

برهمکنش تنش شوری و نیتروژن بر رشد و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت ارزن پادزه‌ری (*Panicum antidotale* Retz.)

سید عبدالرضا کاظمینی^{۱*}، مژگان علی نیا^۲، احسان شاکری^۳

۱. دانشیار بخش زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز.

۲. دانشجوی ارشد بخش زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز.

۳. دانشجوی دکتری بخش زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز.

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۱/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۹/۲۸

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش شوری و کود نیتروژن بر برخی از شاخص‌های رویشی و فیزیولوژیک ارزن پادزه‌ری آزمایشی گلدانی به صورت فاکتوریل با دو فاکتور کود نیتروژن در چهار سطح (صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک) و شوری آب آبیاری در سه سطح (شاهد آب شهر (۰/۴)، ۹ و ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر) در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار انجام شد. نتایج نشان داد تنش شوری و کود نیتروژن و برهمکنش آنها بر کلیه شاخص‌های مورد بررسی (به استثنای وزن تر و خشک و تعداد برگ) معنی‌دار بود. تنش شوری باعث کاهش معنی‌دار ویژگی‌های وزن تر ساقه، وزن تر برگ، وزن تر ریشه، ارتفاع بوته، سطح برگ و نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک ساقه شد. با افزایش نیتروژن و اعمال تنش شوری فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز و کاتالاز و همچنین مقدار پرولین افزایش یافت به طوری که در مقایسه با تیمار شاهد، فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و پرولین در تیمار ۳۰ میلی‌گرم نیتروژن و شوری ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب به میزان ۶/۱۷، ۱۳/۷۸، ۷/۴۴ و ۲۶ برابر افزایش یافت. مصرف کود نیتروژن توانست تا حد زیادی تجمع سدیم در بافت‌ها را کاهش دهد که نتیجه آن کاهش نسبت سدیم به پتاسیم ساقه و ریشه بود. در کل نتایج نشان داد در شرایط تنش شوری، کاربرد کود نیتروژن تا حد ۲۰ میلی‌گرم توانست اثرات منفی شوری را کاهش دهد ولی مصرف ۳۰ میلی‌گرم نیتروژن در شرایط تنش شوری باعث کاهش معنی‌دار تمامی شاخص‌های مورد بررسی شد.

واژه‌های کلیدی: پراکسیداز، پرولین، سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، نسبت سدیم به پتاسیم.

مقدمه

در بهره‌برداری و افزایش عملکرد در اراضی شور نواحی خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب می‌شود (Ekiz et al., 2003). در بین گیاهان متحمل به شوری، گیاه علوفه‌ای ارزن پادزه‌ری (*Panicum antidotale* Retz.) که بومی مناطق معتدل و گرمسیری آسیا از خاورمیانه تا هند (افغانستان، ایران، یمن، هند و پاکستان) است (FAO, 2002) به دلیل سیستم ریشه‌ای عمیقی پتانسیل دست‌یابی به رطوبت در بخش‌های عمقی خاک را دارد. ارزن پادزه‌ری در خاک‌هایی با شوری زیاد و قلیایی در معرض خشکی و

از میان تنش‌های غیرزنده، تنش شوری در سطح جهان گسترده‌تر بوده و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ بیش از ۵۰٪ از زمین‌های زراعی دنیا شور شوند (Zhu, 2003). درواقع تنش شوری یک تهدید بسیار جدی برای محصولات کشاورزی است که می‌تواند رشد گیاهان و عملکرد محصول را تحت تأثیر قرار دهد. بر اساس اطلاعات موجود شوری طی ۲۵ سال آینده می‌تواند حدود ۳۰٪ از تولید زمین‌های زراعی را کاهش دهد (Pandolfi et al., 2012). استفاده از گیاهان متحمل به شوری یکی از مهم‌ترین روش‌های مؤثر

با توجه به پژوهش‌های اندکی که در زمینه اثر تنش شوری و کاربرد کود نیتروژن روی گیاه ارزن پادزهری به عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان شورزیست و همچنین بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانت‌ها انجام شده است، این آزمایش باهدف بررسی تأثیر برهمکنش شوری آب آبیاری و نیتروژن بر رشد و برخی از شاخص‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی ارزن پادزهری انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۴ تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در تابستان سال ۱۳۹۳ اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی شامل شوری آب آبیاری (شاهد آب شهر (۰/۴)، ۹ و ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر) و مقادیر (صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) نیتروژن بود. شوری آب آبیاری با نسبت ۲ به ۱ NaCl و CaCl₂ تهیه و پس از استقرار گیاهان از مرحله ۴ برگ‌ری اعمال گردید و تا پایان فصل رشد ادامه داشت. نیاز آبیاری نیز برای هر گلدان برای جلوگیری از تجمع نمک محاسبه شد و در هر مرحله میزان EC آب خروجی از گلدان‌ها نیز اندازه‌گیری شد. نیتروژن نیز طی سه مرحله به‌طور مساوی (۱/۳) قبل از کاشت، ۲/۳ باقیمانده در مرحله پنجه‌زنی) و از منبع اوره تأمین شد. خاک مورد استفاده دارای بافت رسی سیلتی با اسیدیته ۷/۳۸ و شوری ۰/۳ دسی‌زیمنس بر متر بود که به نسبت ۲ به ۱ خاک و پرلیت مخلوط شد. تعداد ۲۰ عدد بذر ارزن پادزهری پس از تعیین قوه نامیه (حدود ۹۵٪) در گلدان‌هایی با قطر دهانه ۲۱ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۸ سانتی‌متر (گنجایش پنج کیلوگرم خاک) در تاریخ ۱۳۹۳/۵/۱۴ کاشت شدند. جهت زه‌کشی در ته گلدان‌ها سوراخ‌هایی ایجاد شد و میزان شوری زه‌آب طی چند مرحله بررسی شد. سپس گلدان‌ها هر ۴ روز یک‌بار تا مرحله ۴ برگ‌ری گیاهچه آبیاری شدند. در این مدت، گیاهچه‌ها طی چند مرحله تنک شده و در نهایت ۵ گیاهچه در هر گلدان نگه داشته شد.

در تاریخ ۱۳۹۳/۸/۱۹ سه بوته در مرحله ظهور گل‌آذین انتخاب و ویژگی ارتفاع بوته، وزن تر ریشه و اندام هوایی اندازه‌گیری شد سپس با قرار دادن نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد در آون وزن خشک ریشه و اندام هوایی توسط ترازوی دیجیتال به دست آمد. سطح برگ بوته‌ها با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح

شرایط غرقابی رشد کرده و نسبت به شرایط مختلف محیطی سازگار است. این گیاه با تولید ۱۸۰-۱۵۰ تن علوفه تر از کیفیت تغذیه‌ای مناسب برخوردار بوده و به‌عنوان یک گراس علوفه‌ای با ارزش برای تغذیه دام مطرح شده است (Sarwar et al., 2006).

به‌طور کلی ارزیابی تغییرات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در شرایط تنش‌زا در گیاهان متحمل به تنش‌های مختلف مانند ارزن پادزهری می‌تواند راهکاری مناسب جهت درک مکانیسم‌های تحمل به تنش را فراهم آورد (Niknam et al., 2000). محمد و همکاران (Muhammad et al., 2010) و دی لاسردا و همکاران (De Lacerda et al., 2003) بیان نمودند تنش شوری باعث کاهش شاخص‌های رویشی در گیاه ارزن پادزهری و سورگوم شد. رابینسون و همکاران (Robinson et al., 2004) کاهش بیومس ۱۰ گونه گیاه علوفه‌ای را تحت شرایط تنش شوری گزارش کردند. آسکوربات پراکسیداز (APX)، کاتالاز (CAT) و پراکسیداز (POD) همراه با مواد دیگری با وزن مولکولی پایین نظیر پرولین به‌عنوان دفاع اصلی در برابر ROS عمل می‌کنند (Apel et al., 2004). در مطالعات بسیاری اثبات شده است تنش شوری به‌طور معنی‌داری فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت را افزایش می‌دهد (De Lacerda et al., 2003; De Lacerda et al., 2005; Eshghizadeh et al., 2014).

از مهم‌ترین عناصر غذایی که جذب آن در شرایط شوری تحت تأثیر قرار می‌گیرد، نیتروژن است و کاهش جذب آن به‌وسیله شوری از عوامل مهم کاهش رشد گیاهان به شمار می‌رود. مشخص شده که بالا رفتن غلظت نیتروژن در محلول خاک‌های شور بر جذب دیگر عناصر تأثیر مثبت دارد (Flores et al., 2001). به دلیل بازدارنده شدید فعالیت آنزیم‌دی‌نیتروژناز در شرایط تنش شوری، افزودن نیتروژن معدنی تا حدی موجب جبران اثر شوری می‌شود (Namdari et al., 2011). به‌کارگیری مصرف نیتروژن بالاتر از حد بهینه مورد نیاز گیاهان مختلف در شرایط تنش شوری، باعث افزایش رشد، عملکرد و جذب عناصر غذایی ضروری می‌شود (Grattan et al., 1999). کاربرد کودهای نیتروژنه در شرایط شور باعث کاهش جذب سدیم و کلر و افزایش جذب پتاسیم در گیاه سورگوم شد (Esmaili et al., 2005).

تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر آهنگ توسعه برگ، اندازه نهایی برگ و افزایش دوام سطح برگ دارد (Emam et al., 2012). نتایج نشان داد به‌طور کلی با افزایش میزان شوری، تمامی شاخص‌های مورد بررسی در تمامی سطوح نیتروژن کاهش یافتند (جدول ۲). شوری به‌عنوان یک عامل بازدارنده، باعث کند شدن روند استقرار گیاهچه و همچنین کاهش ویژگی‌های مختلف گیاه می‌شود. (De Lacerda et al., 2003). کاهش بیومس گیاه در اثر تنش شوری نیز می‌تواند به دلیل تخریب فعالیت‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیک باشد (Craine, 2005). از مهم‌ترین صدمات ناشی از تنش شوری می‌توان به برهم خوردن توازن یونی ناشی از کاهش جذب یون‌های ضروری و انباشتگی یون‌های مضر و کم‌آبی ناشی از کاهش جذب آب که با کاهش سنتز پروتئین، تعرق، انتقال یون و در نهایت کاهش محصول همراه است، اشاره نمود (Cavalcanti et al., 2007). افزایش سطح شوری در گیاه سورگوم (Netondo et al., 2004) و گندم (Maghsoumi Holasoo et al., 2014) نیز باعث کاهش میزان فتوسنتز و محدود کردن گسترش سطح برگ گردید. کاهش سطح برگ نیز می‌تواند به علت کاهش پتانسیل آب و تورژسانس برگ همراه با پیری برگ‌ها و نکروزه شدن آن‌ها در تنش شوری نیز باشد. همچنین بیان شده است کاهش سطح برگ و رشد سایر اندام‌های گیاهی در اثر افزایش شوری می‌تواند به دلیل تغییر میزان هورمون‌های رشد نیز باشد (Mane et al., 2011).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین، با افزایش میزان نیتروژن تا ۲۰ میلی‌گرم، نسبت وزن خشک ریشه به ساقه افزایش یافت ولی با اعمال ۳۰ میلی‌گرم نیتروژن در خاک این نسبت کاهش معنی‌داری را نشان داد (جدول ۳). ژو و همکاران (Xue et al., 2014) نشان دادند با افزایش میزان نیتروژن مصرفی نسبت وزن خشک ریشه به ساقه افزایش یافت ولی این افزایش تا حد خاصی از میزان نیتروژن ادامه داشت و مصرف مقادیر بالاتر نیتروژن این نسبت را کاهش داد. همچنین این نتایج توسط مدل‌های شبیه‌سازی شده نیز به اثبات رسیده است (Levin et al., 1989). افزایش نسبت ریشه به ساقه می‌تواند از این نقطه‌نظر که ریشه‌های فعال می‌توانند ضمانتی برای تأمین عناصر غذایی، آب و هورمون‌های گیاهی کافی برای قسمت هوایی گیاه باشند و حاصل آن افزایش تولید و باروری گیاه خواهد بود، بسیار حائز اهمیت است (Zhang et al., 2009).

برگ^۱ اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسیددیسموتاز به ترتیب از روش‌های بریتون و ماهلی (Britton et al., 1955)، دهینداز (Dehindaz, 1981) و بولر و همکاران (Bowler et al., 1991) استفاده شد. تعیین غلظت پرولین در بافت برگ بر اساس روش بیتز (Bates, 1973) و اندازه‌گیری عناصر سدیم و پتاسیم در برگ و ریشه نیز به روش نشر شعله‌ای^۲ انجام شد. داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری SAS9.1 تجزیه و تحلیل و مقایسه میانگین‌ها نیز به روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵٪ انجام گرفت.

نتایج و بحث

ویژگی‌های رشدی نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر نیتروژن و شوری بر کلیه ویژگی‌های رشدی (به‌استثنای وزن تر ساقه، وزن خشک برگ و تعداد برگ) معنی‌دار بود. برهمکنش نیتروژن و شوری نیز بر کلیه ویژگی‌ها (به‌استثنای وزن تر و خشک و تعداد برگ) معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین وزن تر ریشه (۲/۹۲ گرم در بوته) نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک ساقه (۲/۹۲) با کاربرد ۲۰ میلی‌گرم نیتروژن و بدون آب‌شور شاهد به دست آمد (جدول ۳). بیشترین وزن تر ساقه (۱/۵۷ گرم در بوته) با کاربرد ۳۰ میلی‌گرم نیتروژن و شوری ۰/۴ به دست آمد (جدول ۳). با توجه به نقش مهم نیتروژن در ساختمان اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک، نوکلئوپروتئین‌ها، کلروفیل‌ها و آلکالوئید، تأمین آن باعث افزایش متابولیسم گیاه و در نهایت افزایش فتوسنتز گیاه خواهد شد که منجر به افزایش بیومس خواهد شد (Dordas et al., 2008).

ارتفاع بوته نیز با کاربرد ۳۰ میلی‌گرم نیتروژن و شوری شاهد (۰/۴ دسی‌زیمنس بر متر) دارای بیشترین مقدار (۴۷/۲۵ سانتی‌متر) بود. به نظر می‌رسد افزایش کود نیتروژن با تأمین عناصر غذایی موردنیاز گیاه، در تقسیم و طولی شدن سلول‌های گیاهی اثر گذاشته و منجر به افزایش ارتفاع گیاه خواهد شد. (Khajepour, 2010) بیشترین اندازه سطح برگ (۴۰/۷۷ سانتی‌متر مربع) مربوط به کاربرد ۳۰ میلی‌گرم نیتروژن و شوری ۰/۴ بود. کاربرد نیتروژن

^۱- Delta-T Device

^۲- Flame photometer

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر نیتروژن و شوری بر برخی از شاخص‌های رشدی ارزن پادزهری.

Table 1. Analysis of variance of effects of nitrogen and salinity on some growth traits of Blue Panicgrass

منابع تغییرات SOV	درجه آزادی df	وزن تر شاخساره Shoot fresh weight	وزن تر برگ Leaf fresh weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	ارتفاع بوته Plant height
Nitrogen نیتروژن	3	0.06 ^{ns}	0.26 ^{**}	0.75 ^{**}	125.76 ^{**}
Salinity شوری	2	1.91 ^{**}	0.42 ^{**}	7.17 ^{**}	1590.33 ^{**}
SxN شوری × نیتروژن	6	0.17 [*]	0.01 ^{ns}	0.41 ^{**}	40.88 [*]
Error خطا	24	0.05	0.03	0.09	0.97

Table 1. Continued

جدول ۱. ادامه.

منابع تغییرات SOV	درجه آزادی df	تعداد برگ Leaf number	سطح برگ Leaf area	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن خشک ریشه/وزن خشک ساقه Root/ shoot dry weight
Nitrogen نیتروژن	3	1.14 ^{ns}	139.87 ^{**}	0.02 ^{ns}	4.46 ^{**}
Salinity شوری	2	4.76 [*]	2089.96 ^{**}	0.12 ^{**}	2.50 ^{**}
SxN شوری × نیتروژن	6	1.10 ^{ns}	38.79 ^{**}	0.01 ^{ns}	0.83 ^{**}
Error خطا	24	1.17	7.76	0.02	0.14

ns: غیر معنی‌دار، * و **، به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns: non- significant, * and ** significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر نیتروژن و شوری بر برخی از شاخص‌های فیزیولوژیک ارزن پادزهری.

Table 2. Analysis of variance of effects of nitrogen and salinity on some physiological traits of Blue Panicgrass.

منابع تغییرات SOV	درجه آزادی df	سوپراکسید دیسموتاز SOD	پراکسیداز POD	کاتالاز CAT	پرولین Proline	سدیم/پتاسیم شاخساره Shoot Na/K ratio	سدیم/پتاسیم ریشه Root Na/K ratio
Nitrogen نیتروژن	3	22143.51 ^{**}	51.67 ^{ns}	82.93 ^{**}	0.15 ^{**}	0.47 ^{**}	1.64 ^{**}
Salinity شوری	2	114601.44 ^{**}	13518.518 ^{**}	16068.01 ^{**}	0.16 ^{**}	4.52 ^{**}	5.71 ^{**}
SxN شوری × نیتروژن	6	7051.51 ^{**}	64.54 [*]	91.52 ^{**}	0.10 ^{**}	0.4 ^{**}	0.57 ^{**}
Error خطا	24	1703.88	21.54	10.22	0.09	0.04	0.02

ns: غیر معنی‌دار، * و **، به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns: non- significant, * and ** significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جذب آن می‌شود، درحالی‌که آسمیلات کافی برای تثبیت نیتروژن ندارد و لذا انرژی بیهوده برای جذب و تثبیت ناقص آن مصرف می‌کند و ساختارهای نیتروژنی تشکیل می‌شود که غیر پروتئینی است و لذا تأثیر منفی بر عملکرد می‌گذارد. زمانی که علت کاهش وزن خشک برگ در بوته مربوط به کاهش سطح برگ و همچنین تعداد برگ است. در شرایط تنش شوری ابتدا توسعه سطح برگ کاهش یافته و برگ‌ها کوچک می‌شوند و در پی کاهش سطح برگ نیز جذب نور کاهش می‌یابد که نتیجه آن کاهش تاج پوشش گیاه خواهد بود. علاوه بر این پیر شدن سریع برگ‌ها در اثر تنش شوری نیز به کاهش دوام سطح برگ منجر خواهد شد (Tantawy et al., 2009). با افزایش میزان نیتروژن مصرفی، وزن تر برگ نیز افزایش یافت که این مطلب می‌تواند به دلیل نقش مهم این عنصر در فرایندهای مرتبط با رشد گیاه باشد (Durey et al., 1995).

ترکیبات آنتی‌اکسیدانت به‌طور کلی اثر تیمارهای شوری، نیتروژن و برهمکنش این دو فاکتور بر فعالیت کلیه آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت مورد بررسی اثر معنی‌داری داشت (جدول ۲). به‌طور کلی با افزایش نیتروژن و همچنین اعمال تنش شوری فعالیت آنزیم‌ها افزایش یافت (جدول ۴) که با نتایج عشقی‌زاده و همکاران (Eshghizadeh et al., 2014) در گیاه ارزن پادزهری مطابقت دارد. با توجه به نتایج پژوهش حاضر در زمان استفاده از آب غیر شور تفاوت معنی‌داری بین آنزیم‌ها در بین تیمارهای نیتروژن مشاهده نشد (جدول ۴) به‌عبارت‌دیگر تنش شوری اثر بیشتری بر فعالیت این آنزیم‌ها در مقایسه کاربرد کود نیتروژن دارد؛ اما با اعمال تنش شوری، میزان تغییرات فعالیت آنزیم‌های مختلف نیز در سطوح مختلف کاربرد کود نیتروژن متفاوت بود. بیشترین فعالیت آنزیم‌های سوپر اکسیددیسموتاز، پراکسیداز و کاتالاز با کاربرد ۳۰ میلی‌گرم نیتروژن تحت تنش‌های شوری ۹ و ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد (جدول ۴). با افزایش مقدار کود نیتروژن درصد فعالیت آنزیم سوپر اکسیددیسموتاز در تیمارهای شوری ۹ و ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر کاهش یافت به‌طوری‌که مقدار افزایش فعالیت این آنزیم در سطح شوری ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر در زمان عدم مصرف کود نیتروژن، ۶۱/۸۵ درصد، ولی این افزایش در سطوح بالاتر نیتروژن به ترتیب

کاهش مقدار نسبت ریشه به اندام هوایی با افزایش مقدار نیتروژن شاید به این دلیل باشد که رشد ریشه در مقادیر کمتر نیتروژن برای افزایش جذب عناصر غذایی تحریک خواهد شد ولی این افزایش رشد در مقادیر بالای نیتروژن کاهش خواهد یافت (Wang et al., 2014). نکته مهم آنکه نسبت ریشه به ساقه در سطوح مختلف نیتروژن چندان تحت تأثیر شوری قرار نگرفت (جدول ۳) که این مطلب می‌تواند یک ویژگی قابل‌توجه برای گیاه ارزن پادزهری در شرایط تنش شوری باشد. به‌طور کلی در شرایط تنش شوری، مصرف کود نیتروژن فقط تا مقدار ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک باعث افزایش وزن تر ساقه و ریشه، ارتفاع بوته و تعداد برگ شد ولی مصرف بیشتر آن باعث کاهش آن‌ها شد (جدول ۳). این نتایج با نتایج اسماعیلی و همکاران (Esmaili et al., 2008) در گیاه سورگوم، حیدری و همکاران (Heidari et al., 2007) در گندم و عالی پور و همکاران (Aalipour et al., 2011) در ذرت نیز مطابقت دارد. همچنین بر اساس نتایج این تحقیق، در شوری ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر، مصرف ۲۰ میلی‌گرم کود نیتروژن توانست وزن تر ساقه را حدود ۷۵ درصد در مقایسه با تیمار شاهد افزایش دهد. این در حالی است که در شوری ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری در تیمار شاهد کود نیتروژن و کاربرد ۳۰ میلی‌گرم نیتروژن مشاهده نشد (جدول ۳). این نتایج در سطح شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر نیز به همین صورت بود به‌طوری‌که کاربرد ۱۰ میلی‌گرم نیتروژن در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر وزن تر ساقه را حدود ۱۰ درصد و کاربرد ۲۰ میلی‌گرم نیتروژن این شاخص را در مقایسه با عدم مصرف کود نیتروژن حدود ۲۷ درصد افزایش داد. درحالی‌که وزن تر ساقه در زمان کاربرد ۳۰ میلی‌گرم نیتروژن نسبت به عدم کاربرد کود نیتروژن نه تنها افزایش نیافت بلکه کاهش یافت (جدول ۳).

یافته‌های پژوهش حاضر نشان‌دهنده آن است که مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی (بیشتر از ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) در شرایط شور باعث شورتر شدن و افزایش فشار اسمزی محیط ریشه و به دنبال آن کاهش جذب آب و مواد غذایی، کاهش شاخص‌های مختلف و در نهایت کاهش رشد گیاه خواهد شد (Esmaili et al., 2008). تنش شوری باعث کاهش معنی‌دار وزن تر و خشک و تعداد برگ شد (شکل‌های ۱ و ۲ و ۳). همچنین می‌توان بیان نمود با اضافه شدن کود نیتروژن در شرایط شوری بالا، گیاه وادار به

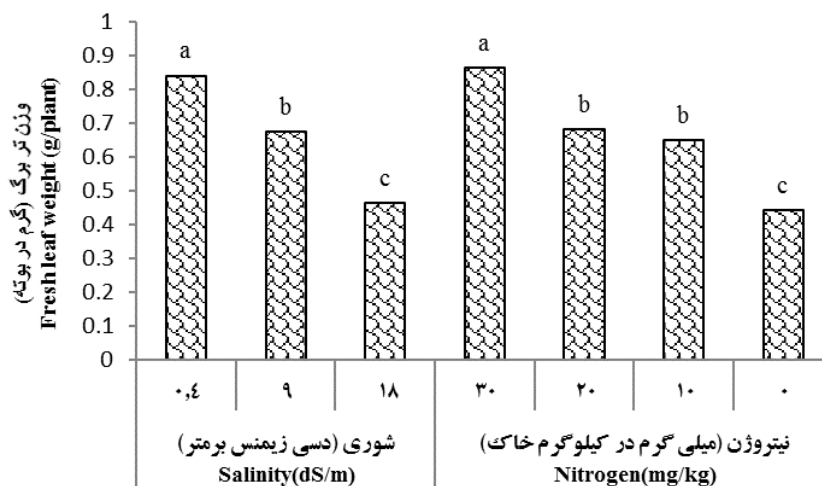
گیاه، اثرات منفی تنش شوری را کاهش دهد که در نتیجه آن میزان افزایش فعالیت‌های آن‌تی‌اکسیدان‌تی گیاه در اثر تنش شوری نیز کاهش یافته است

استفاده از کود نیتروژن توانسته به دلیل بهبود متابولیسم آن‌تی‌اکسیدان‌تها در مقایسه با مصرف کود، به نظر می‌رسد که بیان شد با توجه به اثر بیشتر تنش شوری بر فعالیت (جدول ۴)، لذا همان‌طور که بیان شد با توجه به اثر بیشتر تنش شوری بر فعالیت آن‌تی‌اکسیدان‌تها در مقایسه با مصرف کود، به نظر می‌رسد استفاده از کود نیتروژن توانسته به دلیل بهبود متابولیسم

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر برهمکنش نیتروژن و شوری بر شاخص‌های رشدی ارزش پادزهری.

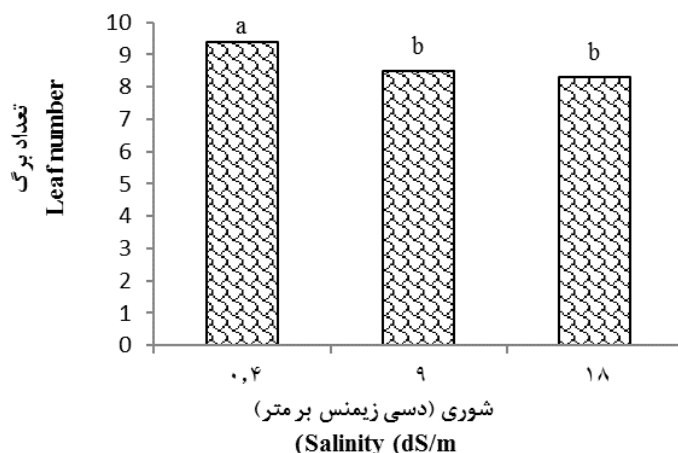
Table 3. Mean comparison of interaction of effect of nitrogen and salinity on growth traits of Blue Panicgrass.

نیتروژن (میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) Nitrogen (mg kg ⁻¹)	شوری (دسی‌زیمنس بر متر) Salinity (dSm ⁻¹)	وزن تر ساقه (گرم در بوته) Shoot fresh weight (g.pl ⁻¹)	وزن تر ریشه (گرم در بوته) Root fresh weight (g.pl ⁻¹)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Height (cm)	سطح برگ (سانتی‌متر مربع) Leaf area (cm ²)	وزن خشک ریشه / وزن خشک شاخساره Root /shoot dry weight
0	0.4	0.85	1.57	25.16	15.80	0.84
	9	0.59	0.59	22.70	13.45	0.80
	18	0.29	0.41	16.12	2.57	0.45
10	0.4	0.96	1.65	41.54	35.92	2.04
	9	0.65	0.58	28.37	18.08	1.04
	18	0.4	0.51	19.27	14.17	1.03
20	0.4	1.11	2.92	43.91	31.68	2.92
	9	0.75	1.25	38.73	34.56	2.36
	18	0.51	0.97	37.16	23.55	1.90
30	0.4	1.57	1.69	47.25	40.77	0.61
	9	0.48	0.62	34.41	20.53	0.37
	18	0.13	0.36	18.83	6.30	0.58
LSD 5%		0.39	0.51	7.68	4.69	0.65



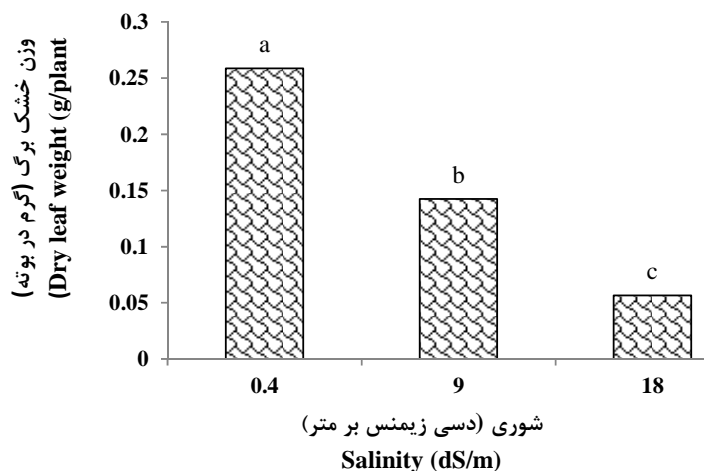
شکل ۱. اثر تنش شوری و نیتروژن بر وزن تر برگ. میانگین‌های با حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد (LSD) تفاوت معنی‌دار ندارند

Fig. 1. Effect of salinity stress and nitrogen on fresh leaf weight. Means with the similar letters are not significantly different (LSD at 5% probability level).



شکل ۲. اثر تنش شوری بر تعداد برگ. میانگین‌های با حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد (LSD) تفاوت معنی‌دار ندارند.

Fig. 2. Effect of salinity stress on leaf number. Means with the similar letters are not significantly different (LSD at%5 probability level).



شکل ۳. اثر تنش شوری بر وزن خشک برگ. میانگین‌های با حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد (LSD) تفاوت معنی‌دار ندارند.

Fig. 3. Effect of salinity on dry leaf weight. Means with the similar letters are not significantly different (LSD at%5 probability level).

تغییرات انسجام غشای سلولی در اثر افزایش نسبت سدیم (Na⁺) به کلسیم (Ca⁺) باشد (Meneguzo et al., 1999). این آنزیم‌ها به گیاه در برابر پراکسیداسیون چربی ناشی از اثرات کلرید سدیم کمک می‌کنند. همچنین گیاهان متحمل به شوری علاوه بر توانایی تنظیم اسمزی، توانایی بالایی در افزایش مقدار آنتی‌اکسیدانت‌های خود در مواجهه با تنش شوری دارند. (Yassar, 2007).

با افزایش شوری آب از ۹ به ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر میزان فعالیت کاتالاز نیز در کلیه سطوح نیتروژن به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۴). به‌طور کلی آن‌تی‌اکسیدانت‌ها نقش بسیار مهم و کلیدی در تحمل به تنش گیاهان ایفا می‌کنند. افزایش فعالیت آن‌تی‌اکسیدانت‌های مختلف در اثر بروز تنش‌های محیطی می‌تواند به دلیل اثر سمیت یون کلر (Cl⁻) بر کارایی سیستم فتوسیستم ۲ و یا

دلیل اثر آنتاگونیستی سدیم و نیتروژن باشد که از طریق آن نیتروژن می‌تواند با ممانعت از جذب بیشتر یون سدیم، جذب عناصر ضروری را در شرایط تنش بهبود دهد (Grattan et al., 1999)؛ بنابراین تأمین بهینه عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در شرایط تنش‌های محیطی مختلف از جمله شوری بسیار حائز اهمیت است. افزایش نسبت سدیم به پتاسیم در اثر تنش شوری پیش‌ازاین نیز در پژوهش‌های دیگری به اثبات رسیده است (De Lacerda et al., 2003)؛ De Lacerda et al., 2005؛ Ahmad et al., 2010). با افزایش جذب سدیم در محیط ریشه، از جذب پتاسیم که عنصر ضروری رشد گیاه بوده و برای توسعه و انبساط برگ ضرورت دارد ممانعت می‌شود (Yasar, 2007) که این نتایج نیز با نتایج محققین دیگر که بر روی گیاه ارزن پادزهری انجام شده است، همخوانی دارد (Muhammad et al., 2010). در واقع به دلیل ساختمان مشابه سدیم و پتاسیم و رقابت سدیم برای جایگاه‌های اتصال پتاسیم، فرایندهای متابولیسمی وابسته به پتاسیم در سیتوپلاسم مهار شده که این موضوع بیانگر آن است که مقادیر سدیم سلولی باید در حداقل ممکن نگه داشته شود (Ke Shi-Sheng et al., 2007). به نظر می‌رسد در زمان کاربرد ۳۰ میلی‌گرم نیتروژن و اعمال تنش شوری فشار اسمزی محیط ریشه به حدی بالا رفته است که گیاه حتی در جذب عناصر غذایی مختلف نیز دچار مشکل شده است. البته رابطه بین تنش شوری، تیمارهای مختلف کودی و متعاقب آن جذب عناصر مختلف فرایندی بسیار پیچیده بوده و بستگی به نوع گیاه، شوری و میزان عناصر غذایی در خاک دارد. بیشتر بودن مقدار عددی نسبت سدیم به پتاسیم ریشه در مقایسه با ساقه در اغلب تیمارها (به‌استثنای تیمار ۱۰ میلی‌گرم نیتروژن و شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر) مشاهده شد (جدول ۴) که این مطلب نیز می‌تواند در توانایی تحمل گیاه ارزن پادزهری به تنش شوری حائز اهمیت باشد. هرچه میزان انتقال یون سدیم به قسمت هوایی کمتر باشد، گیاه گندم از توانایی تحمل بیشتری به تنش شوری برخوردار است (Gorham et al., 1987). در واقع گیاه با انتقال مقدار کمتری از یون سدیم به بخش هوایی، از اثرات سمی این یون می‌کاهد (Munns et al., 2008).

پرولین به‌طور کلی نتایج نشان داد با افزایش تنش شوری میزان پرولین نیز افزایش یافت که این افزایش شوری قابل توجه است (Székely et al., 2008). تجمع پرولین یک سازوکار به‌منظور تعدیل پتانسیل اسمزی می‌باشد که در بین گونه‌های مختلف گیاهی متفاوت است و مقدار آن در شرایط تنش‌های محیطی می‌تواند تا ۱۰۰ برابر افزایش یابد (Verbrugen et al., 2008). این نتایج پیش از این نیز توسط محققین دیگری در گیاه ارزن پادزهری گزارش شده است (Muhammad et al., 2010). البته مانند آنتی‌اکسیدانت‌ها میزان تغییرات پرولین بر اساس تنش شوری در سطوح مختلف کودی متفاوت بود.

بیشترین مقدار پرولین با کاربرد ۳۰ میلی‌گرم نیتروژن و شوری ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد (جدول ۴). نکته مهم آنکه میزان پرولین کمتری در برهمکنش ۲۰ میلی‌گرم نیتروژن و سطوح شوری ۹ و ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر در مقایسه با سطوح دیگر نیتروژن تولید شد (جدول ۴) که این نتایج نشان می‌دهد کاربرد کود نیتروژن به مقدار ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک توانسته تا حد زیادی اثرات تنش را کاهش دهد ولی مقدار بالاتر از آن، افزایش فشار اسمزی در محیط ریشه که به دلیل تنش شوری ایجاد شده است را تشدید و در نهایت باعث افزایش پرولین شده است. تجمع پرولین در زمان بروز تنش با ایجاد تعادل اسمزی بین آپوپلاست و واکوئل، سیتوپلاسم را از خسارات ناشی از غشای سلولی محافظت می‌کند (Ashraf et al., 2007). در مجموع گیاهانی که توانایی بالایی در تجمع اسمولیت‌های سازگار مانند پرولین داشته باشند مطمئناً از توانایی بالایی در تحمل به تنش نیز برخوردارند (Koyro, 2006).

نسبت سدیم به پتاسیم ساقه و ریشه به‌طور کلی با اعمال تنش شوری نسبت سدیم به پتاسیم ساقه و ریشه در کلیه سطوح کود نیتروژن افزایش یافت ولی این نسبت‌ها در تیمار کاربرد ۲۰ میلی‌گرم نیتروژن دارای پایین‌ترین مقادیر خود بودند (جدول ۴). به نظر می‌رسد کاربرد ۲۰ میلی‌گرم کود نیتروژن توانسته است تا حد زیادی اثرات منفی تنش شوری که یکی از مهم‌ترین آن‌ها افزایش سدیم است را کاهش دهد. در واقع مصرف کود نیتروژن توانسته است جذب سدیم را کاهش دهد که این پدیده می‌تواند به

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر برهمکنش کود نیتروژن و تنش شوری بر شاخص‌های فیزیولوژیک و نسبت سدیم به پتاسیم ارزن پادزهری.

Table 4. Mean comparison of interaction effect of nitrogen and salinity stress on physiological traits and the ratio of sodium to potassium of Blue Panicgrass.

نیتروژن	شوری	سوپراکسید	پراکسیداز	کاتالاز	پرولین	نسبت	نسبت
(میلی گرم بر کیلوگرم خاک)	(دسی‌زیمنس بر متر)	دیسموتاز (میکرومول بر میلی گرم وزن تازه)	(میکرومول بر میلی گرم وزن تازه)	(میکرومول بر میلی گرم وزن تازه)	(میکرو مول بر میلی گرم)	سدیم/پتاسیم ساقه	سدیم/پتاسیم ریشه
Nitrogen (mg.kg ⁻¹)	Salinity (dS.m ⁻¹)	SOD (μmol.mg FW)	POD (μmol.mg FW)	CAT (μmol.mg FW)	Proline (μmol.mg ⁻¹)	Shoot Na/K ratio	Root Na/K ratio
0	0.4	24.61	14.75	12.37	0.001	0.39	0.37
	9	90.67	37.64	35.01	0.0048	1.26	1.51
	18	146.75	41.29	52.04	0.011	1.75	1.76
10	0.4	38.60	14.72	13.81	0.003	0.36	0.43
	9	129.33	42.84	41.01	0.0044	1.33	1.22
	18	178	48.80	86.86	0.013	1.44	1.67
20	0.4	43.33	16.26	14.41	0.002	0.34	0.44
	9	133.33	77.96	54.84	0.0080	0.56	0.65
	18	172.69	78.85	86.25	0.0088	0.71	0.77
30	0.4	70.67	18.47	14.88	0.0005	0.20	0.33
	9	313.33	83.08	86.20	0.009	1.79	2.22
	18	339.33	91.02	92.11	0.026	1.84	2.54
LSD 5%		69.56	7.82	5.38	0.0018	0.33	0.28

فعالیت آنتی‌اکسیدانت‌ها و مقدار پرولین به دست آمد؛ ولی هرچه مقدار این مواد در گیاه بیشتر باشد به معنی اتکای گیاه جهت تنظیم اسمزی به این ترکیبات آلی است و هزینه افزایش این ترکیبات بیشتر و در نتیجه محصول تولیدی کاهش خواهد یافت.

قدردانی

از مرکز حمایت از فعالیت‌های علمی دانشجویان دانشگاه شیراز و انجمن علمی بخش زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز تشکر می‌گردد.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی در شرایط شوری ۹ و ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر، کاربرد نیتروژن تا مقدار ۲۰ میلی‌گرم توانست با کاهش جذب سدیم و تقویت رشد و نمو و در نهایت بهبود شاخص‌های مورفولوژیک گیاه، اثرات منفی تنش شوری را کاهش دهد ولی مصرف بیشتر کود نیتروژن (۳۰ میلی‌گرم) با افزایش فشار اسمزی محیط ریشه باعث کاهش شاخص‌های مختلف رشدی گیاه شد. اگرچه در زمان کاربرد ۳۰ میلی‌گرم نیتروژن و شوری ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین

منابع

- Aalipour, R., Jalili, R., Valiloo, R., Khalilimahalleh, J., 2011. The effect of nitrogen, potassium and salinity Levels on some morphological and physiological traits of corn (S.C.704). Journal of Research in Crop Sciences. 3(10), 17-32. [In Persian].
- Ahmad, M.S.A., Ashraf, M., Ali, Q., 2010. Soil salinity as a selection pressure is a key determinant for the evolution of salt tolerance in Blue Panicgrass (*Panicum antidotale* Retz.). Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants. 205, 37-45.
- Apel, K., Hirt, H., 2004. Reactive oxygen species: metabolism oxidative stress and signaling transduction. Annual Review of Plant Biology. 55, 373-399.
- Ashraf, M., Foolad, M.R., 2007. Improving plant abiotic-stress resistance by exogenous application of osmoprotectants glycine betaine and proline. Environmental and Experimental Botany. 59, 206-216.
- Bagci, S.A., Ekiz, H., Yilmaz, A., 2003. Determination of the salt tolerance of some barley genotypes and the characteristics

- affecting tolerance. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 27(5), 253-260.
- Bates, L.S., Waldren, R.P., Teare, I.D., 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*. 39, 205-207.
- Bowler, C., Slooten, L., Vandenbranden, S., De Rycke, R., Botterman, J., Sybesma, C., Van Montagu, M., Inzé, D., 1991. Manganese superoxide dismutase can reduce cellular damage mediated by oxygen radicals in transgenic plants. *The EMBO Journal*. 10(7), 1723-1732.
- Britton, C., Mehley, A., 1955. Assay of catalase and peroxidase. *Methods in Enzymology*. 2, 764-775.
- Cavalcanti, F.R., Lima, J.P., Ferreira-Silva, S.L., Viegas, R.A., Silveria, J.A.G., 2007. Roots and leaves display contrasting oxidative response during salt stress and recovery in cowpea. *Journal of Plant Physiology*. 164, 591-600.
- Craine, J.M., 2005. Reconciling plant strategy theories of Grime and Tilman. *Journal of Ecology*. 93, 1041-1052.
- De- Lacerda, C.F., Cambraria, J., Olive, M.A., Ruiz, H.A., 2005. Changes in growth and in solute concentrations in sorghum leaves and roots during salt stress recovery. *Environmental and Experimental Botany*. 54, 69-76.
- De- Lacerda, C.F., Cambraria, J., Olive, M.A., Ruiz, H.A., Prisco, J.T. 2003. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotype under salt stress. *Environmental and Experimental Botany*. 49, 107-120.
- Dehindsa, R.S., Dehindsa, P.P., Thorpe, T.A., 1981. Leaf Senescence: Correlated with Increased Levels of Membrane Permeability and Lipid Peroxidation, and Decreased Levels of Superoxide Dismutase and Catalase. *Journal of Experimental Botany*. 32(1), 93-101.
- Dordas, C.A., Sioulas, C., 2008. Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rainfed conditions. *Industrial Crops and Products*. 27, 75-85.
- Durey, R.S., Pessaraki, M., 1995. Physiological mechanism of nitrogen absorption and assimilation in plants under stress conditions. PP. 605- 625. *In: Pessaraki (Ed.), Handbook of Plant and Crop Physiology*. Macel Dekker Inc., New York.
- Emam, Y., Niknezhad, M., 2012. An Introduction to the Physiology of Crop Yield (Translation). 3rd ed., Shiraz University Press. 571p. [In Persian].
- Eshghizadeh, H.R., Kafi, M., Nezami, A., Khoshgoftar manesh, A.H., 2014. Effect of salinity on leaf water status, proline and total soluble sugar concentration and activity of antioxidant enzymes in panic grass. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*. 5(18), 11-24. [In Persian].
- Esmaili, E., Homae, M., Malakouti, M.J., 2005. Interactive Effect of Salinity and Two Nitrogen Fertilizers on Growth and Chemical Composition of Sorghum. *Iranian Journal of Soil and Water Sciences*. 19(1), 126-127. [In Persian with English Summary].
- FAO. 2002. *Panicum antidotale* Retz. Grassland Index. Available online at: <http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGP/AGPC/doc/GBASE/data/pf000275.htm>.
- Flores, P., Carvajal, M., Cerda, A., Martinez, V., 2001. Salinity and ammonium / nitrate interactions on tomato plant development, nutrition, and metabolites. *Journal of Plant Nutrition*. 24, 1561-1573.
- Gorham, J., Hardy, C., Wynjones, R.G., Joppa, L.R., Law, C.N., 1987. Chromosomal location of a K/Na discrimination character in the D genomes of wheat. *Theoretical and Applied Genetics*. 74, 545-588.
- Grattan, S.R., Grieve, C.M., 1999. Salinity – mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*. 78, 127 – 157.
- Heidari, M., Nadeyan, H.A., Bakhshandeh, A.M., Alemisaeid, Kh., Fathi, G.A., 2007. Effects of Salinity and Nitrogen Rates on Osmotic Adjustment and Accumulation of Mineral Nutrients in Wheat. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*. 11(40), 193-211. [In Persian with English Summary].
- Khajehpour, M.R., 2010. Principles and Fundamentals of Crop Production (3rd ed). Jahad Daneshgahi Press. 631p. [In Persian].
- Koyro, H.W., 2006. Effect of salinity on growth, photosynthesis, water relations and solute composition of the potential cash crop halophyte *Plantago coronopus* (L.).

- Environmental and Experimental Botany. 56, 136-146.
- Levin, S.A., Mooney, H.A., Field, C., 1989. The dependence of plant root: shoot ratios on internal nitrogen concentration. *Annals of Botany*. 64, 71-75.
- Maghsoumi Holasoo, S., Pourakbar, L., 2014. The effects of salinity stress on the growth and some physiological parameters of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. *Iranian Journal of Plant Biology*. 6(19), 31-42. [In Persian with English Summary].
- Mane, A.V., Deshpande, T.V., Wagh, V.B., Karadge, B.A., Samant, J.S., 2011. A critical review on physiological changes associated with reference to salinity. *International Journal of Environmental Science*. 1(6), 1192-1216.
- Meneguzzo, S., Navari-Izzo, F., Izzo, R., 1999. Antioxidative responses of shoots and roots of wheat to increasing NaCl concentrations. *Journal of Plant Physiology*. 155, 274-280.
- Muhammad, S.A.A., Muhammad, A., Qasim, A., 2010. Soil salinity as a select ion pressure is a key determinant for the evolution of salt tolerance in Blue Panic grass (*Panicum antidotale* Retz.). *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*. 205, 37-45.
- Munns, R., Tester, M., 2008. Mechanisms of Salinity Tolerance. *Annual Review of Plant Biology*. 59, 651-681.
- Namdari, A., Poustini, K., Heidari sharifabad, H., 2011. Effect of Salinity Stress and Nitrogen Source on Nitrogen Remobilization in Two Alfalfa Cultivars. *Iranian Journal of Field Crop Science*. 42, 555-564. [In Persian with English Summary].
- Netondo, G.W., Onyango, J.C., Beck, E., 2004. Sorghum and Salinity: II. Gas exchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress. *Crop Science*. 44, 806-811.
- Niknam, S., McComb, J., 2000. Salt tolerance screening of selected Australian woody species: a review. *Forest Ecology and Management*. 139(1), 1-19.
- Pandolfi, C., Stefano Mancuso, S., Shabala, S., 2012. Physiology of acclimation to salinity stress in pea (*Pisum sativum*). *Environmental and Experimental Botany*. 84, 44-51.
- Robinson, P.H., Grattan, S.R., Getachew, G., Grieve, C.M., Poss, J.A., Suarez, D.L., Benes, S. E., 2004. Biomass accumulation and potential nutritive value of some forages irrigated with saline-sodic drainage water. *Animal Feed Science and Technology*. 11, 175-189.
- Sarwar, M., Nisa, M., Khan, M.A., Mushtaque, M., 2006. Chemical composition, herbage yield and nutritive value of *Panicum antidotale* and *Pennisetum orientale* for Nili buffaloes at different clipping intervals. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*. 19, 176-180.
- Sze'kely, G., Abraham, E., Cseplo, A., Rigo, G., Zsigmond, L., Csiszar, J., Ayaydin, F., Strizhov, N., Jasik, J., Schmelzer, E., Koncz, C., Szabados, L., 2008. Duplicated P5CS genes of Arabidopsis play distinct roles in stress regulation and developmental control of proline biosynthesis. *Plant Journal*. 53, 11-28.
- Tantawy, A.S., Abdel-Mawgoud, A.M.R., El-Nemr, M.A., Ghorra, Y., 2009. Alleviation of salinity effects on tomato plants by application of amino acids and growth regulators. *European Journal of Scientific Research*. 30, 484-494.
- Verbruggen, N., Hermans, C., Proline accumulation in plants: a review. *Amino Acids*. 35, 753-759.
- Xu, Y.F., Zhang, W., Liu, D.Y., Yue, S.C., Cui, Z.L., Chen, X.P., Zou, C.Q., 2014. Effects of nitrogen management on root morphology and zinc translocation from root to shoot of winter wheat in the field. *Field Crops Research*. 161, 38-45.
- Yasar, F., 2007. Effects of salt stress on ion and lipid peroxidation content in green beans genotypes. *Asian Journal of Biochemistry*. 19(2), 1165-1169.
- Zhang, H., Xue, Y., Wang, Z., Yang, J., Zhang, J., 2009. An alternate wetting and moderate soil drying regime improves root and shoot growth in rice. *Crop Science*. 49, 2246-2260.
- Zhu, J.K., 2003. Regulation of ion homeostasis under salt stress. *Current Opinion in Plant Biology*. 6, 441-445.