فنآوری تولیدات گیاهی/ جلد نوزدهم/ شمارهٔ دوم/ صفحات ۱۴۳-۱۲۷/ پاییز و زمستان ۹۸
DOI: 10.22084/ppt.2018.14616.1767
Archive of SID

تأثیر سطوح مختلف شوری و رژیم‌های آبیاری روی برخی خصوصیات رشد و کارآیی مصرف آب در ارقام گندم (*Triticum aestivum* L.)

Effect of Different Salinity Levels and Irrigation Regimes on Certain Growth Properties and Water Use Efficiency in Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivars

وحید اطلسی پاک[1*]، امید بهمنی[2] و سمیرا افشین نیک[3]

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۹/۰۸ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۶/۱۳
(مقاله پژوهشی)

چکیده

در این تحقیق واکنش دو رقم گندم نان (ارگ و تجن)، به رژیم‌های آبیاری (آبیاری کامل و ۸۵ درصد نیاز آبی) و سطوح متفاوت شوری (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم) در آزمایشی گلخانه‌ای به‌صورت فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت. زمانی که برگ چهارم به حداکثر سطح خود رسید، تیمارها اعمال گردیدند. شوری ۱۵۰ میلی‌مولار موجب کاهش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه و کارآیی مصرف آب دانه و وزن خشک اندام هوایی گردید. اگرچه کارآیی مصرف آب وزن خشک اندام هوایی و دانه در رقم متحمل ارگ (به‌ترتیب ۳/۹ و ۰/۹۷ گرم در لیتر در بوته) بیش‌تر از رقم حساس تجن (۲/۸ و ۰/۸۵ گرم در لیتر در بوته) بود، اما وزن خشک اندام هوایی ارقام تقریباً به یک نسبت کاهش یافت. تیمار کم آبیاری میزان سدیم بافت‌ها را کاهش داد و موجب افزایش نسبت پتاسیم به سدیم برگ پرچم از ۴/۷۳ به ۵/۳۳ و کارآیی مصرف آب وزن خشک اندام هوایی از ۳/۱ به ۳/۵ گرم در لیتر در بوته شد. سطوح ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار شوری بر عملکرد دانه هر دو رقم بی‌تأثیر بود. در نهایت شوری ۱۵۰ میلی‌مولار در هر دو تیمار آبیاری کامل و کم آبیاری موجب کاهش یکسانی در عملکرد دانه رقم تجن شد، اما بر عملکرد دانه رقم ارگ بی‌تأثیر بود. ازآنجاکه عملکرد دانه ارقام در سطوح متفاوت شوری تحت تأثیر آبیاری قرار نگرفت، بنابراین هر دو رقم دارای تحمل یکسانی نسبت به تنش اسمزی بودند.

واژه‌های کلیدی: تنش اسمزی، سدیم اندام هوایی، عملکرد، وزن خشک ریشه

۱. استادیار، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
۲ و ۳. به‌ترتیب استادیار و دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران
*: نویسنده مسئول Email: v.atlassi@gmail.com
این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد نویسنده سوم به راهنمایی امید بهمنی است.
www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

شوری و کمبود رطوبت از مهم‌ترین عوامل غیرزیستی به‌شمار می‌آید که در مناطق خشک و نیمه‌خشک عملکرد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (*مانز و گیلیام*[1]، 2015). تحت چنین شرایطی تولید در گیاهان زراعی، به‌ویژه آن‌هایی که دارای راندمان مصرف آب پایینی هستند محدود خواهد شد (*سیو*[2] و همکاران، 2007). طبق تعریف، کاربرد آب آبیاری کم‌تر از نیاز کامل آبی گیاهان زراعی، کم آبیاری نامیده می‌شود (*فرریز و سوریانو*[3]، 2007). تحت شرایط مدیترانه‌ای، کم آبیاری در گندم در مقایسه با کشت دیم و زمین‌های تحت آبیاری کامل و دیگر گیاهان زراعی موجب بهبود راندمان مصرف آب (ماده خشک تولید شده در واحد آب مصرفی) می‌شود (*سیو* و همکاران، 2007). در چنین شرایطی گندم با خشکی آخر فصل مواجه شده و عملکرد آن تحت تأثیر قرار می‌گیرد (*گارسیا*[4] و همکاران، 2003). یکی از راه‌های افزایش تولید در مناطق خشک و نیمه‌خشک فراهم نمودن آب جهت آبیاری تکمیلی در مرحله زایشی گیاهان زراعی است (*یوسفی*[5] و همکاران، 2010). در این مناطق ممکن است آب آبیاری دارای کیفیت پایینی بوده و خاک‌ها در معرض شوری قرار گیرند (*چاوز*[6] و همکاران، 2009). بنابراین استفاده از ارقام مقاوم به شوری در چنین شرایطی توصیه می‌گردد (*مانز*[7]، 2002؛ *مانز* و همکاران، 2006). این موضوع در گیاهانی مثل گندم نان که گیاهی استراتژیک بوده و حساسیت آن به شوری در مقایسه با گیاه جو بالا است از اهمیت زیادی برخوردار است (*مانز*، 2002). صفات مرتبط با تحمل به شوری در گیاه گندم در آزمایشات متعددی موردبررسی قرار گرفته است (*مانز* و همکاران، 2012؛ *کوین*[8] و همکاران، 2009؛ *پوستینی و سی و سه مرده*[9]، 2004). تحمل به شوری در گیاه فرایند پیچیده‌ای است که واکنش گیاه به آن بستگی به مرحله رشدی گیاه دارد که تنش شوری در آن مرحله اعمال می‌گردد (*مانز* و همکاران، 2006). تنوع ژنتیکی بالایی بین ارقام گندم نان از لحاظ توانایی دفع سدیم دیده شده است (*مانز* و همکاران، 2000). اگرچه بین میزان تحمل به شوری و غلظت یون سدیم در برگ‌های گندم همبستگی منفی وجود دارد (*مانز و گیلیام*، 2015؛ *مانز* و *تستر*، 2008؛ *زو*[10] و همکاران، 2016)، اما شواهد نشان می‌دهد که غلظت سدیم همیشه نشان‌دهنده تحمل به شوری نبوده و بین غلظت نمک و تحمل به شوری همبستگی وجود ندارد (*مانز* و *تستر*، 2008). این موضوع نشان می‌دهد که بافت‌های گیاه گندم دارای درجه تحمل متفاوتی نسبت به یون سدیم هستند. علاوه‌بر این برهم‌کنش بین کم آبیاری و شوری می‌تواند اثرات ناشی از تنش شوری را تشدید نماید. بنابراین اگرچه ممکن است بروز اثرات ویژه یونی به زمان زیادی نیاز داشته باشد اما اثرات اسمزی می‌تواند باعث پیری زودرس برگ‌ها گردد (*مانز* و همکاران، 2002). درک واکنش گیاه نسبت به تنش هم‌زمان خشکی و شوری می‌تواند نقش مهمی در ثبات عملکرد گیاهان زراعی داشته باشد و بنابراین روش‌های مدیریتی و اصلاح ژنتیکی گیاه می‌توانند ابزاری جهت بهبود راندمان استفاده از منابع (به‌ویژه آب) توسط گیاه باشند (*چاوز* و همکاران، 2009). ازاین‌رو هدف از اجرای این آزمایش بررسی واکنش ارقام متحمل و حساس به شوری گندم نان به کم آبیاری، شوری و اثرات هم‌زمان خشکی و شوری است تا ضمن مقایسه واکنش این ارقام، مشخص گردد کدام رقم در شرایط کم آبیاری و نیز کیفیت پایین آب آبیاری می‌تواند راندمان مصرف آب مطلوب‌تری داشته باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۴ تحت شرایط گلخانه‌ای به اجرا درآمد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار و به‌صورت گلدانی اجرا گردید. فاکتور اول شامل چهار سطح شوری (صفر، ۵۰،۱۰۰ و۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم)، فاکتور دوم شامل دو سطح آبیاری (آبیاری کامل و ۸۵ درصد نیاز آبی) و فاکتور سوم شامل دو رقم گندم نان (ارگ و تجن) بود. به‌منظور تهیه محلول‌های شوری از نمک کلرید سدیم آزمایشگاهی (شرکت مرک) استفاده شد. رقم ارگ به‌عنوان رقم متحمل و رقم تجن به‌عنوان رقم حساس (*پوستینی و سی و سه مرده*، 2004) موردارزیابی قرار گرفتند. دمای گلخانه در روز حدود ۲۴ و در شب ۱۶ درجه سانتی‌گراد بود. بذور سالم، هم‌اندازه و هم وزن توسط هیپوکلریت ۱ درصد 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. هر واحد آزمایشی شامل شش گلدان بود. در ابتدا در هر گلدان حدود ۱۲ بذر کشت گردید. پس از اطمینان از استقرار بوته‌ها عملیات تنک انجام شد و در نهایت در هر گلدان پنج بوته باقی ماند. نتایج حاصل از تجزیه خاک در جدول ۱ ارائه شده است. میزان تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) در گلخانه حدود ۱۰۰۰-۹۰۰

1. Munns and Gilliham
2. Hsiao
3. Fereres and Soriano
4. Garcia
5. Yousfi
6. Chaves
7. Munns
8. Cuin
9. Poustini and Siosemardeh
10. Zhu

www.SID.ir

Archive of SID

میکرومول بر مترمربع بر ثانیه بود. پس از این‌که برگ چهارم به حداکثر سطح خود رسید، تیمارهای کم آبیاری و شوری اعمال شد. میزان آب آبیاری در هر دور باتوجه به رابطه مقابل تعیین گردید:

$D_n = (fc - pwp).MAD.R$ که در آن: Dn عمق آب آبیاری، fc رطوبت در نقطه زراعی، pwp رطوبت در نقطه پژمردگی، MAD تخلیه مجاز رطوبتی و R عمق ریشه است (*گونتیا* و *تیواری*[1]، 2008). جهت متعادل نگه داشتن شوری منطقه ریشه باتوجه به تیمارهای کاربردی کسر آبشویی (۱۰ درصد نیاز خالص آبیاری) در همه تیمارها لحاظ گردید (*ساترن*[2]، 1997؛ *کازیرو*[3] و همکاران، 2009). مقادیر محاسبه شده نمک کلرید سدیم به ازای هر تیمار در آب حل شده 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 یک مرتبه در هفته اندازه‌گیری شد و هدایت الکتریکی بستر کاشت با لحاظ کردن کسر آبشویی به میزان مطلوب حفظ گردید (*ساترن*، 1997؛ *راهنما* و همکاران، 2011a). 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 و اندام هوایی با آب‌مقطر مورد شستشو قرار گرفته و به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شد. جهت تجزیه یون‌های سدیم و پتاسیم از روش اسید استیک ۰/۱ نرمال استفاده شد. در این روش ابتدا ۰/۱ گرم نمونه گیاهی آسیاب شده را درون فالکون ریخته و ۱۰ میلی‌لیتر اسید استیک ۰/۱ نزمال به آن اضافه نموده و در محیط آزمایشگاه به‌مدت ۲۴ ساعت به حالت سکون قرار می‌دهیم. پس از عبور دادن نمونه‌ها از کاغذ صافی آن‌ها را با دستگاه نشر شعله‌ای قرائت می‌نماییم (*مانز*[4] و همکاران، 2010). 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 اندام هوایی، ریشه و عملکرد برداشت شدند. بدین‌منظور ابتدا ریشه از ساقه جدا گردیده و سپس وزن خشک کل اندام هوایی، ریشه‌ها و عملکرد محاسبه و اندازه‌گیری شد. جداسازی ریشه‌ها از خاک از طریق اشباع کردن خاک به‌همراه ریشه در آب و شستشوی ریشه با آب صورت گرفت (*راهنما*[5] و همکاران، 2016). کارآیی مصرف آب نیز باتوجه به نسبت وزن خشک اندام هوایی و عملکرد دانه به میزان آب مصرفی طبق فرمول WUE= Y/V تعیین گردید که در آن Y: وزن خشک یا عملکرد دانه و V: حجم آب مصرفی است (*گریتز* و *ریز*، 2009). تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD استفاده گردید و کلیه نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر شوری بر همه صفات موجود در جدول ۲ به جز سدیم برگ پرچم معنی‌دار شد. اثر آبیاری به‌جز وزن خشک ریشه، پتاسیم ریشه و برگ پرچم و نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی و کارآیی مصرف آب دانه بر بقیه صفات معنی‌دار بود. تأثیر رقم نیز بر همه صفات معنی‌دار گردید (جدول ۲). تیمار شوری و کم آبیاری وزن خشک اندام هوایی را کاهش داد (جدول ۳). تیمار کم آبیاری به‌همراه شوری در این آزمایش بیش‌ترین تأثیر را بر کاهش وزن خشک اندام هوایی داشت به‌طوری‌که در هر دو رقم مورد آزمایش کم‌ترین وزن خشک اندام هوایی مربوط به تیمار کم آبیاری به‌همراه شوری ۱۵۰ میلی‌مولار بود. بررسی اثرات اصلی نشان داد بین تیمار صفر و ۵۰ میلی‌مولار شوری اختلافی از نظر تأثیر بر وزن خشک اندام هوایی مشاهده نشد اما در تیمار ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد از خود نشان دادند (جدول ۳). وزن خشک اندام هوایی در تیمار کم آبیاری کاهش معنی‌داری نسبت به آبیاری نرمال در مقایسه اثرات اصلی از خود نشان داد (جدول ۳). سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مولار موجب کاهش معنی‌دار وزن خشک ریشه گردید (جدول ۳). اثر متقابل شوری و آبیاری بر وزن خشک ریشه معنی‌دار شد. چنان‌چه در شکل ۲ ملاحظه شد در آبیاری نرمال افزایش سطح شوری موجب کاهش وزن خشک ریشه گردید اما در تیمار کم آبیاری ریشه عکس‌العمل متفاوتی از خود نشان داد و افزایش سطح شوری موجب تغییر معنی‌داری در وزن خشک آن نشد.

مقایسه اثرات اصلی نشان داد شوری ۱۵۰ میلی‌مولار و کم آبیاری موجب کاهش عملکرد دانه در این آزمایش گردید (جدول ۳). تیمار کم آبیاری به‌همراه شوری ۱۵۰ میلی‌مولار بیش‌ترین کاهش را در عملکرد دانه داشت. تغییرات عملکرد دانه در هر دو رقم در سطوح متفاوت آبیاری تحت تنش شوری موردبررسی قرار گرفت. رقم ارگ از نظر عملکرد دانه در هر دو

1. Gontia and Tiwari
2. Southorn
3. Kazuhiro
4. Munns
5. Rahnama

www.SID.ir

Archive of SID

سطح آبیاری با افزایش شوری تغییر معنی‌داری از خود نشان نداد درصورتی‌که عملکرد دانه در رقم تجن در هر دو سطح آبیاری در سطح ۱۵۰ میلی‌مولار شوری کاهش معنی‌داری داشت (شکل ۳). عملکرد دانه در رقم تجن در شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار در هر دو سطح آبیاری بدون تغییر بود. افزایش سطح شوری موجب افزایش غلظت سدیم در ریشه شد (جدول ۳). مقدار سدیم ریشه در تیمار کم آبیاری کم‌تر از تیمار آبیاری نرمال بود (جدول ۳). اثر متقابل شوری و آبیاری بر سدیم ریشه معنی‌دار گردید (جدول ۳). روند افزایش سدیم در ریشه با افزایش شوری، در آبیاری نرمال و تیمار کم آبیاری متفاوت بود. سدیم ریشه در آبیاری نرمال با افزایش سطح شوری روندی افزایشی داشت درصورتی‌که در تیمار کم آبیاری بین سطوح ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار شوری تفاوتی از لحاظ سدیم ریشه وجود نداشت (شکل ۲). با افزایش شوری پتاسیم ریشه کاهش یافت اما در تیمار شوری ۵۰ میلی‌مولار تغییری در آن نسبت به شاهد دیده نشد. پتاسیم ریشه در هر دو تیمار آبیاری یکسان بود اما در رقم ارگ مقدار پتاسیم ریشه نسبت به تجن بیش‌تر شد (جدول ۳). در سطوح مختلف شوری تغییری در مقدار سدیم برگ پرچم ملاحظه نشد (جدول ۳). بررسی‌ها نشان داد در رقم ارگ در آبیاری نرمال با افزایش شوری تغییر چشمگیری در سدیم برگ پرچم نسبت به شاهد مشاهده نشد اما مقدار سدیم برگ پرچم در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار نسبت به ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار کاهش یافت (شکل ۴). در تیمار کم آبیاری در رقم ارگ اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف شوری از لحاظ سدیم برگ پرچم ملاحظه نگردید، ضمناً در رقم ارگ مقدار سدیم برگ پرچم در سطوح مختلف شوری در آبیاری نرمال بیش‌تر از تیمار کم آبیاری بود (شکل ۴). در رقم تجن در تیمار آبیاری نرمال با افزایش سطح شوری اختلاف معنی‌داری در سدیم برگ پرچم ملاحظه نگردید اما در تیمار کم آبیاری افزایش شوری از تیمار ۵۰ به ۱۵۰ میلی‌مولار موجب افزایش سدیم برگ پرچم در این رقم گردید. غلظت سدیم برگ پرچم در رقم تجن در تیمار آبیاری نرمال و کم آبیاری در سطوح مختلف شوری اختلافی از خود نشان نداد (شکل ۴). غلظت سدیم برگ پرچم در رقم ارگ بیش‌تر از تجن بود (جدول ۳). پتاسیم برگ پرچم در سطوح مختلف شوری دارای کاهش معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد بود (جدول ۳). بررسی ارقام از نظر پتاسیم برگ پرچم در سطوح مختلف آبیاری نشان داد که در رقم تجن در آبیاری نرمال و کم آبیاری مقدار پتاسیم برگ پرچم با افزایش سطوح شوری روند کاهشی مشابهی داشت اما در رقم ارگ با افزایش سطوح شوری در تیمار کم آبیاری و آبیاری نرمال تغییری در میزان پتاسیم برگ پرچم نسبت به شاهد مشاهده نشد (شکل ۴). در تیمار کم آبیاری، با افزایش شوری ابتدا روندی کاهشی و سپس افزایشی در پتاسیم برگ پرچم در رقم تجن مشاهده شد اما در رقم ارگ با افزایش شوری تغییر چشمگیری در پتاسیم برگ پرچم ملاحظه نگردید. در تیمار آبیاری نرمال تغییر قابل‌ملاحظه‌ای در هر دو رقم از این نظر وجود نداشت (شکل ۵). شوری موجب کاهش نسبت پتاسیم به سدیم برگ پرچم شد، هم‌چنین تیمار آبیاری نرمال نسبت به کم آبیاری دارای نسبت پایین‌تری از پتاسیم به سدیم برگ پرچم بود. رقم ارگ نسبت به تجن از این نظر برتری داشت. سطوح مختلف شوری دارای افزایش معنی‌داری در سدیم اندام هوایی نسبت به شاهد بود (جدول ۳). تیمار کم آبیاری نیز دارای سدیم کم‌تری نسبت به آبیاری نرمال بود. اثر متقابل شوری در آبیاری از این نظر معنی‌دار شد (جدول ۲). با افزایش شوری روند متفاوتی در تجمع سدیم اندام هوایی در سطوح مختلف آبیاری مشاهده شد (شکل ۶). نتایج نشان داد سدیم اندام هوایی در رقم ارگ بیش‌تر از رقم حساس تجن بود (جدول ۳). سدیم اندام هوایی در تیمار آبیاری نرمال در سطوح مختلف شوری در رقم ارگ بیش‌تر از تجن بود اما در تیمار کم آبیاری اختلافی بین دو رقم در سطوح مختلف شوری از این نظر مشاهده نشد (شکل ۵).

تیمار شوری موجب کاهش پتاسیم اندام هوایی گردید. رقم ارگ دارای پتاسیم بیش‌تری در اندام هوایی نسبت به رقم حساس تجن بود (جدول ۳). نتایج نشان داد در دو تیمار آبیاری نرمال و کم آبیاری مقدار پتاسیم اندام هوایی در سطوح مختلف شوری در رقم ارگ بیش‌تر از رقم تجن است (شکل ۵). نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی با افزایش شوری کاهش یافت و رقم ارگ نسبت به رقم تجن از این نظر برتری داشت (جدول ۳). اثر متقابل شوری در آبیاری بر نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی معنی‌دار شد (جدول ۲). اثر شوری، آبیاری و رقم بر راندمان مصرف آب وزن خشک اندام هوایی معنی‌دار شد. اثر متقابل شوری در آبیاری نیز بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۳).

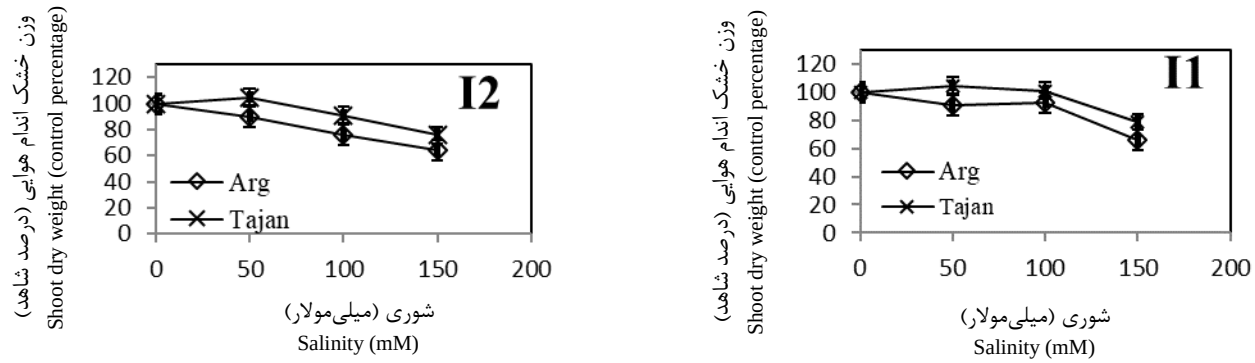
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱: مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1: Physical and Chemical characteristics of soil

ویژگی‌ها Characteristic		واحد Unit		
شن	Sand	درصد Percentage	60	فیزیکی Physical
سیلت	Silt		28	
رس	Clay		12	
چگالی ظاهری	ρ_b	گرم بر سانتی‌مترمربع g/cm^3	1.27	
رطوبت حجمی اشباع	θ_s	درصد Percentage	0.43	
هدایت الکتریکی عصاره اشباع	EC_e	دسی‌زیمنس بر متر ds/m	1.98	شیمیایی Chemical
پی‌اچ	pH	–	8.01	
نسبت سدیم جذبی	SAR	$(meq/l)^{1/2}$	0.97	
سدیم	Na^+	میلی‌اکی والان در لیتر $(meql^{-1})$	3.5	
کلسیم + منیزیم	$Ca^{2+} + Mg^{2+}$		26.03	



شکل ۱: تأثیر سطوح شوری بر وزن خشک اندام هوایی در رژیم‌های متفاوت آبیاری: آبیاری کامل (I1) و ۸۵ درصد نیاز آبی (I2) در ارقام گندم. میانگین‌های دارای هم‌پوشانی، براساس خطای استاندارد، تفاوت معنی‌دار ندارند

Fig. 1: Effect of salinity levels on shoot dry weight under different irrigation regimes: full irrigation (I1) and 85 percent of water requirement (I2) in wheat cultivars. There are no significant differences between averages with similar overlap according to the standard error

با افزایش شوری راندمان مصرف آب وزن خشک اندام هوایی کاهش پیدا کرد. تیمار کم آبیاری از این نظر بر آبیاری نرمال برتری داشت. رقم ارگ نسبت به تجن از این نظر برتری داشت. در رقم ارگ به جز شوری صفر میلی‌مولار در هیچ‌کدام از تیمارهای شوری با کاهش میزان آب اختلاف قابل‌توجهی در کارآیی مصرف آب وزن خشک اندام هوایی دیده نمی‌شود، اما در رقم تجن در هر سطح از شوری با کاهش مصرف آب این مقدار افزایش یافت (شکل ۷). نتایج نشان داد که در رقم ارگ با افزایش شوری کارآیی مصرف آب وزن خشک اندام هوایی دارای روند کاهشی بود و این کاهش از تیمار S3I1 (آبیاری نرمال و شوری ۱۰۰ میلی‌مولار) به S4I1 (آبیاری نرمال و شوری ۱۵۰ میلی‌مولار) و هم‌چنین از S3I2 (کم آبیاری و شوری ۱۰۰ میلی مولار) به S4I2 (کم آبیاری و شوری ۱۵۰ میلی‌مولار) قابل‌توجه بود.

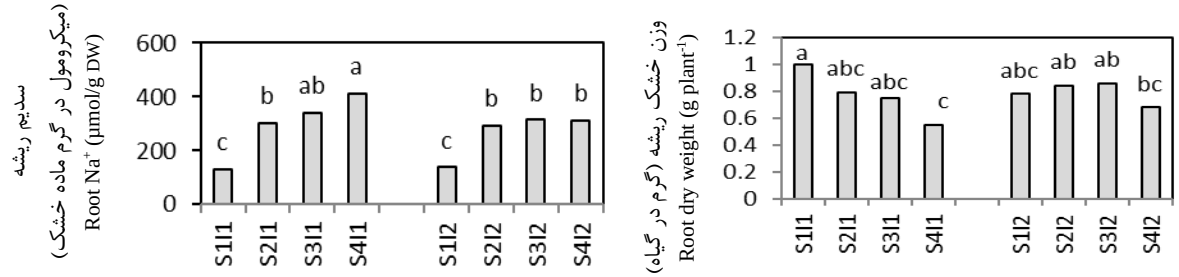
در رقم تجن، شوری در سطح اول آبیاری تأثیر چندانی بر کارآیی مصرف آب وزن خشک اندام هوایی نداشته است. در تیمار کم آبیاری در رقم تجن کارآیی مصرف آب وزن خشک اندام هوایی در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار نسبت به سطوح صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار کاهش چشمگیری داشت (شکل ۷). اثر شوری و رقم بر کارآیی مصرف آب دانه معنی‌دار شد و در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار کارآیی مصرف آب دانه کاهش معنی‌داری از خود نشان داد. رقم ارگ بر تجن از این نظر برتری داشت (جدول ۲).

در رقم ارگ مشاهده می‌شود که در سطوح مختلف شوری با کاهش سطح آبیاری میزان کارآیی مصرف آب دانه دارای تغییر

www.SID.ir

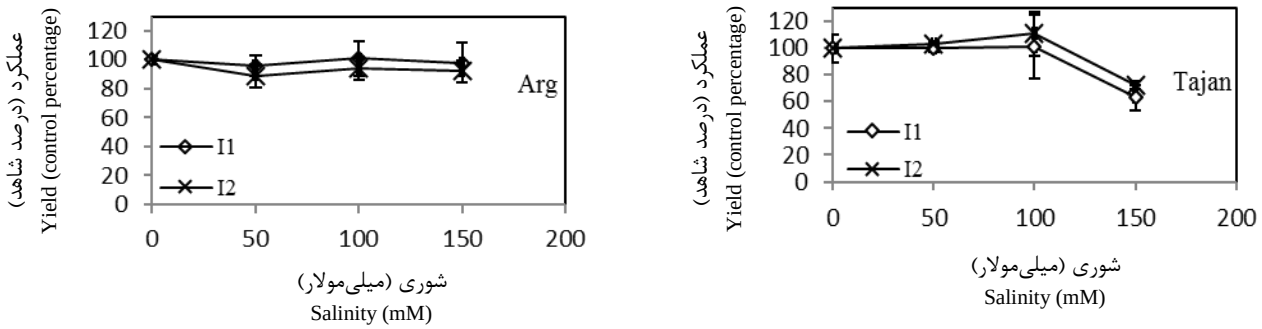
Archive of SID

قابل‌ملاحظه‌ای نیست اما در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار با کاهش سطح آبیاری کارآیی مصرف آب دانه کاهشی به میزان ۱۷ درصد داشته است. در رقم تجن مشاهده می‌شود که در سطوح مختلف شوری با کاهش میزان آبیاری، مقادیر کارآیی مصرف آب دانه بدون تغییر بود اما در بالاترین سطح شوری در هریک از سطوح آبیاری کارآیی مصرف آب دانه کاهش قابل‌ملاحظه‌ای یافت (شکل ۷).



شکل ۲: تأثیر برهم‌کنش شوری و رژیم‌های آبیاری بر وزن خشک و سدیم ریشه. S1، S2، S3 و S4 به‌ترتیب شوری صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم و I1 و I2 به‌ترتیب آبیاری کامل و ۸۵ درصد نیاز آبی

Fig. 2: Interaction effect of salinity and irrigation regimes on root dry weight and root Na^+. S1, S2, S3 and S4 is 0, 50, 100 and 150mM NaCl, respectively. I1 and I2 is full irrigation and 85 percent of water requirement, respectively

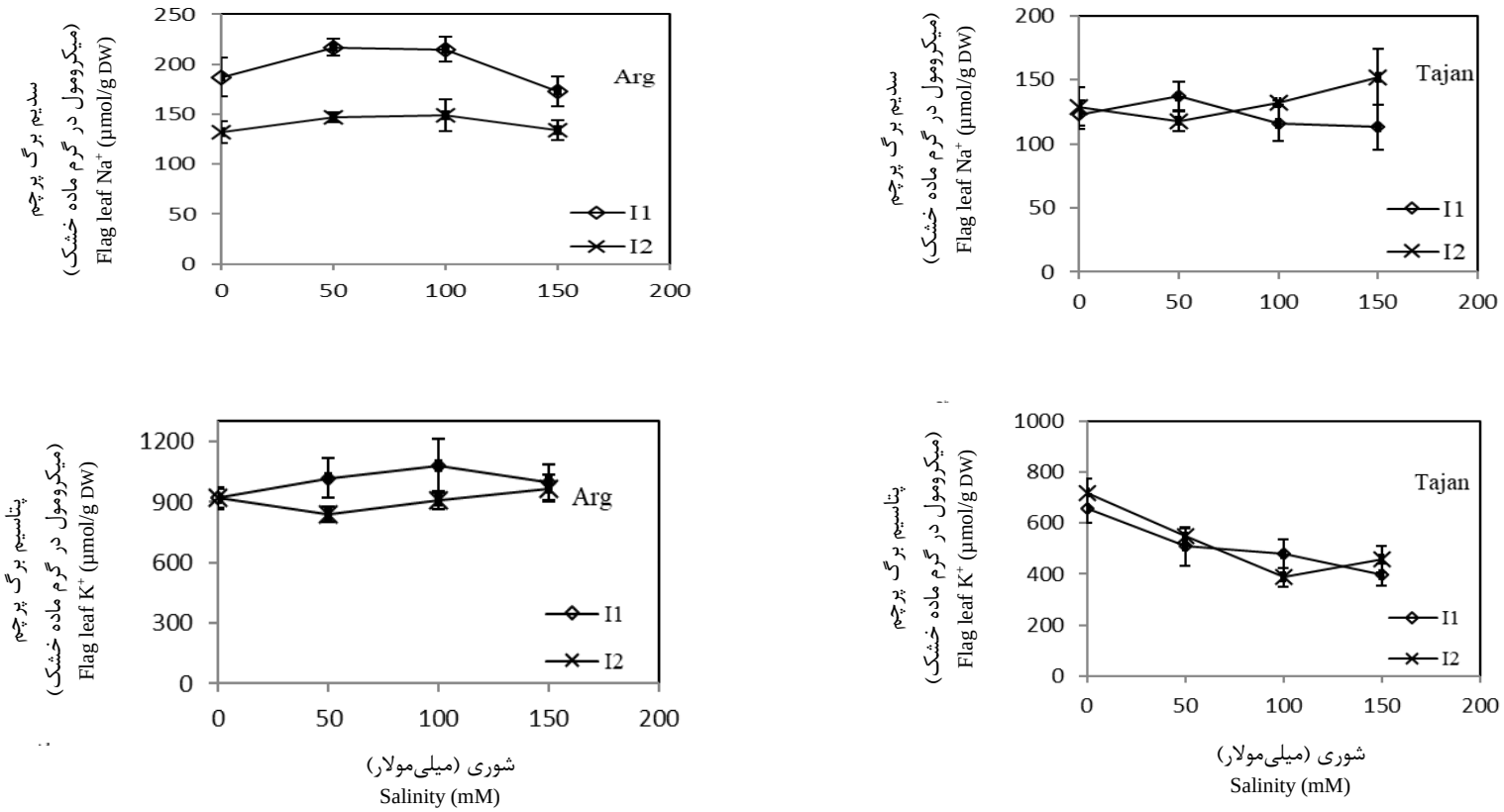


شکل ۳: تأثیر سطوح شوری بر عملکرد دانه در ارقام گندم تحت رژیم‌های متفاوت آبیاری: آبیاری کامل (I1) و ۸۵ درصد نیاز آبی (I2). میانگین‌های دارای هم‌پوشانی، بر اساس خطای استاندارد، تفاوت معنی‌دار ندارند

Fig. 3: Effect of salinity levels on grain yield in wheat cultivars under different irrigation regimes: full irrigation (I1) and 85 percent of water requirement (I2). There are no significant differences between averages with similar overlap according to the standard error

www.SID.ir

Archive of SID

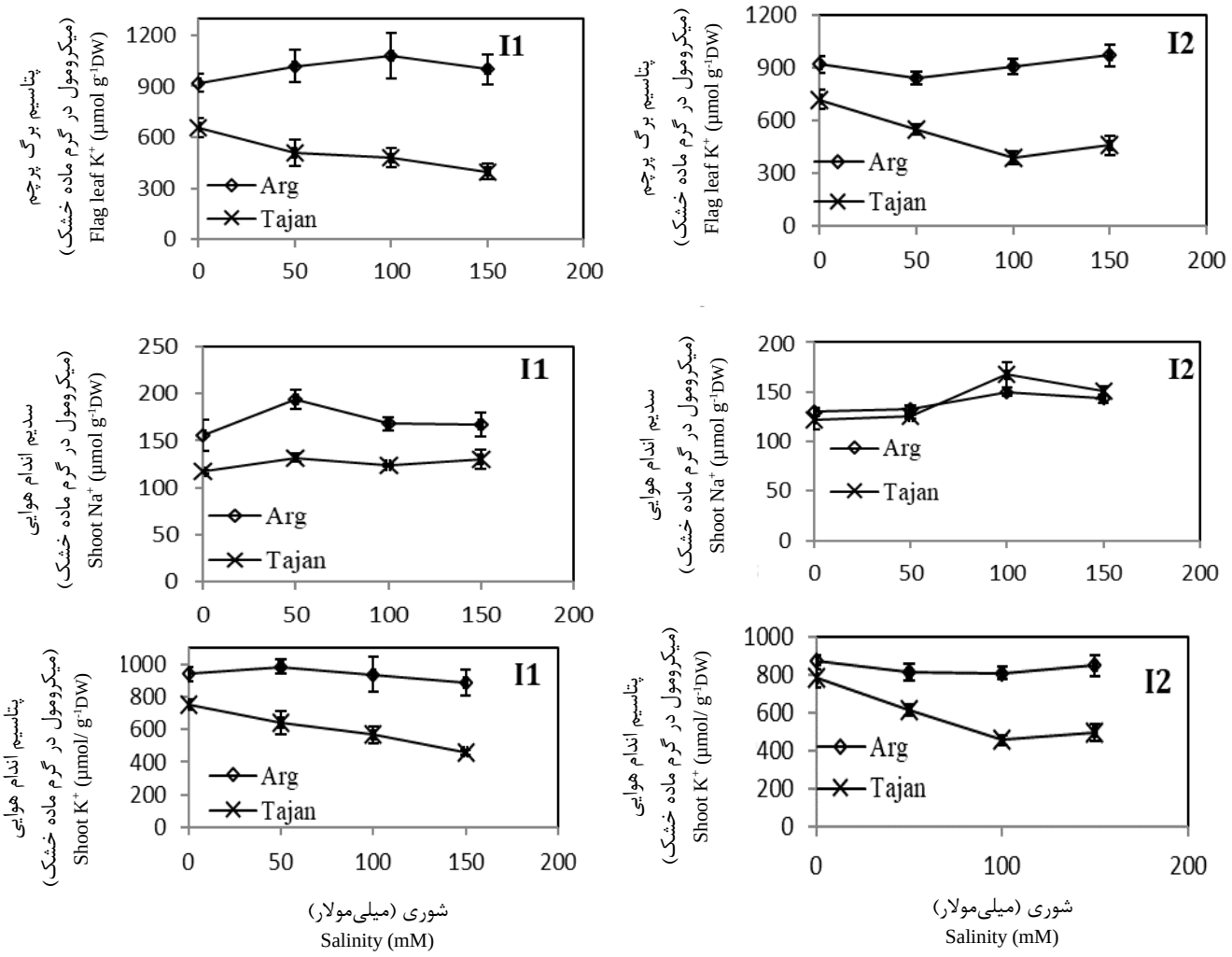


شکل ۴: تأثیر سطوح شوری بر میزان سدیم و پتاسیم برگ پرچم در ارقام گندم تحت رژیم‌های متفاوت آبیاری: آبیاری کامل (I1) و ۸۵ درصد نیاز آبی (I2). میانگین‌های دارای هم‌پوشانی، بر اساس خطای استاندارد، تفاوت معنی‌دار ندارند

Fig. 4: Effect of salinity levels on flag leaf Na^+ and flag leaf K^+ in wheat cultivars under different irrigation regimes: full irrigation (I1) and 85 percent of water requirement (I2). There are no significant differences between averages with similar overlap according to the standard error

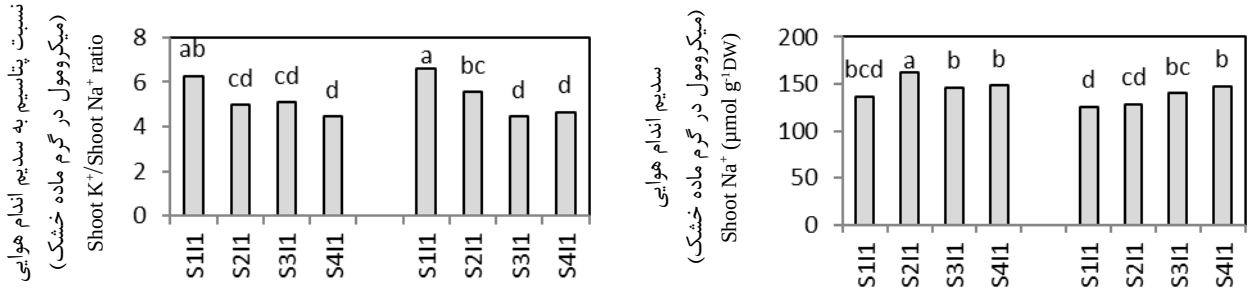
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵: تأثیر سطوح متفاوت شوری بر میزان پتاسیم برگ پرچم، سدیم و پتاسیم اندام هوایی در ارقام گندم تحت رژیم‌های متفاوت آبیاری: آبیاری کامل (I1) و ۸۵ درصد نیاز آبی (I2). میانگین‌های دارای هم‌پوشانی، بر اساس خطای استاندارد، تفاوت معنی‌دار ندارند

Fig. 5: Effect of salinity levels on flag leaf K^+, Shoot Na^+ and Shoot K^+ in wheat cultivars under different irrigation regimes: full irrigation (I1) and 85 percent of water requirement (I2). There are no significant differences between averages with similar overlap according to the standard error

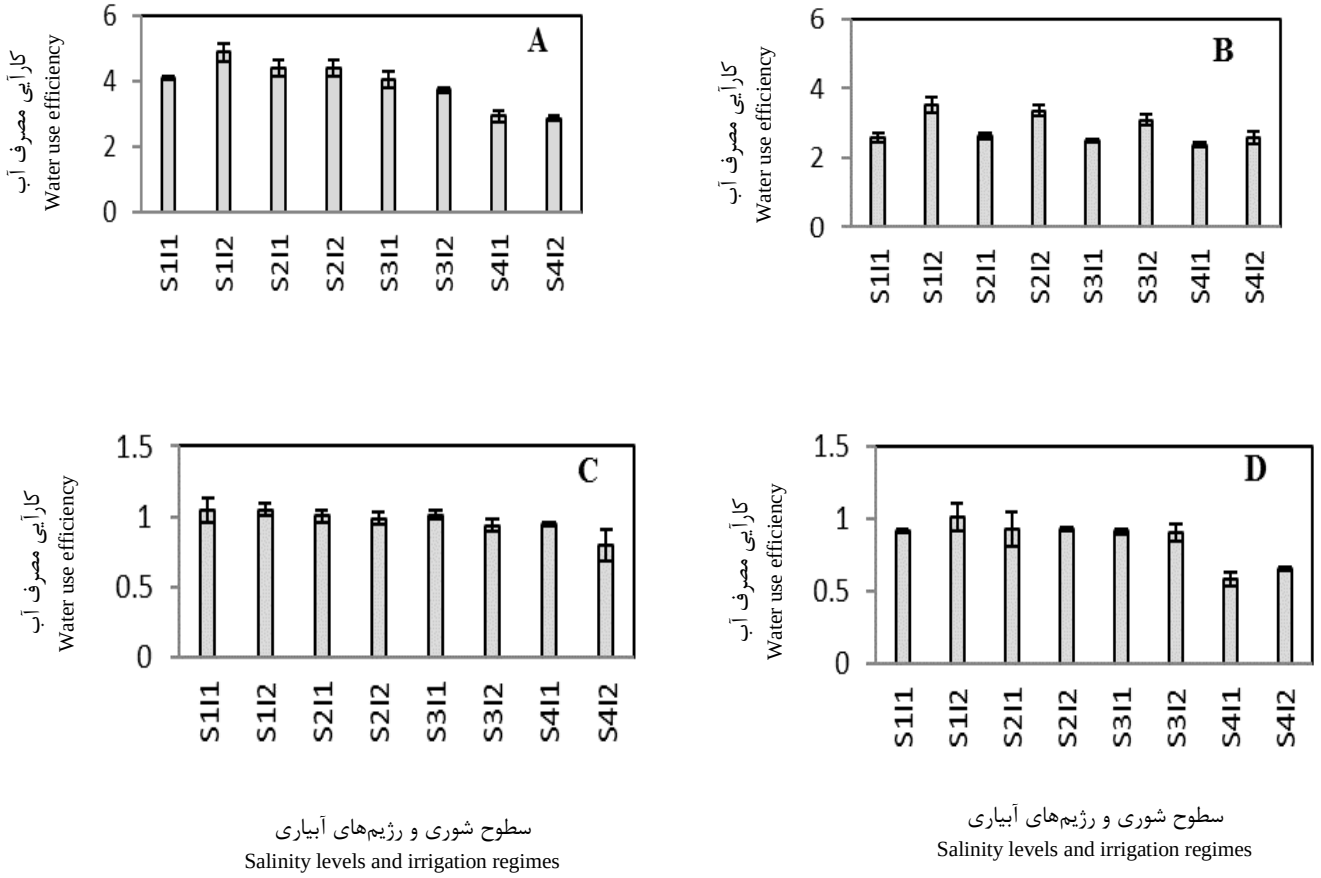


شکل ۶: اثر برهم‌کنش شوری و رژیم‌های آبیاری بر سدیم و نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی: S1، S2، S3 و S4 به‌ترتیب شوری صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم و I1 و I2 به‌ترتیب آبیاری کامل و ۸۵ درصد نیاز آبی

Fig. 6: Interaction effect of salinity and irrigation regimes on shoot Na^+ and shoot K^+/Na^+ ratio: S1, S2, S3 and S4 is 0, 50, 100, 150 mM NaCl, respectively, I1 and I2 is full irrigation and 85 percent of water requirement, respectively

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷: اثر برهم‌کنش شوری و رژیم‌های آبیاری بر کارآیی مصرف آب وزن خشک اندام هوایی رقم ارگ (A) و تجن (B) و کارآیی مصرف آب دانه رقم ارگ (C) و تجن (D) (S1، S2، S3 و S4 به‌ترتیب شوری صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم و I1 و I2 به‌ترتیب آبیاری کامل و ۸۵ درصد نیاز آبی. میانگین‌های دارای هم‌پوشانی، بر اساس خطای استاندارد، تفاوت معنی‌دار ندارند

Fig. 7: Interaction effect of salinity and irrigation regimes on shoot dry weight water use efficiency in Arg (A) and Tajan (B) and grain water use efficiency in Arg (C) and Tajan (D). S1, S2, S3 and S4 is 0, 50, 100 and 150mM NaCl, respectively, I1 and I2 is full irrigation and 85 percent of water requirement, respectively. There are no significant differences between averages with similar overlap according to the standard error

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر سطوح مختلف شوری و رژیم‌های آبیاری بر صفات موردمطالعه در ارقام گندم

Table 2: The result of analysis of variance (Mean of squares) of the effect of salinity levels and irrigation regimes on studied traits in wheat cultivars

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	وزن خشک اندام هوایی Shoot DW	وزن خشک ریشه Root DW	عملکرد دانه Grain yield	سدیم ریشه Root Na^+	پتاسیم ریشه Root K^+	سدیم برگ پرچم Flag leaf Na^+	پتاسیم برگ پرچم Flag leaf K^+	نسبت پتاسیم به سدیم برگ پرچم Flag leaf K^+/Na^+ ratio	سدیم اندام هوایی Shoot Na^+	پتاسیم اندام هوایی Shoot K^+	نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی Shoot K^+/Na^+ ratio	کارآیی مصرف آب وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight water use efficiency	کارآیی مصرف آب دانه Grain water use efficiency
تکرار Replication	2	0.16^{ns}	0.04^{ns}	0.03^{ns}	2327^{ns}	16984^{**}	952^{ns}	25793^{*}	3.26^{ns}	351^{ns}	22560^{*}	2.88^{**}	0.02^{ns}	0.01^{ns}
شوری Salinity (S)	3	8.8^{**}	0.17^{**}	0.21^{**}	118961^{**}	29473^{**}	482^{ns}	24135^{*}	4.19^{*}	690^{**}	66830^{**}	8.59^{**}	2.98^{**}	0.16^{**}
رژیم آبیاری Irrigation (I)	1	1.96^{**}	0.001^{ns}	0.17^{**}	13705^{**}	6205^{ns}	6612^{**}	18106^{ns}	4.28^{*}	2097^{**}	39291^{**}	0.19^{ns}	1.54^{**}	0.0009^{ns}
رقم Cultivar (C)	1	25.5^{**}	1.12^{**}	0.36^{**}	6274^{*}	72656^{**}	20853^{**}	2294838^{**}	33^{**}	8051^{**}	1017007^{**}	14^{**}	14^{**}	0.16^{**}
شوری × رژیم آبیاری S×I	3	0.64^{ns}	0.08^{**}	0.009^{ns}	6345^{**}	2834^{ns}	997^{ns}	17000^{ns}	0.91^{ns}	645^{**}	10592^{ns}	0.84^{*}	0.39^{*}	0.005^{ns}
رژیم آبیاری × رقم I×C	1	0.75^{ns}	0.02^{ns}	0.0006^{ns}	2339^{ns}	20548^{**}	13869^{**}	38152^{*}	6.01^{*}	4528^{**}	21355^{*}	1.96^{*}	0.81^{**}	0.02^{ns}
شوری × رقم S×C	3	1.32^{**}	0.04^{ns}	0.17^{**}	233^{ns}	1313^{ns}	891^{ns}	73623^{**}	4.33^{*}	230^{ns}	37387^{**}	2.57^{**}	0.66^{**}	0.02^{ns}
شوری × رژیم آبیاری × رقم S×I×C	3	0.07^{ns}	0.006^{ns}	0.007^{ns}	976^{ns}	4821^{ns}	166^{ns}	3987^{ns}	0.76^{ns}	123^{ns}	2179^{ns}	0.02^{ns}	0.09^{ns}	0.005^{ns}
خطا Error	30	0.24	0.01	0.02	1125	2253	545	7665	0.91	113	4500	0.28	0.09	0.01
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		9.1	16.8	10	11.8	18.3	15.6	11.8	18.9	7.4	9	10	8.9	11.2

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

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

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳: مقایسه میانگین‌های اثرات سطوح مختلف شوری، رژیم‌های آبیاری و رقم بر صفات مطالعه شده

Table 3: Mean comparison of the effect of salinity levels, irrigation regimes and cultivar on the studied traits

کارآیی مصرف آب دانه Grain water use efficiency	کارآیی مصرف آب وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight water use efficiency	نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی Shoot K^+/Na^+ ratio	پتاسیم اندام هوایی Shoot K^+	سدیم اندام هوایی Shoot Na^+	نسبت پتاسیم به سدیم برگ پرچم Flag leaf K^+/Na^+ ratio	پتاسیم برگ پرچم Flag leaf K^+	سدیم برگ پرچم Flag leaf Na^+	پتاسیم ریشه Root K^+	سدیم ریشه Root Na^+	عملکرد دانه Grain yield	وزن خشک ریشه Root DW	وزن خشک اندام هوایی Shoot DW	تیمار Treatment	
(گرم در لیتر در بوته) (g/litre/ plant)			(میکرومول در گرم ماده خشک) (µmol/g DW)			(میکرومول در گرم ماده خشک) (µmol/g DW)				(گرم در گیاه) (g/plant)				
1.0[a]	3.7[a]	6.44[a]	840[a]	131[b]	5.89[a]	804[a]	143[a]	287[a]	138[d]	1.45[a]	0.90[a]	6.09[a]	0	
0.96[a]	3.6[a]	5.26[b]	765[b]	146[a]	4.70[b]	729[b]	155[a]	263[a]	297[c]	1.50[a]	0.82[a]	5.91[a]	50	شوری Salinity
0.94[a]	3.3[b]	4.76[c]	694[c]	144[a]	4.60[b]	713[b]	153[a]	196[b]	329[b]	1.52[a]	0.81[a]	5.46[b]	100	
0.74[b]	2.6[c]	4.54[c]	676[c]	148[a]	4.94[b]	706[b]	143[a]	187[b]	363[a]	1.23[b]	0.62[b]	4.19[c]	150	
0.91[a]	3.1[b]	5.18[a]	772[a]	149[a]	4.73[b]	757[a]	160[a]	245[a]	299[a]	1.49[a]	0.78[a]	5.62[a]	شاهد Control	رژیم آبیاری Irrigation regime
0.90[a]	3.5[a]	5.31[a]	715[b]	135[b]	5.33[a]	719[a]	137[b]	222[a]	265[b]	1.36[b]	0.79[a]	5.21[b]	کم آبیاری Deficit irrigation	
0.97[a]	3.9[a]	5.80[a]	889[a]	155[a]	5.87[a]	957[a]	169[a]	272[a]	293[a]	1.51[a]	0.94[a]	6.14[a]	ارگ Arg	رقم Cultivar
0.85[b]	2.8[b]	4.70[b]	598[b]	129[b]	4.19[b]	519[b]	127[b]	194[b]	270[b]	1.34[b]	0.63[b]	4.68[b]	تجن Tajan	

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در هر تیمار 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

www.SID.ir

Archive of SID

بحث

پژوهشگران معتقدند وزن خشک اندام هوایی در انتخاب ارقام گندم به‌منظور تحمل به شوری و خشکی می‌تواند به‌عنوان صفت مطلوبی به شمار آید (*مانز* و جیمز[1]، 2003؛ *مانز* و *تستر*، 2008). تیمار شوری و کم آبیاری وزن خشک اندام هوایی را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار دادند. تیمار کم آبیاری به همراه شوری ۱۵۰ میلی‌مولار بیش‌ترین تنش را به گیاه وارد نموده و موجب کاهش بیش‌تری در مقدار وزن خشک اندام هوایی گردید. تنش حاصل از زیادی املاح در منطقه ریشه به همراه تنش اسمزی ناشی از کم آبیاری، تنش مضاعفی بر گیاه اعمال نموده است و همین موضوع موجب شده تا ترکیب این دو تنش موجب بیش‌ترین کاهش در وزن خشک اندام هوایی گردد. محققین گزارش نمودند تفاوت عمده بین تیمار آبیاری کامل به‌همراه شوری در مقایسه با تیمار کم آبیاری (حتی اگر بدون تیمار شوری باشد) در مقدار کل آب قابل‌دسترس آن‌ها است. تحت شرایط تیمارهای آبیاری کامل به‌همراه شوری مقدار آب در اطراف ریشه بالا بوده اما پتانسیل آبی پایین است (*یوسفی* و همکاران، 2010). گندم و دیگر غلات از سدیم به‌عنوان تنظیم‌کننده اسمزی استفاده کرده و از این طریق گیاه را قادر می‌سازد تا در پتانسیل پایین آبی اطراف محیط ریشه آب را با سهولت بیشتری جذب نماید (*مانز* و همکاران، 2002؛ *کوین* و همکاران، 2009). بررسی‌ها در مورد وزن خشک اندام هوایی نشان داد که در تیمار آبیاری کامل و کم آبیاری اختلافی بین درصد کاهش وزن خشک اندام هوایی در سطوح مختلف شوری بین دو رقم وجود نداشت. باتوجه به این‌که در این آزمایش در تیمار آبیاری نرمال مقدار سدیم اندام هوایی در هر دو رقم در سطوح مختلف شوری متفاوت بوده است به نظر می‌رسد کاهش وزن خشک اندام هوایی تحت تیمار شوری عمدتاً به‌دلیل اثرهای اسمزی شوری است. محققین دیگری نیز این نتایج را مورد تأیید قرار داده‌اند (حسین[2] و همکاران، 2003؛ *راهنما*[3] و همکاران، 2011b). نتایج محققین نشان داده است که از نظر مقاومت به تنش اسمزی ارقام متحمل بر ارقام حساس دارای برتری نمی‌باشند و مقاومت در ارقام متحمل بیش‌تر به‌دلیل تحمل اثرات ویژه یونی است (*مانز* و همکاران، 2006؛ *مانز* و *تستر*، 2008). وزن خشک ریشه در این آزمایش تحت تأثیر شوری و رقم قرار گرفت اما تیمار آبیاری بر آن بی‌تأثیر بود. شوری ۱۵۰ میلی‌مولار موجب کاهش وزن خشک ریشه گردید. در این آزمایش به نظر می‌رسد اثرات اسمزی حاصل از شوری ۱۵۰ میلی‌مولار در اطراف ریشه به حدی بوده است که موجب کاهش رشد و وزن خشک ریشه شده است درصورتی‌که تنش اسمزی کم آبیاری نتوانسته است موجب کاهش رشد آن گردد. غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار NaCl غلظت مناسبی جهت بروز تنوع ژنتیکی در وزن خشک ریشه در پاسخ به تنش شوری است (*راهنما* و همکاران، 2011a). گزارشاتی مبنی بر عدم‌تغییر در ماده خشک ریشه تحت تأثیر تنش شوری (*راهنما* و همکاران، 2011b) و خشکی (*شلدن*[4] و همکاران، 2013) وجود دارد. دلیل کاهش وزن خشک ریشه گندم در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار کاهش رشد ریشه‌های جانبی عنوان گردیده است (*راهنما* و همکاران، 2011a). کاهش رشد ریشه تحت تنش شوری و خشکی به‌دلیل تنش اسمزی است (*راهنما* و همکاران، 2011a؛ *شلدن* و همکاران، 2013). کاهش پتانسیل آب خاک به‌دلیل شوری یا خشکی باعث کاهش فشار تورگور و حجم سلول‌های ریشه می‌گردد و با تأثیر بر سنتز تنظیم‌کننده‌های رشد موجب کاهش ماده خشک ریشه خواهد شد (*شلدن* و همکاران، 2013). در این آزمایش به نظر می‌رسد در تیمار کم آبیاری اثر پتانسیل اسمزی بر ریشه‌ها به حدی نبوده است که بتواند موجب کاهش ماده خشک ریشه گردد. عکس‌العمل متفاوت ریشه به سطوح مختلف شوری در تیمار کم آبیاری نسبت به آبیاری کامل موجب معنی‌دار شدن اثرات متقابل شوری در آبیاری گردیده است. نتایج در این آزمایش نشان داد سطوح مختلف شوری در تیمار کم آبیاری تفاوتی از لحاظ وزن خشک ریشه ندارد اما در تیمار آبیاری نرمال افزایش سطح شوری کاهش ماده خشک ریشه را به دنبال داشته است. ترکیب تنش شوری و کم آبیاری در این تحقیق موجب افزایش بیش‌تر فشار اسمزی اطراف ریشه نسبت به شرایط نرمال آبیاری به‌همراه شوری گشته است و افزایش فشار اسمزی می‌تواند موجب تحریک و یا عدم کاهش رشد ریشه در مقایسه با شرایط نرمال گردد. به همین دلیل در شرایط کم آبیاری در این آزمایش، در سطوح مختلف شوری کاهشی در وزن خشک ریشه ملاحظه نمی‌گردد. تحریک رشد ریشه‌های جانبی در اثر پتانسیل پایین آب در اطراف ریشه در برخی ارقام گندم موجب عدم کاهش ماده خشک ریشه می‌گردد (*راهنما* و همکاران، 2011a). عملکرد دانه در بالاترین سطح شوری کاهش معنی‌داری از خود نشان داد و اختلاف بین ارقام در این سطح از شوری مشخص گردید. بررسی‌ها نشان داد عملکرد دانه در رقم متحمل ارگ در هر دو سطح آبیاری در سطوح مختلف شوری بدون تغییر بود اما در رقم تجن در آبیاری کامل و کم آبیاری در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار کاهش معنی‌داری در عملکرد دانه

1. Munns and James
2. Hussain
3. Rahnama
4. Shelden

www.SID.ir

Archive of SID

مشاهده گردید. در نهایت این موضوع نشان می‌دهد که در این آزمایش رقم تجن نتوانسته است شوری ۱۵۰ میلی‌مولار را تحمل نموده و تجمع نمک در این سطح از شوری در بافت‌های آن موجب کاهش عملکرد دانه گردیده است، و ازآنجاکه کاهش عملکرد در این رقم در تیمار کم آبیاری در مقایسه با آبیاری نرمال در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار به یک نسبت صورت گرفته است به نظر می‌رسد کاهش عملکرد عمدتاً در اثر تجمع یون‌های سمی مثل سدیم اتفاق افتاده است. عدم کاهش عملکرد دانه در رقم ارگ در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار در شرایط آبیاری نرمال و کم آبیاری در این آزمایش نیز تأکیدی بر این استدلال است. کاهش فعالیت منبع تجمع فتواسیمیلات‌ها در دانه را تحت تأثیر قرار دهد و تجمع سدیم در رقم حساس بیش از ارقام متحمل فعالیت منبع را تحت تأثیر قرار می‌دهد (*حسین* و همکاران، 2003؛ *چاوز* و همکاران، 2009). عدم‌تغییر در میزان عملکرد دانه در برخی از ارقام گندم در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار در مطالعات متعددی نشان داده شده است (*حسین* و همکاران، 2003؛ *راهنما* و همکاران، 2011b). محققین اظهار داشتند که در سطوح پایین و متوسط شوری تنش اسمزی موجب کاهش رشد و عملکرد شده اما در سطوح بالای شوری اثرات ویژه یونی موجب اثرات منفی بر رشد و عملکرد خواهد شد (*مانز و تستر*، 2008). در این آزمایش نتایج نشان داد در هر دو سطح آبیاری در همه سطوح شوری عملکرد رقم متحمل ارگ بدون تغییر ماند اما در رقم تجن نسبت عملکرد دانه در سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مولار کاهش معنی‌داری از خود نشان داد. ازآنجاکه در رقم تجن در هر دو سطح آبیاری عملکرد در سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مولار به نسبت مساوی کاهش یافته است به نظر می‌رسد که عمدتاً اثرات ویژه یونی موجب کاهش نسبت عملکرد گردیده باشد. در سطوح بالای شوری کاهش عملکرد عمدتاً به‌دلیل اثرات ویژه یونی رخ می‌دهد (*حسین* و همکاران 2003؛ *پوستینی و سی و سه مرده*، 2004). تحمل بالاتر رقم ارگ نسبت به شوری موجب عدم کاهش عملکرد دانه در سطوح مختلف شوری گردیده است. عدم اختلاف در کاهش نسبت عملکرد در آبیاری نرمال و کم آبیاری در غلظت‌های مختلف شوری در هر دو رقم نشان داد که تنش اسمزی در کاهش نسبی عملکرد دانه تأثیر چشمگیری نداشته است. به‌نظر می‌رسد که در این آزمایش تنش اسمزی حاصل از تیمار کم آبیاری به حدی نبوده است که موجب کاهش عملکرد دانه در هر دو رقم گردد.

افزایش محفظه‌بندی سدیم در واکوئل در برخی ارقام گندم موجب افزایش تحمل به شوری می‌گردد (*مانز و تستر*، 2008). از این‌رو این ارقام ممکن است سدیم بیش‌تری را نسبت به ارقام حساس در اندام هوایی خود تجمع دهند (*مانز* و همکاران، 2006). افزایش بیش‌تر تجمع سدیم در اندام هوایی برخی ارقام متحمل گندم نسبت به ارقام حساس در برخی آزمایشات نشان داده شده است (*مانز و گیلیام*، 2015). رقم ارگ در این آزمایش نسبت به رقم حساس تجن مقدار سدیم بیش‌تری را در برگ پرچم و اندام هوایی خود تجمع داده است. باتوجه به این‌که مقدار سدیم ریشه در رقم ارگ بیش‌تر از رقم تجن است به نظر می‌رسد که رقم تجن ممانعت بیش‌تری را در ورود سدیم ایجاد می‌نماید. به نظر می‌رسد بالا بودن مقدار سدیم اندام هوایی در رقم ارگ نسبت به تجن و عدم کاهش عملکرد دانه در رقم ارگ با تحمل بیش‌تر بافت‌ها در این رقم مرتبط است. رقم ارگ در این آزمایش توانسته است سدیم موجود در بافت‌ها را بیش‌تر از رقم تجن تحمل نماید. محققین تحمل بافت‌ها در گندم را یکی از عوامل تحمل به شوری عنوان نموده‌اند و دلیل تحمل بیش‌تر بافت‌ها را توانایی بیش‌تر ارقام متحمل در انتقال بیش‌تر سدیم از سیتوسول به واکوئل می‌دانند (مانز و گیلیهام، 2015). کاهش جذب سدیم و پتاسیم در این آزمایش در تیمار کم آبیاری می‌تواند به‌دلیل تغییر در شرایط تعرقی گیاه باشد. به نظر می‌رسد کاهش تعرق در این آزمایش در تیمار کم آبیاری موجب کاهش تجمع سدیم در اندام هوایی شده است. به عقیده محققین ازآنجاکه کاهش تعرق موجب کاهش جذب یون‌ها می‌گردد (*مانز* و جیمز[1]، 2007) تیمار کم آبیاری موجب کاهش جذب سدیم و پتاسیم می‌شود. به‌دلیل کاهش تعرق در تیمار کم آبیاری، با افزایش سطوح شوری از ۵۰ به ۱۵۰ میلی‌مولار افزایشی در سدیم ریشه مشاهده نگردید (شکل ۲) و همین عامل موجب شده تا در این آزمایش مقدار سدیم اندام هوایی در تیمار کم آبیاری نسبت به تیمار آبیاری نرمال پایین‌تر باشد. رقم ارگ در تیمار آبیاری نرمال دارای سدیم بیش‌تری در برگ پرچم بود و با افزایش سطح شوری از ۵۰ تا ۱۵۰ میلی‌مولار مقدار آن کاهش یافته است. در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار نسبت به ۵۰ میلی‌مولار شوری در این آزمایش نیز کاهش تعرق موجب کاهش تجمع سدیم در اندام هوایی شده است. کاهش سدیم اندام هوایی با افزایش شوری در گندم در سال ۲۰۰۴ گزارش گردید (حسین[2] و همکاران، 2004). در این تحقیق در رقم تجن در سطوح مختلف شوری تفاوتی بین سدیم برگ پرچم بین آبیاری نرمال و کم آبیاری مشاهده نشد. به نظر می‌رسد تیمار کم آبیاری در این رقم در سطوح مختلف شوری تأثیری بر سدیم برگ پرچم نداشته است. رقم ارگ توانست مقدار پتاسیم بیش‌تری را در سطوح مختلف شوری در هر دو سطح آبیاری

1. Munns and James
2. Husain

www.SID.ir

Archive of SID

نسبت به رقم تجن در برگ پرچم حفظ نماید. مقدار پتاسیم کل اندام هوایی نیز در رقم ارگ بیش‌تر از رقم حساس تجن بود. علی‌رغم این‌که پتاسیم برگ پرچم و اندام هوایی تحت تأثیر شوری در این آزمایش قرار گرفت اما در رقم ارگ تجمع پتاسیم در برگ پرچم و اندام هوایی دچار کاهش معنی‌داری نگردید، ازاین‌رو نسبت پتاسیم به سدیم برگ پرچم و اندام هوایی آن بیش‌تر از رقم تجن بود. تحت تنش شوری در این آزمایش رقم متحمل ارگ توانسته است پتاسیم بیش‌تری نسبت به رقم تجن به اندام هوایی خود منتقل نماید و این موضوع یکی از عوامل تعیین‌کننده در تحمل بیش‌تر در رقم ارگ در این تحقیق محسوب می‌گردد. غلظت بالای پتاسیم در رقم ارگ موجب بالاتر بودن نسبت پتاسیم به سدیم در این رقم نسبت به تجن بود. بالا بودن نسبت پتاسیم به سدیم به‌عنوان یکی از ملاک‌های مهم تحمل به شوری معرفی گردیده است (*مانز* و جیمز، 2003؛ *مانز* و همکاران، 2011). تجمع بیش‌تر پتاسیم در ریشه رقم ارگ نسبت به رقم حساس تجن نشان می‌دهد که رقم متحمل توانایی بیش‌تری در جذب پتاسیم نسبت به رقم حساس داشته است. تیمار کم‌آبیاری مقدار سدیم اندام هوایی گیاه را تحت تأثیر قرار داد به‌طوری‌که تعرق کم‌تر موجب کاهش جذب این عنصر گردید. به نظر می‌رسد در تیمار آبیاری نرمال به‌دلیل بالا بودن مقدار تعرق، تجمع سدیم در اندام هوایی نسبت به تیمار کم‌آبیاری بیش‌تر است. مقدار پتاسیم اندام هوایی علی‌رغم این‌که تحت تأثیر مقدار آبیاری قرار گرفت، در رقم متحمل در هر دو سطح آبیاری کاهش معنی‌داری از خود نشان نداد (شکل ۵). لذا این موضوع باعث شد که غلظت پتاسیم در ریشه و اندام هوایی در رقم ارگ و در نتیجه نسبت پتاسیم به سدیم بالاتر از رقم حساس باشد. اثری که افزایش شوری آب آبیاری بر گیاه می‌گذارد کاهش توانایی گیاه در جذب آب به علت اثر اسمزی است و با افزایش املاح خاک، علی‌رغم این‌که آب در دسترس گیاه است ولی قادر نیست از این آب استفاده نماید (*بادر*[1] و همکاران، 2006). شوری سبب کاهش هدایت روزنه‌ای گیاه، آسیب‌رسانی به سلول‌های برگ و اختلال در امر فتوسنتز می‌گردد و ازآنجاکه میزان آب تعرق یافته از طریق گیاه با عملکرد رابطه مستقیم دارد بنابراین آبیاری گیاهان با آب شور سبب کاهش پتانسیل عملکرد گیاه می‌شود (*مانز*، 2005). محققین (*کاترجی*[2] و همکاران، 2008) بیان داشتند که با افزایش شوری و یا اعمال خشکی میزان آب قابل‌دسترس گیاه کاهش می‌یابد لذا این شرایط وضعیت آب و تبادل گازها در گیاه را در کوتاه‌مدت و رشد و عملکرد را در درازمدت کاهش می‌دهد. ازآنجاکه رقم ارگ نسبت به تجن دارای وزن خشک اندام هوایی بیش‌تری بوده است و درصد کاهش وزن خشک اندام هوایی در رژیم‌های مختلف آبیاری و در سطوح مختلف شوری در هر دو رقم مشابه است، در مقدار آب مصرفی یکسان، کارآیی مصرف آب وزن خشک اندام هوایی در رقم ارگ بیش‌تر از تجن است. به نظر می‌رسد افزایش کارآیی مصرف آب وزن خشک اندام هوایی در تیمار کم‌آبیاری نسبت به آبیاری کامل در هر سطح از شوری در رقم تجن، به‌دلیل عدم تأثیر کاهش پتانسیل اسمزی ناشی از کم آبیاری بر تولید ماده خشک اندام هوایی در این رقم باشد. در این آزمایش اثرات اسمزی حاصل از تیمار کم آبیاری بر وزن خشک اندام هوایی رقم تجن به حدی نبوده است که موجب کاهش راندمان مصرف آب وزن خشک اندام هوایی نسبت به آبیاری نرمال گردد. کاهش عملکرد دانه در هر دو رژیم آبیاری در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار در رقم تجن موجب کاهش کارآیی مصرف آب دانه در این رقم در این سطح از شوری شد. در تحقیق *وانگ* و همکاران (2015) افزایش شوری آب آبیاری مقدار راندمان مصرف آب دانه را از ۱/۴۹ به ۱/۲۱ کاهش داد. در رقم ارگ به‌دلیل عدم‌تغییر معنی‌دار عملکرد دانه در سطوح مختلف شوری، راندمان مصرف آب دانه تغییر چشمگیری نداشت. به‌دلیل تحمل بیش‌تر بافت‌ها نسبت به سدیم و نیز توانایی بیش‌تر رقم ارگ در انتقال پتاسیم به اندام هوایی در شرایط شوری کاهشی در مقدار راندمان مصرف آب دانه در این رقم در این آزمایش ملاحظه نگردید درصورتی‌که در رقم تجن شوری ۱۵۰ میلی‌مولار موجب کاهش آن گردید. تأثیر شوری در کاهش راندمان مصرف آب دانه در این تحقیق، در سایر گزارشات نیز مورد تأیید قرار گرفته است (*جیانگ*[3] و همکاران، 2012؛ *وانگ*[4] و همکاران، 2015).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که یکی از عوامل مهم در میزان تحمل به شوری گیاه گندم تحمل بافت‌ها نسبت به عناصر سمی (سدیم) است و باتوجه به این‌که در این آزمایش تحمل ارقام نسبت به اثرهای اسمزی ناشی از شوری مشابه است، تفاوت موجود بین ارقام به لحاظ تحمل بافت‌ها، می‌تواند تفاوت آن‌ها را در تحمل به تنش شوری آشکار سازد. کاهش نسبی وزن خشک اندام هوایی در سطوح مختلف شوری در هر دو رقم مشابه بود. شوری ۱۵۰ میلی‌مولار موجب کاهش عملکرد دانه رقم تجن به مقدار ۲۸ درصد شد اما در رقم ارگ به‌دلیل تحمل بالای

1. Bauder
2. Katerji
3. Jiang
4. Wang

www.SID.ir

Archive of SID

بافت‌ها، عملکرد دانه تحت شرایط شوری تغییری نداشت. تنش اسمزی حاصل از رژیم ۸۵ درصد نیاز آبی در کاهش نسبی عملکرد هر دو رقم بی‌تأثیر بود. راندمان مصرف آب دانه رقم تجن در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار و رژیم ۸۵ درصد نیاز آبی به‌طور معنی‌داری (حدود ۲۹ درصد) کاهش یافت درصورتی‌که تأثیر آن در رقم ارگ معنی‌دار نبود. به‌دلیل این‌که ارقام دارای تحمل بالا نسبت به املاح می‌توانند در شرایط شوری و محدودیت آب با اعمال مدیریت صحیح در آبیاری، ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب آبیاری، راندمان مصرف آب دانه بالاتری داشته باشند، لذا می‌توان از این خصوصیت جهت گزینش ارقام متحمل به شوری استفاده نمود. باتوجه به این‌که شوری و کمبود منابع آبی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده عملکرد گیاهان زراعی محسوب می‌گردد، بنابراین توسعه ارقامی از گندم با تحمل بالای بافت‌ها نسبت به عناصر سمی به‌ویژه سدیم در اراضی شور و دارای محدودیت آب امری ضروری است.

منابع

Bauder, T. A., Waskom, R. M. and Davis, J. G. 2006. Irrigation water quality criteria. Colorado State University Cooperative Extension Fact Sheet 0.506.

Chaves, M. M., Flexas, J. J. and Pinheiro, C. 2009. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. Annals of Botany, 103: 551-560.

Cuin, T. A., Tian, Y., Betts, S. A., Chalmandrier, R. and Shabala, S. 2009. Ionic relation and osmotic adjustment in durum and bread wheat under saline conditions. Functional Plant Biology, 36: 1110-1119.

Fereres, E. and Soriano, M. A. 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. Journal of Experimental Botany, 58 (2): 147-159.

Greets, S. and Raes, D. 2009. Deficit irrigation and on farm strategy to minimize crop water productivity in dry areas. Agricultural Water Managenent, 96: 1275-1284.

Garcia del Moral, L. F., Rharrabti, Y., Villegas, D. and Royo, C. 2003. Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under Mediterranean conditions: an ontogenic approach. Agronomy Journal, 95: 266-274.

Gontia, N. K., Tiwari, K. N., 2008. Development of crop water stress index of wheat crop for scheduling irrigation using infrared thermometery. Agricultural Water Management, 95: 1144-1152.

Hsiao, T. C., Steduto, P. and Fereres, E. 2007. A systematic and quantitative approach to improve water use efficiency in agriculture. Irrigation Science, 25: 209-231.

Husain, S., Munns, R. and Condon, A. G. 2003. Effect of sodium exclusion trait on chlorophyll retention and growth of durum wheat in saline soil. Australian Journal of Agricultural research, 54: 589-597.

Husain, S., Caemmerer, S. V. and Munns, R. 2004. Control of salt transport from root to shoot. Functional Plant Biology, 31: 1115-1126.

Jiang, J., Huo, Z. L., Feng, S. F. and 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 Crop Research, 137: 78-88.

Katerji, N., Mastrorilli, M. and 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. and 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.

Munns, R., Hare, R. A., James, R. A. and Rebetzke, G. J. 2000. Genetic variation for improving the salt tolerance of durum wheat. Australian Journal of Agricultural Research, 51: 69-74.

Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment, 25: 239-250.

Munns, R., Husain, S., Rivelli, A. R., James, R. A. and Condon, A. G. 2002. Avenues for increasing salt tolerance of crops, and the role of physiologically based selection traits. Plant and Soil, 247: 93-105.

Munns, R. and James, R. A. 2003. Screening method for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. Plant and Soil, 253: 201-218.

Munns, R. 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. New Phytologist, 167: 645-663.

Munns, R., James, R. A. and Lauchli, A. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. Journal of Experimental Botany, 57: 1025-1043.

Munns, R. and James, R. A. 2007. Recent advances in breeding wheat for production and salt stresses. M. A. Jenks, et al. (eds.). Advances in molecular breeding toward drought and salt tolerant crops, Springer, Chapter 22, 565-585.

Munns, R. and Tester, M. 2008. Mechanism of Salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology, 59: 651-681.

Munns, R., Wallace, P., Teakle, N. and Colmer, T. 2010. Measuring soluble ion concentrations (Na^+, K^+, Cl^-) in salt treated plants. pp. 371-382, In: R. Sunkar (Ed.), Plant Stress Tolerance, Methods in Molecular Biology, Springer Science Business Media.

Munns, R., James, R. A., Islam, M. R. and Colmer, T. D. 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.

www.SID.ir

Archive of SID
Munns, R., James, R. A., Xu, B., Athman, A., Conn, S. J., Jordans, C., Byrt, C. S., Hare, R. A., Tyerman, S. D., Tester, M., Plett, D. and Gilliham, M. 2012. Wheat grain yield on saline soils is improved by an ancestral Na^+ transporter gene. Nature Biotechnology, 30 (4): 360-366.

Munns, R. and Gilliham, M. 2015. Salinity tolerance of crops-what is the cost? New Phytologist. Available online at: http://www.newphytologist.com. Accessed 15 December 2015.

Poustini, K. and Siosemardeh, A. 2004. Ion distribution in wheat cultivars in response to salinity stress. Field Crops Research, 85: 125-133.

Rahnama, A., Munns, R., Poustini, K. and 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. and 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. and Meskarbashi, M. 2016. Relation between root growth traits and physiological indices of two bread wheat cultivars under salt stress. Iranian Journal of Filed Crop Science, 47 (1): 109-117.

Shelden, M., Roesnner, U., Sharp, R. E., Tester, M. and Bacic, A. 2013. Genetic variation in the root growth response of barley genotypes to salinity stress. Functional Plant Biology, 40: 516-530.

Southorn, N. 1997. Farm irrigation (planning and management). Reed International Books Australia. Inkata press, Port Melbourne, 164 pp.

Wang, X., Yang, J., Liu, G., Yao, R. and 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.

Yousfi, S., Serret, D. M., Voltas, J. and Araus, J. L. 2010. Effect of salinity and water stress during the reproductive stage on growth, ion concentrations, Δ^{13} C, and δ^{15}N of durum wheat and related amphiploids. Journal of Experimental Botany, 61 (13): 3529-3542.

Zhu, M., Shabala, L., Cuin, T. A., Huang, X., Zhou, M., Munns, R. and Shabala S. 2016. *Nax* loci affect SOS1-Like Na^+/H^+ exchanger expression and activity in wheat. Journal of Experimental Botany, 67 (3): 835-844.

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of Different Salinity Levels and Irrigation Regimes on Certain Growth Properties and Water Use Efficiency in Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivars

Atlassi Pak[1*], V., Bahmani[2], O. and Afshin Nik[3] S.

Abstract

In this study, response of two bread wheat cultivars (Arg and Tajan) to different irrigation regimes (full irrigation and 85 percent of water requirement) and different salinity levels (0, 50, 100 and 150 mM NaCl) in a greenhouse using a factorial experiment based on a randomized complete block designe with three replications was evaluated. Treatments were imposed when the leaf 4 was fully expanded. 150 mM level of salinity significantly decreased shoot dry weight, root dry weigh, and water use efficeiny in grain and shoot dry weight. Although, water use efficeiny in grain and shoot dry weight of tolerant Arg cultivar (3.9 and 0.97 g/L per plant respectively) was more than sensitive Tajan cultivar (2.8 and 0.85 g/L per plant respectively), but both cultivars had the same reduction in shoot dry weight. Deficit irrigation decreased the rate of roots Na^+, shoot Na^+ and flag leaf Na^+, and increased flag leaf K^+/ Na^+ ratio from 4.73 to 5.33 and water use efficeiny in shoot dry weight from 3.1 to 3.5 g/L per plant respectively. The yield of both cultivars did not affect by 50 and 100 mM NaCl. At last, 150 mM NaCl caused a same reduction in yield at full irrigation and 85 percent of water requirement in Tjan, but in Arg cultivar, the yield did not affect by this level of salinity. Because grain yield of both cultivars did not affect by deficit irrigation under salinity levels, thus they had a similar resistance to osmotic stress.

Keywords: Osmotic stress, Shoot Na^+, Yield, Root dry weight

1. Assistance Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran
2 and 3. Assistance Professor and MSc Student, Respectively, Department of Water Sciences and engineering, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
※: Corresponding author Email: v.atlassi@gmail.com

This paper has been extracted from the third author's MSc thesis under the guidance of Omid Bahmani.

www.SID.ir