

تأثیر شوری و کم آبیاری بر توزیع یونی در بافت‌های مختلف ارقام گندم نان (*Triticum aestivum* L.)

وحید اطلسی پاک^{۱*}، امید بهمنی^۲، سمیرا افشین نیک^۳

۱. استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور

۲. استادیار علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

۳. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۴/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۷/۰۹

چکیده

گیاهان اغلب در مناطق خشک و نیمه‌خشک در معرض شوری و کمبود رطوبت قرار می‌گیرند. شوری و کمبود رطوبت خاک از طریق کاهش پتانسیل آب خاک موجب اختلال در قابلیت تولید گیاهان زراعی می‌شوند. در این پژوهش توزیع یونی و شاخص بهره‌وری آب دو رقم گندم نان (ارگ و تنج) متفاوت از لحاظ تجمع سدیم در رژیم‌های مختلف آبیاری (آبیاری کامل، ۸۵ و ۷۰ درصد نیاز آبی) و سطوح متفاوت شوری (صفر و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) در آزمایش گلخانه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفتند. در تیمار شوری، غلظت سدیم و پتاسیم بافت‌های مختلف رقم ارگ به ترتیب به مقدار ۲۴ و ۱۰ درصد بیشتر از رقم تنج بود. تحت شرایط شوری، کم آبیاری موجب کاهش غلظت سدیم در همه بافت‌ها (۳۶ درصد) گردید. جذب سدیم توسط ریشه هر دو رقم تحت شرایط شوری، مشابه اما غلظت آن در بافت‌های هوایی رقم تنج کمتر بود. در تیمار تنش شوری، غلظت پتاسیم در بافت‌ها تحت تأثیر کم آبیاری تغییری از خود نشان نداد. رقم ارگ تحت تیمار شوری دارای غلظت بالاتری از پتاسیم در پهنک برگ پرچم (۵۱ درصد) بوده و نسبت پتاسیم به سدیم آن نسبت به رقم تنج (۴۶ درصد) بیشتر شد. تیمار شوری موجب کاهش عملکرد دانه (۳۴ درصد) و شاخص بهره‌وری آب (۳۲ درصد) گردید و تحت این شرایط، رقم تنج از این لحاظ کاهش بیشتری از خود نشان داد. به نظر می‌رسد کاهش کمتر شاخص بهره‌وری آب ناشی از تنش شوری در رقم ارگ، به دلیل تحمل بیشتر بافت‌ها نسبت به سدیم باشد؛ بنابراین توسعه ارقامی با خصوصیات مذکور در اراضی شور و یا مناطقی با کیفیت پایین آب آبیاری و دارای محدودیت آب، می‌تواند موجب بهبود شاخص بهره‌وری آب گردد.

واژه‌های کلیدی: تعلق، رژیم‌های آبیاری، شاخص بهره‌وری آب، غلظت سدیم

مقدمه

می‌شوند، ضروری است که مکانیسم‌های فیزیولوژیک اثرات کمبود رطوبت و تنش اسمزی بر کاهش رشد گیاه مورد بررسی قرار گیرد (Setter et al., 2016). تحت شرایط شوری، توزیع غیریکنواختی از یون‌ها در برگ‌های مختلف و نیز در بخش‌های مختلف یک برگ مثل پهنک و غلاف ملاحظه می‌گردد (Munns et al., 2016). شرایط تعلق در گیاه تأثیر عمده‌ای بر انتقال سدیم و تحمل گیاه به شوری دارد. سدیم از طریق جریان تعلق وارد آوند چوبی ریشه شده و به اندام هوایی

افزایش پی‌درپی دوره‌های خشکی در بیشتر مناطق و مشکلات مرتبط با شوری آب آبیاری منجر به وقوع خشکی و شوری در زمین‌های کشاورزی می‌گردد که در نهایت باعث بروز عوامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی می‌شود (Jiang et al., 2013). درک چگونگی واکنش گیاه به خشکی و شوری و ترکیب این دو می‌تواند نقش عمده‌ای در ثبات عملکرد گیاهان زراعی داشته باشد (Chaves et al., 2009). از آنجاکه خشکی و شوری موجب کاهش پتانسیل آب خاک

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۴ تحت شرایط گلخانه‌ای در دانشگاه پیام نور مرکز همدان به اجرا درآمد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار و به‌صورت گلدانی اجرا گردید. فاکتور اول شامل سطوح شوری (صفر و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم)، فاکتور دوم سطوح آبیاری (آبیاری کامل، ۸۵ و ۷۰ درصد نیاز آبی) و فاکتور سوم ارقام گندم نان (متفاوت از لحاظ تجمع سدیم در اندام هوایی، ارگ و تجن) بود (Poustini and Siosemardeh, 2004; Atlassi Pak and Bahmani, 2017). دمای گلخانه در روز حدود ۲۴ و در شب ۱۶ درجه سانتی‌گراد بود. میزان تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) در گلخانه حدود ۹۰۰-۱۰۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه و رطوبت ۵۳ درصد بود. بذور سالم، هم‌اندازه و هم‌وزن توسط هیپوکلریت سدیم ۱٪ (حجمی-حجمی) ضدعفونی شده و سپس در داخل گلدان‌ها (قطر ۲۵ سانتی‌متر) که حاوی مخلوطی از خاک با بافت لومی شنی، کود دامی و ماسه (به نسبت ۱:۱:۱) بودند کشت گردید. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ ارائه گردیده است. هر واحد آزمایشی شامل ۶ گلدان به قطر ۲۰ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر بود. در هر گلدان ۱۲ بذر کشت گردید که پس از استقرار کامل با عملیات تنک کاری در هر گلدان ۵ بوته باقی ماند. تعداد نهایی بوته‌ها در هر واحد آزمایشی ۳۰ عدد بود. پس از ظهور کامل برگ چهارم، تیمارهای کم‌آبیاری و شوری اعمال شد. میزان آب آبیاری در هر دور با توجه به رابطه زیر تعیین گردید:

$$D_n = (fc - pwp) \cdot MAD \cdot R \quad [1]$$

که در آن D_n عمق آب آبیاری، fc رطوبت در نقطه زراعی، pwp رطوبت در نقطه پژمردگی، MAD تخلیه مجاز رطوبتی و R عمق ریشه است (Gontia and Tiwari, 2008).

جهت متعادل نگه‌داشتن شوری منطقه ریشه با توجه به تیمارهای کاربردی، کسر آبشویی (۱۰ درصد نیاز خالص آبیاری) در همه تیمارها لحاظ گردید (Southorn, 1997; Kazuhiro et al., 2009). مقدار محاسبه‌شده نمک کلرید سدیم جهت تهیه شوری ۱۵۰ میلی‌مولار در آب حل‌شده و در دور آبیاری مشخص به گلدان‌ها اعمال گردید. به‌منظور برآورد تغییرات هدایت الکتریکی محلول زهکش گلدان‌ها، زیر هر گلدان ظروفی قرار داده تا محلول زهکش در آن نگهداری گردد و هدایت الکتریکی این محلول برای هر گلدان یک‌مرتبه در هفته اندازه‌گیری شد و هدایت الکتریکی بستر کاشت با

منتقل می‌گردد؛ بنابراین تحمل گیاه به شوری به میزان تعرق گیاه و پتانسیل آب برگ بستگی دارد (Munns and Tester, 2008). افزایش تعرق موجب افزایش تجمع سدیم در اندام هوایی شده و این امر می‌تواند آسیب بیشتری را هم در بخش‌های روزنه‌ای و هم غیر روزنه‌ای به همراه داشته باشد. کم‌آبیاری و شوری هرکدام به‌طور متفاوتی روابط یونی در گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Jiang et al., 2013). به عقیده برخی محققین با کاهش میزان رطوبت خاک، قابلیت دسترسی گیاه به پتاسیم کاهش می‌یابد اما برخی گزارش‌ها نشان می‌دهد که شوری موجب افزایش غلظت پتاسیم در برگ‌های در حال رشد گندم می‌گردد (Hu et al., 2006). نتایج برخی آزمایش‌ها نشان داده است که کم‌آبیاری موجب کاهش جذب برخی از عناصر شده اما بر غلظت پتاسیم بافت‌ها بی‌تأثیر است (Ahmed et al., 2015). برخی محققین معتقدند تحت شرایط شوری، کاهش تعرق غلظت سدیم بافت‌های گندم در ارقام متحمل را به مقدار ناچیزی کاهش می‌دهد اما در ارقام حساس غلظت سدیم بافت‌ها به مقدار زیادی کاهش می‌یابد (Munns et al., 2010). در مناطق خشک و نیمه‌خشک آب آبیاری دارای کیفیت پایینی بوده و خاک‌ها نیز در معرض شوری قرار می‌گیرند (Chaves et al., 2009). تحت چنین شرایطی استفاده از ارقامی که دارای شاخص بهره‌وری آب بالاتری باشند ضروری به نظر می‌رسد (Hsiao et al., 2007). در این شرایط کم‌آبیاری و آبیاری با آب شور به‌طور متداول در کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد و البته کم‌آبیاری می‌تواند موجب افزایش شاخص بهره‌وری آب در گندم گردد (Jiang et al., 2013)؛ بنابراین می‌توان گفت ترکیب شوری و کم‌آبیاری از طریق قابلیت دسترسی عناصر موجب اختلال در روابط یونی گیاه می‌گردد. تاکنون مطالعات متعددی بر روی تأثیر کمبود آب و شوری و ترکیب آن‌ها بر میزان جذب عناصر غذایی در گندم انجام شده است اما تأثیر این عوامل بر توزیع یونی در این گیاه مورد بررسی قرار نگرفته است. هدف از انجام این تحقیق بررسی توزیع یونی در بافت‌های مختلف دو رقم گندم نان متفاوت از لحاظ تجمع سدیم اندام هوایی تحت شرایط شوری، کم‌آبیاری و ترکیب این دو است تا مشخص گردد که آیا شرایط کم‌آبیاری در گیاه گندم می‌تواند بر توزیع یونی تأثیرگذار باشد یا خیر؛ ضمن اینکه واکنش ارقام مختلف از لحاظ تجمع یون سدیم تحت این شرایط مورد مقایسه قرار گرفته و تأثیر نحوه توزیع یونی بر شاخص بهره‌وری آب بررسی گردد.

لحاظ کردن کسر آبشویی به میزان مطلوب حفظ گردید (Southorn, 1997; Rahnema et al., 2011b). برای تیمار شوری ۱۵۰ میلی‌مولار، مقدار شوری آب زهکش به‌طور میانگین حدود ۱۹/۵ دسی‌زیمنس بر متر بود.

هفت هفته پس از اعمال تیمارها از هر واحد آزمایشی ۱۰ بوته به‌منظور اندازه‌گیری غلظت سدیم و پتاسیم برداشت گردید و بوته‌ها پس از تفکیک به ریشه، پهنک‌برگ سوم، پهنک‌برگ پرچم و غلاف برگ پرچم با آب مقطر مورد شستشو قرار گرفته و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شد. منظور از برگ سوم در این آزمایش سومین برگ بعد از برگ پرچم است. پس از توزین با ترازوی دقیق جهت تجزیه یون‌های سدیم و پتاسیم از روش اسید استیک ۰/۱ نرمال استفاده شد و اندازه‌گیری یون‌ها در اندام‌های مختلف به‌صورت جداگانه توسط دستگاه فلیم فتومتر (JENWAY PFP7, UK) انجام گرفت (Atlassi, 2017). در این روش ابتدا ۰/۱ گرم

نمونه گیاهی آسیاب شده را درون فالکون ریخته و ۱۰ میلی‌لیتر اسید استیک ۰/۱ نرمال به آن اضافه نموده و در محیط آزمایشگاه به مدت ۲۴ ساعت به حالت سکون قرار می‌دهیم. پس از عبور دادن نمونه‌ها از کاغذ صافی آن‌ها را با دستگاه نشر شعله‌ای قرائت می‌نماییم. اعمال تیمارها بر بوته‌های باقیمانده تا مرحله رسیدگی ادامه یافت. در پایان فصل رشد ۲۰ بوته باقیمانده در هر واحد آزمایشی به‌منظور اندازه‌گیری وزن خشک ریشه و عملکرد برداشت شدند. بدین منظور ابتدا ریشه از ساقه جدا گردیده و سپس وزن خشک ریشه‌ها و عملکرد محاسبه و اندازه‌گیری شد. جداسازی ریشه‌ها از خاک از طریق اشباع کردن خاک به همراه ریشه در آب و شستشوی ریشه با آب صورت گرفت (Rahnema et al., 2016). شاخص بهره‌وری آب نیز با توجه به نسبت عملکرد دانه به میزان آب مصرفی تعیین گردید. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) انجام شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD استفاده گردید.

جدول ۱. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1. Physical and chemical characteristic of soil

ویژگی‌ها	Characteristic	واحد Unit	
فیزیکی Physical	شن	Sand	60
	سیلت	Silt	28
	رس	Clay	12
	چگالی ظاهری	ρ_b	(g/cm ³) 1.27
	رطوبت حجمی اشباع	θ_s	% 0.43
شیمیایی Chemical	هدایت الکتریکی عصاره اشباع	EC _e	(dS/m) 1.98
	بی‌اچ	pH	— 8.01
	نسبت سدیم جذبی	SAR	(meq/l) ^{1/2} 0.97
	سدیم	Na ⁺	(meq l ⁻¹) 3.5
	کلسیم+منیزیم	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	26.03

نتایج

نتایج تجزیه واریانس در جدول ۲ و ۳ ارائه شده است. اثر برهمکنش شوری در آبیاری نشان داد وزن خشک ریشه در شوری صفر میلی‌مولار با افزایش تیمار کم‌آبایی ابتدا بدون تغییر و در ۷۰ درصد نیاز آبی به مقدار ۱۵ درصد کاهش یافت، در صورتی‌که در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار مقدار وزن

خشک ریشه در تیمار ۷۰ درصد نیاز آبی افزایش معنی‌داری (۳۷ درصد) نسبت به شاهد از خود نشان داد (جدول ۴). سدیم ریشه در شوری صفر میلی‌مولار با افزایش کم‌آبایی تغییری از خود نشان نداد اما در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار با افزایش کم‌آبایی میزان جذب سدیم توسط ریشه از ۶۱۵ به ۳۱۳ میکرومول بر گرم ماده خشک کاهش یافت که این

کاهش حدود ۵۰ درصد بود. مقدار پتاسیم ریشه در تیمار شوری ۱۵۰ میلی‌مولار نتیجه‌ای متفاوت با مقدار سدیم از خود نشان داد به شکلی که در تیمار شوری با افزایش کم-آبیاری تغییر در مقدار پتاسیم ملاحظه نگردید اما در شوری صفر میلی‌مولار تیمار کم‌آبیاری موجب کاهش جذب پتاسیم (۲۲ درصد) توسط ریشه در مقایسه با شاهد گردید. مقدار سدیم برگ پرچم در شوری صفر میلی‌مولار با افزایش کم-

آبیاری تغییری از خود نشان نداد اما در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار غلظت سدیم در برگ پرچم همان‌گونه که انتظار می‌رفت با افزایش کم‌آبیاری کاهش معنی‌داری از خود نشان داد و از ۲۱۰ به ۱۴۳ میکرومول بر گرم ماده خشک رسید (جدول ۴). اثر برهمکنش آبیاری در رقم نشان داد مقدار سدیم برگ پرچم در ارقام مختلف تحت تیمار کم‌آبیاری کاهش داشت (جدول ۵).

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر سطوح مختلف شوری و رژیم‌های آبیاری بر صفات مورد مطالعه در ارقام گندم
Table 2. The result of analysis of variance (Mean of squares) for effect of salinity levels and irrigation regimes on traits under study in wheat cultivars

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	سدیم غلاف برگ		پتاسیم برگ	نسبت پتاسیم به سدیم برگ سوم
			پرچم Flag leaf sheath Na ⁺	سدیم برگ سوم 3 rd leaf blade Na ⁺	سوم 3 rd Leaf blade K ⁺	سدیم برگ سوم K ⁺ /Na ⁺ in 3 rd leaf blade
Salinity (S)	شوری	1	7251**	81393**	1069455**	166**
Irrigation (I)	آبیاری	2	2487**	14108**	3628 ^{ns}	0.41 ^{ns}
Cultivar (C)	رقم	1	2288**	5305**	1613 ^{ns}	3.5**
S×I	شوری × آبیاری	2	4266**	23763**	34576*	11**
I×C	آبیاری × رقم	2	2281**	294 ^{ns}	30644*	0.94 ^{ns}
S×C	شوری × رقم	1	0.65 ^{ns}	2.1 ^{ns}	403 ^{ns}	2.5*
S×I×C	شوری × آبیاری × رقم	2	1543**	710 ^{ns}	52722**	0.94 ^{ns}
Error	خطا	22	239	288	6323	0.48
CV(%)	ضریب تغییرات (%)		12.1	9.5	11.4	14.8

Table 2. Continued

جدول ۲. ادامه

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	نسبت سدیم غلاف به پهنک برگ پرچم		شاخص بهره‌وری آب
			Ratio of flag leaf sheath Na ⁺ to blade	عملکرد دانه Grain yield	WP
Salinity (S)	شوری	1	0.014 ^{ns}	1.99**	1.03**
Irrigation (I)	آبیاری	2	0.009 ^{ns}	0.34**	0.01 ^{ns}
Cultivar (C)	رقم	1	0.001 ^{ns}	0.52**	0.23**
S×I	شوری × آبیاری	2	0.04 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.05 ^{ns}
I×C	آبیاری × رقم	2	0.37**	0.06 ^{ns}	0.01 ^{ns}
S×C	شوری × رقم	1	0.003 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.02 ^{ns}
S×I×C	شوری × آبیاری × رقم	2	0.04 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.01 ^{ns}
Error	خطا	22	0.04	0.05	0.02
CV(%)	ضریب تغییرات (%)		20	17	17

ns, *, ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, *, **: Not significant, significant at 5% and 1% levels of probability, respectively

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر سطوح مختلف شوری و رژیم‌های آبیاری بر صفات مورد مطالعه در ارقام گندم

Table 3. The result of analysis of variance (Mean of squares) for effect of salinity levels and irrigation regimes on traits under study in wheat cultivars

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	وزن خشک	نسبت پتاسیم به	پتاسیم	سدیم ریشه
			ریشه Root DW	ریشه Root Na ⁺	ریشه Root K ⁺	ریشه Root K ⁺ /Na ⁺ ratio
Salinity (S)	شوری	1	46**	1016991**	153867**	32**
Irrigation (I)	آبیاری	2	0.84 ^{ns}	71694**	7117*	0.20 ^{ns}
Cultivar (C)	رقم	1	34**	3139 ^{ns}	32360**	0.55*
S×I	شوری × آبیاری	2	5.43**	67862**	11116**	0.75**
I×C	آبیاری × رقم	2	2.41 ^{ns}	1890 ^{ns}	950 ^{ns}	0.59**
S×C	شوری × رقم	1	1.90 ^{ns}	554 ^{ns}	5961 ^{ns}	0.57*
S×I×C	شوری × آبیاری × رقم	2	1.66 ^{ns}	1271 ^{ns}	2005 ^{ns}	0.51**
Error	خطا	22	0.79	2250	1639	0.09
CV(%)	ضریب تغییرات (%)		16.9	15	16	19

Table 3. Continued

جدول ۳. ادامه

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	سدیم برگ	پتاسیم برگ	نسبت پتاسیم به
			پرچم Flag leaf Na	پرچم Flag leaf K ⁺	سدیم برگ پرچم Flag leaf K ⁺ /Na ⁺ ratio ⁺
Salinity (S)	شوری	1	4976*	173889**	28**
Irrigation (I)	آبیاری	2	4547*	44898*	0.63 ^{ns}
Cultivar (C)	رقم	1	3130 ^{ns}	1164960**	27**
S×I	شوری × آبیاری	2	5421**	15232 ^{ns}	6.7**
I×C	آبیاری × رقم	2	4346*	14829 ^{ns}	5.3*
S×C	شوری × رقم	1	552 ^{ns}	141376**	7.7**
S×I×C	شوری × آبیاری × رقم	2	65 ^{ns}	12998 ^{ns}	1.6 ^{ns}
Error	خطا	22	950	11183	1.08
CV(%)	ضریب تغییرات (%)		18.9	13.3	19.2

ns, *, **: Not significant, significant at 5% and 1% levels of probability, respectively

جدول ۴. مقایسه میانگین برهمکنش شوری در آبیاری برای صفات اندازه گیری شده

Table 4. Mean comparison of the effect of salinity levels and irrigation regimes on some parameters

شوری Salinity	آبیاری Irrigation	وزن خشک		نسبت پتاسیم به		پتاسیم برگ	
		ریشه Root DW	سدیم ریشه Root Na ⁺	پتاسیم ریشه Root K ⁺	سدیم ریشه Root K ⁺ /Na ⁺ ratio	سدیم برگ پرچم Flag leaf Na	پرچم Flag leaf K ⁺
mM NaCl	%	g ⁻¹ plant	----- μmol g ⁻¹ DW -----			----- μmol g ⁻¹ DW -----	
0	100	1.06 ^{ab}	144 ^d	376 ^a	2.7 ^a	139 ^b	970 ^a
	85	1.10 ^a	137 ^d	278 ^b	2 ^b	130 ^b	790 ^b
	70	0.91 ^{bc}	139 ^d	297 ^b	2.1 ^b	155 ^b	820 ^b
150	100	0.58 ^e	615 ^a	183 ^c	0.3 ^c	210 ^a	749 ^b
	85	0.63 ^{de}	500 ^b	206 ^c	0.49 ^c	143 ^b	699 ^b
	70	0.80 ^{cd}	313 ^c	171 ^c	0.54 ^c	143 ^b	714 ^b

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

Table 4. Continued

جدول ۴. ادامه

نسبت سدیم غلاف به پهنک برگ پرچم							نسبت پتاسیم به سدیم برگ پرچم
شوری	آبیاری	سدیم برگ پرچم	سدیم غلاف برگ پرچم	سدیم برگ سوم	پتاسیم برگ سوم	سدیم برگ سوم	نسبت پتاسیم به سدیم برگ سوم
Salinity	Irrigation	Flag leaf K ⁺ /Na ⁺ ratio	Flag leaf sheath Na ⁺	3th leaf blade Na ⁺	3th leaf blade K ⁺	K ⁺ /Na ⁺ in 3th leaf blade	Ratio of flag leaf sheath Na ⁺ to blade
mM NaCl	%	(μmol g ⁻¹ DW)					
0	100	7.0 ^a	107 ^b	117 ^c	946 ^a	8.1 ^a	0.81 ^a
	85	6.2 ^{ab}	118 ^b	136 ^c	810 ^b	5.9 ^b	0.93 ^a
	70	5.5 ^{bc}	111 ^b	135 ^c	845 ^b	6.3 ^b	0.79 ^a
150	100	3.6 ^d	179 ^a	315 ^a	484 ^c	1.54 ^d	0.86 ^a
	85	5.0 ^{bc}	119 ^b	185 ^b	559 ^c	2.97 ^c	0.85 ^a
	70	4.9 ^c	124 ^b	174 ^b	524 ^c	3.0 ^c	0.94 ^a

جدول ۵. مقایسه میانگین برهمکنش آبیاری در رقم برای صفات اندازه گیری شده

Table 5. Mean comparison of the effect of irrigation regimes and genotypes on some parameters

رقم Cultivar	آبیاری Irrigation %	سدیم برگ پرچم Flag leaf Na	پتاسیم برگ پرچم Flag leaf K ⁺	نسبت پتاسیم به سدیم برگ پرچم Flag leaf K ⁺ /Na ⁺ ratio ⁺
(μmol g ⁻¹ DW)				
ارگ	100	175 ^{ab}	1005 ^a	6.1 ^{ab}
Arg	85	133 ^c	960 ^a	7.2 ^a
	70	180 ^a	945 ^a	5.4 ^{bc}
تجن	100	174 ^{ab}	714 ^b	4.5 ^{cd}
Tajan	85	140 ^{bc}	529 ^c	4.1 ^d
	70	117 ^c	589 ^c	5 ^{bcd}

Table 5. Continued

جدول ۵. ادامه

رقم Cultivar	آبیاری Irrigation	سدیم غلاف برگ	پتاسیم برگ	نسبت سدیم غلاف به	عملکرد دانه Grain yield
		پرچم Flag leaf sheath Na ⁺	سوم 3th leaf blade K ⁺	پهنک برگ پرچم Ratio of flag leaf sheath Na ⁺ to blade	
	%	(μmol g ⁻¹ DW)			(g ⁻¹ plant)
ارگ	100	165 ^a	675 ^{ab}	0.96 ^a	1.66 ^a
Arg	85	126 ^b	745 ^a	0.95 ^a	1.34 ^b
	70	112 ^b	685 ^{ab}	0.65 ^c	1.21 ^{bc}
تجن	100	121 ^b	755 ^a	0.71 ^c	1.25 ^{bc}
Tajan	85	111 ^b	624 ^b	0.83 ^{abc}	1.22 ^{bc}
	70	124 ^b	685 ^{ab}	1.07 ^a	1.02 ^c

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

Means values within a column followed by the same letter are not significantly different (p=0.05) according to the LSD test

مشاهده شد (جدول ۴). تغییر این صفت در ارقام مختلف تحت تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری متفاوت بود به شکلی که در رقم ارگ پتاسیم برگ پرچم در تیمارهای مختلف کم-آبیاری تغییری از خود نشان نداد اما در رقم تجن این صفت

نتایج برهمکنش شوری در آبیاری نشان داد پتاسیم برگ پرچم در تیمار شوری با افزایش کم آبیاری تغییری از خود نشان نداد اما در تیمار صفر میلی مولار شوری با افزایش کم-آبیاری کاهشی حدود ۱۷ درصد در پتاسیم برگ پرچم

(جدول ۵). نتایج برهمکنش شوری در آبیاری نشان داد سدیم برگ سوم در تیمار شوری با افزایش کم‌آبیاری کاهش داشت اما مقدار پتاسیم آن در تیمار شوری دچار تغییری در تیمارهای کم‌آبیاری نشد. مقدار پتاسیم برگ سوم با افزایش کم‌آبیاری در تیمار شاهد شوری کاهش معنی‌داری داشت و روند آن مشابه مقدار پتاسیم ریشه و برگ پرچم بود (جدول ۴). رقم ارگ و تاجن در شرایط شوری از نظر پتاسیم برگ سوم، تحت تأثیر کم‌آبیاری عکس‌العمل متفاوتی از خود نشان دادند. رقم ارگ در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار با افزایش کم‌آبیاری مقدار پتاسیم برگ سوم را نسبت به شرایط نرمال آبیاری به مقدار ۵۷ درصد افزایش داد در صورتی‌که در رقم تاجن تغییرات آن تحت شرایط مشابه غیر معنی‌دار بود (جدول ۷). مقایسه میانگین برهمکنش شوری در آبیاری نشان داد نسبت پتاسیم به سدیم برگ سوم به تبعیت از تغییرات مقدار سدیم پتاسیم آن در تیمار بدون شوری با افزایش کم‌آبیاری کاهش و در تیمار شوری دارای افزایش معنی‌داری بود (جدول ۴). شوری و کم‌آبیاری در این آزمایش موجب کاهش عملکرد دانه شدند. شوری در رقم ارگ و تاجن به ترتیب موجب ۲۵ و ۳۹ درصد کاهش عملکرد دانه شدند (جدول ۶) و تیمارهای کم‌آبیاری به‌طور متوسط در رقم ارگ و تاجن به ترتیب ۲۴ و ۱۰ درصد عملکرد دانه را کاهش دادند. سطوح مختلف کم‌آبیاری در این آزمایش اثر معنی‌داری بر شاخص بهره‌وری آب نداشت اما شوری در رقم ارگ و تاجن به ترتیب ۲۷ و ۴۰ درصد شاخص بهره‌وری آب را کاهش داد (جدول ۶). در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار در هر دو رقم با افزایش کم‌آبیاری کاهش معنی‌داری در شاخص بهره‌وری آب ملاحظه نگردید (جدول ۷).

با افزایش کم‌آبیاری ۱۸ درصد کاهش یافت (جدول ۵). نتایج برهمکنش شوری در آبیاری نشان داد در شوری صفر میلی‌مولار با توجه به کاهش معنی‌دار غلظت پتاسیم برگ پرچم و عدم کاهش سدیم آن با افزایش کم‌آبیاری نسبت پتاسیم به سدیم در این برگ کاهش معنی‌داری از خود نشان داد. با توجه به کاهش معنی‌دار سدیم در تیمار شوری و عدم تغییر مقدار پتاسیم با افزایش کم‌آبیاری نسبت پتاسیم به سدیم برگ پرچم از ۳/۶ به ۴/۹ افزایش یافت (جدول ۴). ضمن اینکه نسبت پتاسیم به سدیم برگ پرچم در رقم ارگ نسبت به تاجن برتری داشت روند تغییرات آن نیز در تیمارهای مختلف آبیاری در این دو رقم متفاوت بود (جدول ۵). شوری موجب کاهش نسبت پتاسیم به سدیم برگ پرچم از ۵/۸ به ۳/۱ در رقم تاجن شد در حالی‌که رقم ارگ از این نظر تحت تأثیر شوری قرار نگرفت (جدول ۶).

سدیم غلاف برگ پرچم در تیمار شاهد شوری با افزایش کم‌آبیاری تغییری نداشت اما در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار مقدار این صفت در تیمارهای کم‌آبیاری نسبت به آبیاری نرمال ۳۰ درصد کاهش داشت (جدول ۴). نتایج نشان داد که سدیم غلاف برگ پرچم در رقم ارگ در تیمار شوری و نرمال آبیاری به‌طور معنی‌داری بیشتر (۲۱۴ میکرومول بر گرم ماده خشک) از بقیه تیمارها (حتی در رقم تاجن) است (جدول ۷). ارقام مختلف در تیمارهای مختلف کم‌آبیاری از نظر نسبت سدیم غلاف به پهنک برگ پرچم رفتار متفاوتی از خود نشان دادند به‌طوری‌که در رقم ارگ مقدار این صفت با افزایش کم‌آبیاری ۳۳ درصد کاهش اما در رقم تاجن ۵۰ درصد افزایش داشت. در تیمار ۷۰ درصد نیاز آبی نسبت سدیم غلاف به پهنک برگ پرچم در هر دو رقم با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار داشت

جدول ۶. مقایسه میانگین برهمکنش شوری در رقم برای نسبت پتاسیم به سدیم برگ پرچم

Table 6. Mean comparison of the effect of salinity levels and Genotype on Flag leaf K⁺/Na⁺ ratio

رقم	شوری	نسبت پتاسیم به سدیم	عملکرد دانه	شاخص بهره‌وری آب
Salinity	رقم	برگ پرچم	Yield	Grain WUE
(mM NaCl)	Cultivar	Flag leaf K ⁺ /Na ⁺ ratio	(g ⁻¹ plant)	(g litre ⁻¹ plant ⁻¹)
0	ارگ	6.6 ^a	1.60 ^a	1.11 ^a
150	Arg	5.8 ^a	1.21 ^b	0.82 ^b
0	تاجن	5.8 ^a	1.44 ^a	1 ^a
150	Tajan	3.1 ^b	0.88 ^c	0.61 ^c

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

Means values within a column followed by the same letter are not significantly different (p=0.05) according to the LSD test

جدول ۷. مقایسه میانگین برهمکنش آبیاری در شوری در رقم برای صفات اندازه‌گیری شده

Table 7. Mean comparison of the effect of irrigation regimes, salinity and genotypes on some parameters

ژنوتیپ Genotype	شوری	آبیاری Irrigation	نسبت پتاسیم به	سدیم غلاف	پتاسیم برگ	عملکرد دانه Yild	شاخص بهره‌وری
	Salinity		سدیم ریشه	برگ پرچم	سوم		آب
	(mM NaCl)		Root K ⁺ /Na ⁺ ratio	Flag leaf sheath Na ⁺	3th leaf blade K ⁺		Grain WUE
		(%)		(μmol g ⁻¹ DW)		(g ⁻¹ plant)	(g litre ⁻¹ plant ⁻¹)
ارگ ARG	0	100	3.4 ^a	116 ^{cd}	981 ^a	1.74 ^a	1.04 ^{abc}
		85	2.1 ^b	134 ^{bc}	860 ^{abc}	1.54 ^{abc}	1.04 ^{abc}
		70	2 ^b	110 ^{cd}	790 ^{bc}	1.51 ^{abc}	1.25 ^a
	150	100	0.32 ^c	214 ^a	368 ^g	1.58 ^{ab}	0.94 ^{bcd}
		85	0.44 ^c	118 ^{bcd}	629 ^{de}	1.15 ^{cde}	0.78 ^{cde}
		70	0.56 ^c	115 ^{cd}	579 ^{ef}	0.92 ^{ef}	0.76 ^{de}
تجن Tajan	0	100	2 ^b	99 ^d	910 ^{ab}	1.53 ^{abc}	0.92 ^{bcd}
		85	1.99 ^b	102 ^d	760 ^{cd}	1.48 ^{abc}	1 ^{abc}
		70	2.1 ^b	113 ^{cd}	900 ^{ab}	1.33 ^{bcd}	1.09 ^{ab}
	150	100	0.28 ^c	144 ^b	599 ^{ef}	0.97 ^{def}	0.58 ^e
		85	0.54 ^c	120 ^{bcd}	489 ^{fg}	0.96 ^{def}	0.65 ^e
		70	0.51 ^c	134 ^{bc}	469 ^{fg}	0.73 ^{ef}	0.60 ^e

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

Means values within a column followed by the same letter are not significantly different (p=0.05) according to the LSD test

بحث

شده است. شوری موجب به هم خوردن تعادل عناصر غذایی می‌شود که دلیل آن رقابت سدیم با عناصری مثل پتاسیم است. کم‌آبیاری و اثرات اسمزی ناشی از شوری از مهم‌ترین عوامل کاهش رشد است که هر دو موجب کاهش پتانسیل آب خاک می‌گردد، البته کم‌آبیاری و شوری هرکدام به‌طور متفاوتی روابط یونی در گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Hu et al., 2006). بررسی‌ها در این آزمایش نشان داد انتقال سدیم از ریشه به اندام هوایی دارای رابطه مستقیم با غلظت آن در ریشه نبوده است؛ یعنی غلظت سدیم اندام هوایی متناسب با افزایش سدیم ریشه افزایش پیدا نکرده است. برخی محققین معتقدند که کم‌آبیاری علاوه بر کاهش جذب سدیم توسط ریشه، موجب کاهش انتقال سدیم از ریشه به اندام هوایی نیز می‌گردد (Hu and Schmidhulter, 2005). در این آزمایش در تیمار شوری غلظت سدیم بافت‌های هوایی کمتر از ریشه بود و کم‌آبیاری کاهشی در غلظت سدیم بافت‌ها به وجود آورد. به نظر می‌رسد کاهش غلظت سدیم بافت‌های هوایی در شرایط شوری تحت کم‌آبیاری به دلیل کاهش انتقال آن از ریشه به بافت‌های مختلف هوایی در اثر کاهش تعرق باشد و گیاه با این مکانیسم توانسته غلظت این یون سمی را در بافت‌های فتوسنتز کننده کاهش دهد. این نتایج توسط محققین دیگر (Hu et al., 2005) نیز مورد تأیید قرار گرفته است. بررسی‌ها نشان داد انتقال بیشتر سدیم از ریشه به اندام

تیمار شوری موجب کاهش وزن خشک ریشه گردید اما تیمار کم‌آبیاری بر آن بی‌تأثیر بود. غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم غلظت مناسبی جهت بروز تنوع ژنتیکی در وزن خشک ریشه در پاسخ به تنش شوری است (Rahnama et al., 2011b). گزارش‌هایی مبنی بر عدم تغییر در ماده خشک ریشه تحت تأثیر تنش کمبود رطوبت در گندم وجود دارد (Lopes and Reynoldes, 2010). برهمکنش شوری در آبیاری نشان داد که در تیمار شوری افزایش کم‌آبیاری موجب افزایش وزن خشک ریشه گردید. رشد ریشه در خاک‌های شور نسبت به اندام هوایی کمتر تحت تأثیر قرار گرفته و گاهی تنش اسمزی حاصل از شوری و کمبود رطوبت موجب افزایش وزن خشک ریشه نسبت به شرایط نرمال می‌گردد که محققین دلیل آن را تحریک رشد ریشه‌های جانبی و یا تحریک رشد طولی ریشه در گندم عنوان نموده‌اند (Shelden et al., 2013). در این آزمایش در تیمارهای کم‌آبیاری در شوری صفر میلی‌مولار به نظر می‌رسد که اثر کاهش پتانسیل اسمزی بر ریشه‌ها به حدی نبوده است که بتواند موجب تغییرات معنی‌داری نسبت به شاهد در وزن خشک آن‌ها گردد اما تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار شوری به همراه کمبود رطوبت ناشی از کم‌آبیاری موجب تحریک رشد ریشه‌های جانبی گردیده و افزایش رشد ریشه را در مقایسه با شرایط نرمال آبیاری باعث

پتاسیم توسط ریشه تحت تنش شوری در این آزمایش کاهش یافت و به تبعیت از آن غلظت پتاسیم در بافت‌های مختلف اندام هوایی نیز کاهش نشان داد، همچنین تیمار کم‌آبیاری نیز موجب کاهش جذب پتاسیم توسط ریشه گردید و این امر غلظت پتاسیم در برگ پرچم را تحت تأثیر قرار داد. کاهش رطوبت خاک از طریق کم‌آبیاری منجر به کاهش میزان انتشار پتاسیم در خاک شده و جذب آن در سطح ریشه را کاهش می‌دهد (Hu et al., 2006). غلظت بالای سدیم در ریشه جذب پتاسیم را محدود می‌نماید و جذب سدیم با پتاسیم رقابت نموده و کاهش جذب آن را در ریشه به دنبال دارد (Shabala and Cuin, 2007). برهمکنش بین شوری و آبیاری نشان داد که در تیمار شوری، کم‌آبیاری تأثیری در کاهش پتاسیم بافت‌های مختلف گندم در این تحقیق نداشته است. به عقیده برخی محققین تحت شرایط شوری و کمبود پتاسیم در برخی ارقام گندم، کم‌آبیاری و شرایط تعرقی بر غلظت پتاسیم بی‌تأثیر است (Muhammad and Asghar, 2012) و در این شرایط برخی ارقام با حفظ بیشتر پتاسیم تحت شرایط کاهش تعرق مکانیسم تحمل خود را افزایش می‌دهند. تحمل به شوری در گندم (Rahnama et al., 2011a) و جو (Wei et al., 2003) با توانایی آن‌ها در حفظ مقادیر بیشتر پتاسیم در بافت‌های هوایی مرتبط است. غلظت پتاسیم در برگ سوم در ارقام مختلف دارای تفاوت معنی‌داری نبود اما مقدار این صفت در برگ پرچم تحت شرایط شوری در رقم ارگ نسبت به تنج دارای برتری بود. توانایی ارقام گندم در انتقال بیشتر پتاسیم به بافت‌های فتوسنتز کننده و جوان با میزان تحمل به شوری آن‌ها مرتبط است (Munns and Gilliam, 2015). رقم ارگ ضمن جذب بیشتر پتاسیم توسط ریشه توانایی بیشتری در انتقال آن به برگ‌های جوان و فتوسنتز کننده نسبت به تنج داشته است. چنانچه نتایج نشان می‌دهد این رقم با حفظ پتاسیم بیشتر در بافت‌های مختلف خود توانسته است که نسبت پتاسیم به سدیم که یکی از ملاک‌های تحمل به شوری در ارقام گندم است (Rahnama et al., 2011a; Byrt et al., 2018) را بالا نگه دارد.

کاهش عملکرد دانه تحت تیمار شوری در هر دو رقم اتفاق افتاد. در سطوح بالای شوری اثرات ویژه یونی از طریق اختلال در فعالیت منبع و تجمع اسیمیلات‌ها عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار داده و موجب کاهش آن خواهد شد (Chaves et al., 2009; Munns et al., 2011). با توجه به بالاتر بودن

هوایی در رقم ارگ دلیل بالاتر بودن غلظت سدیم در غلاف برگ پرچم در این رقم است. البته تجمع سدیم در غلاف برگ پرچم و نگهداری آن در این بافت موجب تأخیر در تجمع یون سدیم در پهنک برگ پرچم می‌گردد (Rahnama et al., 2011b)؛ اما به دلیل بالا بودن سدیم پهنک برگ پرچم در رقم ارگ نسبت به تنج می‌توان گفت که این موضوع را نمی‌توان مکانیسم مطلوبی جهت تحمل در این رقم به حساب آورد. تجمع ترجیحی یون سدیم در غلاف برگ‌ها و تأخیر در تجمع آن در پهنک از مکانیسم‌های تحمل است؛ اما به دلیل اینکه سدیم پهنک برگ پرچم رقم ارگ (باوجود مقدار بالای سدیم غلاف نسبت به تنج) به‌طور نسبی بالا بوده و کاهشی نسبت به تنج نداشته است پس غلاف برگ نتوانسته موجب تأخیر در تجمع سدیم در پهنک برگ گردد. در تیمار ۷۰ درصد نیاز آبی در رقم تنج نسبت سدیم غلاف به پهنک برگ پرچم نسبت به دیگر تیمارها برتری داشت و همین امر باعث گردید مقدار سدیم پهنک برگ پرچم در این تیمار نسبت به بقیه تیمارها پایین‌تر باشد. رقم تنج توانسته است با حفظ بیشتر یون سدیم در غلاف برگ پرچم و ممانعت از ورود آن به پهنک، غلظت این یون سمی را در پهنک برگ پرچم کاهش دهد. این نوع توزیع یونی در گندم در آزمایش‌ها متعددی گزارش گردیده است (Davenport et al., 2005; Atlasi, 2017). تجمع یون سدیم در غلاف برگ پرچم و ممانعت از انتقال آن به پهنک این برگ یکی از عوامل مهم تنوع ژنتیکی در انتقال سدیم به برگ‌های فتوسنتز کننده و جوان در بین ارقام است (Davenport et al., 2005; Rahnama et al., 2011a). نتایج نشان داد که در رقم تنج در تیمار کم‌آبیاری که دارای سدیم کمتری نسبت به ارگ در برگ‌های جوان است، کاهش جریان تعرق موجب افزایش نسبت سدیم غلاف به پهنک برگ پرچم می‌گردد یا به عبارت دیگر با کاهش تعرق کنترل بیشتری بر مقدار سدیم اعمال نموده و ممانعت بیشتری در تجمع سدیم در برگ‌های فتوسنتز کننده و جوان نشان می‌دهد. به هر جهت رقم تنج با نگهداری یون سدیم در ریشه و غلاف برگ پرچم می‌تواند غلظت آن را در پهنک برگ‌های جوان کنترل نماید. تجمع ترجیحی یون سدیم در ریشه و غلاف برگ‌های گندم و نگهداری آن در این بافت‌ها و جلوگیری از انتشار آن به برگ‌های جوان و فتوسنتز کننده می‌تواند به‌عنوان یکی از مکانیسم‌های مهم تحمل پیشنهاد گردد (Renault et al., 2001; Atlasi Pak and Bahmani, 2017). جذب

شاخص بهره‌وری آب در این رقم تحت کمبود رطوبت ناشی از کم‌آبیاری کاهشی از خود نشان نداد و این رقم از لحاظ شاخص بهره‌وری آب تحت تیمار شوری همراه با کم‌آبیاری دارای ثبات بیشتری نسبت به تجن بود. تحمل بالای اسمزی تحت تیمار کم‌آبیاری در رقم تجن نیز مانع از تغییر شاخص بهره‌وری آب گردید. نتایج نشان داده است که تحمل به تنش اسمزی ارقام گندم می‌تواند یکی از عوامل مهم درگیر در بهبود تحمل شوری و کمبود رطوبت باشد (Munns et al., 2016). در این آزمایش به دلیل کاهش مصرف آب آبیاری در تیمارهای کم‌آبیاری تحت تیمار شوری، باوجود کاهش عملکرد دانه، کاهشی در شاخص بهره‌وری آب در هر دو رقم ملاحظه نگردید. در این آزمایش تنش شوری دارای اثرات مضر بیشتری نسبت به اثرات اسمزی حاصل از کم‌آبیاری بر عملکرد دانه بوده است که این به دلیل اثرات مخرب سدیم بر قابلیت باروری و تولید در ارقام مورد آزمایش است.

نتیجه‌گیری

رقم تجن در این آزمایش دارای تحمل بالاتری نسبت به تنش اسمزی کم‌آبیاری بود در صورتی که تحمل بافت‌ها نسبت به سدیم در رقم ارگ برتری داشت؛ اما به دلیل تحمل پایین بافت‌ها، شوری موجب کاهش بیشتری در عملکرد دانه و شاخص بهره‌وری آب در رقم تجن شد. تحمل بالای رقم تجن نسبت به کم‌آبیاری موجب شد تا در نهایت کاهش عملکرد تحت تیمارهای آزمایشی در هر دو رقم به نسبت تقریباً یکسان صورت گیرد. رقم ارگ ثبات بیشتری در شاخص بهره‌وری آب تحت تیمار شوری به همراه کم‌آبیاری داشت. از آنجاکه ارقامی از گندم با تحمل بالای اسمزی و تحمل بالای بافت‌ها نسبت به سدیم، در مناطقی با کیفیت پایین آب آبیاری و یا محدودیت منابع آبی با اعمال مدیریت صحیح در آبیاری، ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب آبیاری دارای ثبات مطلوبی در عملکرد دانه و شاخص بهره‌وری آب می‌باشند، می‌توانند در این شرایط مورد استفاده قرار گیرند.

غلظت سدیم اندام هوایی و کاهش کمتر عملکرد دانه در رقم ارگ تحت تیمار شوری، به نظر می‌رسد تحمل بافت‌ها در این رقم نسبت به یون سمی سدیم بیشتر از تجن است. افزایش محفظه‌بندی سدیم در واکوئل برخی ارقام گندم موجب افزایش تحمل به شوری می‌گردد، از این‌رو این ارقام می‌توانند باوجود غلظت بالاتر سدیم در اندام هوایی نسبت به دیگر ارقام این یون سمی را به‌طور مطلوب‌تری تحمل نمایند (Munns et al., 2016). از آنجاکه در این آزمایش تنش اسمزی کم‌آبیاری عملکرد دانه رقم ارگ را بیشتر از تجن کاهش داده، تحمل اسمزی در این رقم کمتر از تجن بوده است. محققین بالا بودن تحمل اسمزی در اثر کمبود رطوبت و تنش‌های شوری را عامل حفظ رشد و ثبات عملکرد دانه معرفی نموده‌اند (Byrt et al., 2018). به دلیل اینکه شوری در این آزمایش کاهش بیشتری در عملکرد دانه رقم تجن به وجود آورده است، لذا شاخص بهره‌وری آب تحت تأثیر شوری در این رقم کاهش بیشتری (۴۰ درصد) نسبت به رقم ارگ (۲۷ درصد) داشت، در صورتی که با وجود کاهش بیشتر عملکرد دانه تحت تیمار کم‌آبیاری در رقم ارگ، به دلیل کاهش مصرف آب آبیاری، کاهشی در شاخص بهره‌وری آب در این رقم مشاهده نگردید. شوری موجب کاهش هدایت روزنه‌ای گیاه، آسیب به سلول‌های برگ و اختلال در فتوسنتز می‌گردد و از آنجاکه میزان آب تعرق یافته از طریق گیاه با عملکرد رابطه مستقیم دارد بنابراین آبیاری گیاهان با آب شور سبب کاهش پتانسیل عملکرد گیاه می‌گردد (Munns et al., 2016). با افزایش شوری یا اعمال خشکی میزان آب قابل‌دسترس گیاه کاهش می‌یابد لذا این شرایط وضعیت آب و تبادل گازها در کوتاه‌مدت و رشد و عملکرد را در درازمدت کاهش می‌دهد (Katerji et al., 2008). تأثیر شوری در کاهش شاخص بهره‌وری آب در این تحقیق در سایر گزارش‌ها مورد تأیید قرار گرفته است (Jiang et al., 2012; Wang et al., 2015). به هر جهت از آنجاکه همراه با کاهش عملکرد دانه در رقم ارگ تحت تیمار کم‌آبیاری، مصرف آب آبیاری کاهش می‌یابد

منابع

- Ahmed, I.M., Nadira, U.A., Bibi, N., Zhung, G., Wu, F., 2015. Tolerance to combined stress of drought and salinity in barley. In: Mahalingam R. (ed.), Combined Stresses in Plants. Springer, Cham, pp.93-122.
- Atlassi Pak, V., Bahmani, O., 2017. Evaluation of ion distribution in different tissues of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars differing in salt tolerance. Journal of Crop Production and

- Processing. 7(1), 1-16. [In Persian with English Summary].
- Byrt, C.S., Munns, R., Burton, R.A., Gilliam, M., Wege, S., 2018. Root cell wall solutions for crop plants in saline soil. *Plant Science*. 269, 47-55.
- Chaves, M M., Flexas, J., Pinheiro, C., 2009. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. *Annals of Botany*. 103, 551-560.
- Davenport, R., James, R.A., Plogander, A.Z., Tester, M., Munns, R., 2005. Control of sodium transport in durum wheat. *Plant Physiology*. 137(3), 807-818.
- Gontia, N.K., Tiwari, K.N., 2008. Development of crop water stress index of wheat crop for scheduling irrigation using infrared thermometry. *Agricultural Water Management*. 95, 1144-1152.
- Greets, S., Raes, D., 2009. Deficit irrigation and on farm strategy to minimize crop water productivity in dry areas. *Agricultural Water Managment*. 96, 1275-1284.
- Hsiao, T.C., Steduto, P., Fereres, E., 2007. A systematic and quantitative approach to improve water use efficiency in agriculture. *Irrigation Science*. 25, 209-231.
- Hu, Y., Schmidhuter, U., 2005. Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plant. *Journal of Plant Nutrition and soil science*. 168(6), 541-549.
- Hu, Y., Burucs, Z., Schmidhuter, U., 2006. Short-Term effect of drought and salinity on growth and mineral elements in wheat seedlings. *Journal of Plant Nutrition*. 29(12), 2227-2243.
- Jiang, J., Huo, Z.L., Feng, S.F., Zhang, C.B., 2012. Effect of irrigation amount and water salinity on water consumption and water use efficiency of spring wheat in Northwest China. *Field Crops Research*. 137, 78-88.
- Jiang, J., Hou, Z., Feng, S., Kang, S., Wang, F., Zhang, C., 2013. Effects of deficit irrigation with salin water on spring wheat growth and yield in arid Northwest China. *Journal of Arid Land*. 5(2), 143-154.
- Katerji, N., Mastrorilli, M., Rana, G., 2008. Water use efficiency of crops cultivated in the Mediterranean region: Review and analysis. *European Journal of Agronomy*. 28, 493-507.
- Kazuhiro, N., Nasir M.K., Sho S., 2009. Effects of salt accumulation on the leaf water potential and transpiration rate of pot-grown wheat with a controlled saline groundwater table. *Soil Science and Plant Nutrition*. 55, 375-384.
- Lopes, M., Reynoldes, M., 2010. Partitioning of assimilats to dipper roots is associated with cooler canopies and increased yield under drought in wheat. *Functionl Plant Biology*. 37, 147-156.
- Muhammad, W., Asghar, A., 2012. Mechanism of drought tolerance in plant and its management through different methods. *Continental Journal of Agricultural Science*. 5(3), 10-25.
- Munns, R., Tester, M., 2008. Mechanism of Salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59:651-681.
- Munns, R., James, R.A., Sirault, X.A., Furbank, R.T., Jones, H.E., 2010. New phenotyping methods for screening wheat and barley for beneficial responses to water deficit. *Journal of Experimental Botany*. 61(13), 3499-3507.
- Munns, R., Islam, A.R., Colmer T.D., James, R., 2011. *Hordeum marinum*-wheat amphiploids maintain higher leaf K^+/Na^+ and suffer less leaf injury than wheat parents in saline conditions. *Plant and Soil*. 348, 365-377.
- Munns, R., Gilliam, M., 2015. Salinity tolerance of crops-what is the cost? *New Phytologist Journal*. 208(3), 668-73.
- Munns, R., James, R., Gilliam, M., Flowers, T.J., Colmer, T.D., 2016. Tissue tolerance: an essential but elusive trait for salt-tolerant crops. *Functional Plant Biology*. 43, 1103-1113.
- Poustini, K., Siosemardeh, A., 2004. Ion distribution in wheat cultivars in response to salinity stress. *Field Crops Research*. 85(2), 125-133.
- Rahnama, A., Munns, R., Poustini, K., Watt, M., 2011a. A Screening method to identify genetic variation in root growth response to a salinity gradient. *Journal of Experimental Botany*. 62, 69-77.
- Rahnama, A., Poustini, K., Tavakkol-Afshari, R., Alizadeh, H., 2011b. Growth properties and ion distribution in different tissues of bread wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) differing in salt tolerance. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 197, 21-30.
- Rahnama, A., Fakhri, Sh., Meskarbashi, M., 2016. Relation between root growth traits and physiological indices of two bread wheat cultivars under salt stress. *Iranian Journal of*

- Filed Crop Research. 47(1), 109-117. [In Persian with English summary]
- Renault, S., Croser, C., Franklin, J.A., Zwiazek, J.J., 2001. Effect of NaCl and Na₂SO₄ on redosier dogwood (*Cornus stolonifera* Michx.). Plant and Soil. 333(2), 261-268.
- Southorn, N., 1997. Farm Irrigation (Planning and Management). Reed International Books Australia. Inkata press, Port Melbourne. 164p.
- Setter, T.L., waters, I., Stefanova, K., Munns, R., Lennard, E.B., 2016. Salt tolerance, date of flowering and rain effect of productivity of wheat and barley on rainfed saline land. Fields Crops Research. 34, 1-12
- Shabala, S., Cuin, T.A., 2007. Potassium transport and plant salt tolerance. Physiologia Plantarum. 133(4), 651-669.
- Shelden, M., Roesnner, U., Sharp, R.E., Tester, M., Bacic, A., 2013. Genetic variation in the root growth response of barley genotypes to salinity stress. Functional Plant Biology. 40, 516-530.
- Wang, X., Yang, J., Liu, G., Yao, R., Yu, S., 2015. Impact of irrigation volume and water salinity on winter wheat use efficiency and soil salinity distribution. Agricultural Water Management. 149, 44-54.
- Wei, W., Bilsborrow, P.E., Hooley, P., Fincham, D.A., Lombi, E., Forster, B.P., 2003. Salinity induced differences in growth, ion distribution and partitioning in barley between the cultivar Maythorpe and its derived mutant. Plant and Soil. 250, 183-191.