component Analysis (PCA) biplots of A: Different Kochia ecotypes and B: Vectors distribution of the studied criteria based on their means in salinity conditions.

www.SID.ir

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر اساس اختلاف بین صفات در دو سطح تنش شوری ۵/۲ و ۱۶/۵dSm^{-1} نشان داد که ۴۳ درصد از تغییرات توسط مؤلفه اول و ۲۲ درصد توسط مؤلفه دوم کنترل می‌شود (شکل۳A). بر این اساس، در مؤلفه اول، توده‌ی بیرجند افزایش عملکرد زیست‌توده، پتانسیل اسمزی و پتاسیم اندام هوایی بیشتری در اثر افزایش شدت تنش شوری داشت. پس از توده‌ی بیرجند توده‌ی ارومیه قرار داشت که تحمل به شوری آن نسبت به سه توده‌ی دیگر بیشتر بود. نکته قابل‌توجه افزایش غلظت سدیم اندام هوایی، نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی، مهار فعالیت رادیکال DPPH در برگ، فنل کل، کربوهیدرات محلول برگ و محتوای نسبی آب برگ در توده‌های حساس‌تر به شوری، بروجرد و سبزوار نسبت به دو توده‌ی بیرجند و ارومیه بود (شکل ۳B). این صفات که شاخصه‌های بروز تنش هستند در ارقام حساس بیان بیشتری دارند.

تحلیل نمودار دوبعدی در شکل B ۳ بر اساس تغییرات صفات در تیمار ۵/۲ نسبت به ۱۶/۵dSm^{-1} نتایج نشان داد که مقدار کاهش زیست‌توده تحت تأثیر هر دو مؤلفه اول و دوم قرار داشت؛ به‌نحوی‌که توده‌هایی که ازلحاظ بعد اول در ناحیه مثبت‌تر و ازلحاظ بعد دوم در ناحیه منفی‌تر قرار گرفتند، از کاهش عملکرد بیشتری در پاسخ به افزایش سطح تنش برخوردار بودند. بر این اساس توده‌های سبزوار و بیرجند به ترتیب بیشترین و کمترین کاهش را ازنظر زیست‌توده برخوردار بود. عملکرد بذر نیز بیشتر تحت تأثیر بعد دوم بود و هرچه توده‌ها در مکان پایین‌تری نسبت به محور عرض‌ها قرار می‌گرفتند، مقدار کاهش عملکرد بذر در پاسخ به تنش در آن‌ها بیشتر بود. بنابراین بیشترین میزان کاهش عملکرد بذر در توده سبزوار و کمترین مقدار در توده اصفهان مشاهده شد (شکل ۳).

محتوای نسبی آب برگ نشان‌دهنده‌ی وضعیت آبی گیاه است که منعکس‌کننده فعالیت متابولیکی بافت است. کاهش محتوای نسبی آب برگ در گیاهان تحت تنش شوری، نتیجه از دست رفتن فشار آماس گیاه است که موجب بسته شدن روزنه‌ها و درنهایت منجر به کاهش جذب دی‌اکسید کربن و پس از آن کاهش فعالیت متابولیکی می‌شود. از طرف دیگر یون پتاسیم نقش مهمی در تنظیم سلول‌های محافظ روزنه دارد (Zhu, 2003). در این مطالعه توده‌ی بیرجند نسبت به سایر توده‌ها غلظت پتاسیم برگ بیشتری نشان داد. با توجه به نقش پتاسیم در تنظیم روزنه‌ها احتمالاً بالاتر بودن محتوای نسبی آب برگ در این توده را توجیه کند.

در شرایط تنش شوری، گیاهان تلاش می‌کنند که مقدار زیادی پتاسیم و مقدار کمی از سدیم در سیتوسول خود نگهداری کنند. این مهم به‌واسطه تنظیم بیان و فعالیت انتقال‌دهنده‌های یون سدیم و پتاسیم و پمپ‌های یون هیدروژن تولیدکننده نیروی لازم برای انتقال را تأمین می‌کند انجام می‌گیرد (Zhu, 2003). بررسی میزان سدیم و پتاسیم در دو واریته متحمل و نسبتاً متحمل به شوری گندم (*Tritium aestivum*) نشان داد که با افزایش شدت تنش میزان سدیم ورودی به واریته متحمل کمتر از واریته نسبتاً متحمل بود. همچنین واریته متحمل به شوری گندم از میزان پتاسیم بالاتری برخوردار بود و تیمار شوری سبب کاهش میزان پتاسیم گردید (Sairam et al., 2002). بر اساس نتایج این مطالعه، توده بیرجند و ارومیه کمترین میزان سدیم را در اندام‌های هوایی خود دارا بودند و توده ارومیه عملکرد زیست‌توده بیشتری نیز نسبت به سایر توده‌ها تولید کرد.

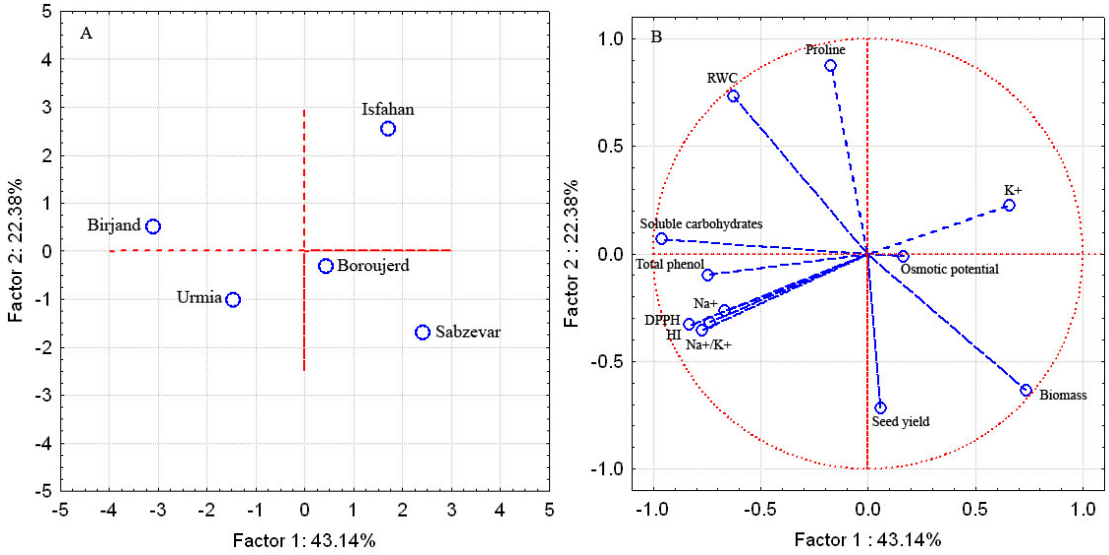
افزایش میزان پرولین ممکن است در شرایط تنش شوری به دلیل بیوسنتز پرولین یا کاهش اکسیداسیون پرولین به گلوتامات و یا افزایش تبدیل پروتئین به اسیدهای آمینه ازجمله پرولین باشد. همچنین، پرولین تأمین‌کننده انرژی مورد نیاز برای جایگزینی یون‌ها در واکوئل است. تولید اسمولیت‌ها در گیاه نیازمند انرژی است که معمولاً موجب کاهش تولید زیست‌توده می‌شود (Sannada et al., 1995). در بین توده‌های مورد مطالعه، میزان پرولین در توده‌های سبزوار و ارومیه با افزایش شدت تنش شوری از ۵/۲ به dSm^{-1} ۱۶/۵ افزایش یافت. این میزان افزایش پرولین در توده سبزوار و ارومیه به ترتیب ۶۰ و ۷۶ درصد بود (جدول ۴). از طرف دیگر میزان زیست‌توده تولیدی با افزایش شدت تنش شوری در توده ارومیه ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت، ولی در توده سبزوار ۲۴۰۰ کیلوگرم در هکتار کاهش داشت (جدول ۳). با توجه به افزایش مقدار پرولین با افزایش شدت تنش در هر دو توده، این مطلب می‌تواند بیانگر تنوع توده‌های کوشیا در مدیریت تنش شوری با صرف و بدون صرف انرژی در تولید اسمولیت‌ها باشد.

نکته قابل‌توجه اینکه توده‌های بیرجند و ارومیه که از تحمل به تنش شوری بیشتری از نظر میزان تولید زیست‌توده در بین توده‌ها برخوردار بودند، بیشترین کاهش را از نظر شاخص‌های فیزیولوژیک مثل کربوهیدرات محلول برگ، فنل

Archive of SID

www.SID.ir

کل، مهار فعالیت رادیکال DPPH در برگ، غلظت سدیم اندام هوایی و نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی نشان دادند، درحالی‌که ازنظر پتانسیل اسمزی و غلظت پتاسیم اندام هوایی، کمترین مقدار کاهش در آن‌ها مشاهده شد. در مقابل می‌توان گفت که توده‌های اصفهان، سبزوار و بروجرد برخلاف توده بیرجند و ارومیه، در شرایط تنش نسبت به شاهد بیشترین تجمع سدیم اندام هوایی، کربوهیدرات محلول برگ، فنل کل و مهار فعالیت رادیکال DPPH و نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی و کمترین مقدار پتاسیم اندام هوایی و پتانسیل اسمزی برگ را دارا بودند.



شکل ۳. نمودار دوبعدی حاصل از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای توده‌های مختلف کوشیا (A) و پراکنش بردارهای صفات بر مبنای اختلاف بین صفات در دو سطح تنش شوری ۵/۲ و ۱۶/۵dSm^{-1} (B)

Fig. 3. The Principle Component Analysis (PCA) biplots of A: Different Kochia ecotypes and B: Vectors distribution of studied criteria based on the difference between two salinity levels of 5.2 and 16 dsm^{-1}.

برخی از گونه‌های متحمل و نسبتاً متحمل به شوری می توانند در محیط‌های شور زنده بمانند. این گونه‌ها قادرند از سمیت یونی اجتناب کرده و به جذب آب در غلظت‌های بالای شوری ادامه دهند (Benlloch-Gonzàlez et al., 2005). آن‌ها همچنین قادرند از اختلالات ناشی از شوری مانند تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) جلوگیری کنند. ROS ترکیباتی هستند که قادرند با مولکول‌های بیولوژیکی مانند DNA، پروتئین‌ها و چربی‌ها واکنش داده و در نتیجه سبب ایجاد جهش یا ایراد خسارت به غشاء سلول شوند (Abdi and Ali, 1999). گونه‌های گیاهی موجود در محیط های پر تنش با سیستم آنتی‌اکسیدانتی قوی خود از طریق دو مکانیسم اصلی، اولیه و ثانویه آنتی‌اکسیدانتی، قادر به ایستادگی در برابر ROS می‌باشند (Maisuthisakul et al., 2007). مکانیسم اولیه آنتی‌اکسیدانتی قادر به ممانعت یا تأخیر در اکسیداسیون به‌وسیله جمع‌آوری ROS و دادن الکترون یا اتم به هیدروژن هستند. آنتی‌اکسیدانت‌های ثانویه به‌واسطه پیوند یون‌های فلزی، جمع‌آوری اکسیژن، تبدیل پراکسیدهیدروژن به گونه‌های غیر رادیکال، جذب تشعشعات UV، یا گونه‌های اکسیژن غیرفعال عمل می‌کنند (Gordon, 2001). در میان انواع آنتی‌اکسیدانت‌های ثانویه طبیعی، پلی‌فنل‌ها مورد توجه بیشتری قرار دارند (Luo et al., 2002). در واقع پلی‌فنل‌ها نشان‌دهنده متابولیت‌های تنش هستند که دامنه وسیعی از خصوصیات فیزیولوژیک مانند آنتی‌اکسیدانت، ضد حساسیت، ضدپوسیدگی و ضد میکروبی است (Balasundram et al., 2006). در این مطالعه با توجه به میزان تولید زیست‌توده بالاتر و کاهش بیشتر شاخص‌های فیزیولوژیک مانند کربوهیدرات محلول برگ، فنل کل، مهار فعالیت رادیکال DPPH در برگ، در توده‌های بیرجند و

Archive

www.SID.ir

ارومیه نسبت به سایر توده‌ها شاید بتوان عنوان کرد که افزایش این شاخص‌ها در شرایط تنش شوری به‌عنوان خصوصیت مثبتی جهت انتخاب ارقام متحمل به شوری نباشد.

منابع

Abdi Sand Ali, A., 1999. Role of ROS modified human DNA in the pathogenesis and etiology of cancer. Cancer Letters. 142, 1–9.

Abe, N., Murata, T., Hirota, A., 1998. Novel 1,1-diphenyl-2-picryhy- drazyl- radical scavengers, bisorbicillin and demethyltrichodimerol, from a fungus. Bioscience, Biotechnology and Biochemistry. 62, 61-662.

Balasundram, N., Sundram, K., Samman, S., 2006. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. Food Chemistry. 99, 191–203.

Bates, L.S., Waldran, R.P., Teare, I.D., 1973. Rapid determination of free proline for water studies. Plant and Soil. 39, 205–208.

Benlloch-Gonzàlez, M., Fournier, J.M., Ramos, J., Benlloch, M., 2005. Strategies underlying salt tolerance in halophytes are present in *Cynara cardunculus*. Plant Science. 168, 635–659.

Dionisio-Sese, M.L., Tobita, S., 2000. Effects of salinity on sodium content and photosynthetic respoes of rice seedlings differing in salt tolerance. Plant Physiology. 157, 54-58.

Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A., Smith, F., 1956. Calorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytical Chemistry. 28, 350-356.

Gordon, M.H., 2001. Measuring antioxidant activity. In: Antioxidants in food: Practical applicatio. In: Pokorny J, Yanishlieva N, and Gordon MH (Eds.), Woodhead Publishing Limited, Cambridge, pp. 71–84.

Jami Al Ahmadi, M., Kafi, M., 2008. Kochia (*Kochia scoparia*): To be or not to be? Crop and forage production using saline waters. In: Kafi M and Khan MA (eds.), Daya Publisher, New Delhi, pp. 119-162.

Janagoudar, B.S., 2009. Physiological strategies of plant breeding for drought and salinity tolerance in cotton. Biological Forum – an International Journal. 1, 105-106

Luo, X.M., Basile, M.J., Kennelly, E.J., 2002. Polyphenolic antioxidants from the fruit of *Chryso-phyllum cainito* L. (Star Apple). Agricultural and Food Chemistry. 50, 1379–1382.

Maisuthisakul, P., Suttajit, M., Pongsawatmanit, R., 2007. Assessment of phenolic content and free radical-scavenging capacity of some Thai indigenous plants. Food Chemistry. 100, 1409–1418.

Molassiotis, A., Sotiropoulos, T., Tanou, G., Diamantidis, G., Therios, I., 2006. Boron-induced oxidative damage and antioxidant and nucleolytic response in shoot tips culture of the apple rootstock EM9 (*Malus domestica* Borkh). Environtal and Experimental Botany. 56, 54–62.

Munns, R., 2003. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment. 25, 239–50.

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

Nabati, J., 2011. Effect of salinity on physiological characteristics and qualitative and quantitative traits of forage Kochia (*Kochia scoparia*). PhD thesis Ferdowsi University of Mashhad Faculty of Agriculture. [In Persian with English Summary]

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

Qureshi, A.S., Qadir, M., Heydari, N., Turral, H., Javadi, A., 2007. A review of management strategies for salt-proneland and water resources in Iran. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute. 30p. (IWMI Working Paper 125).

Archive of SID

www.SID.ir

Singleton, U.L., Rossi, J., 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-posphotungustic acid reagent. American Journal of Enology and Viticulture. 16, 144-158.

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

Tandon, H.L.S., 1995. Methods of analysis of soils, plants, water andfertilizers. FDCO, New Delhi

Zhu, J.K., 2001, Plant salt tolerance. Trends in Plant Science. 6, 66-71.

Zhu, J.K., 2003. Regulation of ion homeostasis under salt stress. Current Opinion in Plant Biology. 6, 441-445.

Rout, N.P., Shaw, B.P., 2001. Salt tolerance in aquatic macrophytes: Ionic relation and interaction. Biologia Plantarum. 55, 91–5.

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

Sannada, Y., Ueda, H., Kuribayashi, K., Andoh, T., Hayashi, F., Tamai, N., Wada, K., 1995. Novel light-dark change of proline levels in halophyte (*Mesembryanthemum crystallinum* L.) and glycophytes (*Hordeum vulgare* L. and *Triticum aestivum* L.) leaves and roots under salt stress. Plant and Cell Physiology. 36, 965-970.

Archive of SID

www.SID.ir