Archive of SID

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد دوازدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۸
۱۳۰۳-۱۳۱۲
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2019.1679.1377

مقاله پژوهشی

تأثیر سطوح مختلف کیفیت آب آبیاری و کود سولفات آهن بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.)

مهدی کریمی
استادیار پژوهش، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۳/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۴/۲۴

چکیده

به‌منظور مطالعه تأثیر کیفیت آب آبیاری و مصرف خاکی سولفات آهن بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم (رقم بم) آزمایشی در ایستگاه تحقیقاتی مرکز ملی تحقیقات شوری اجرا شد. این تحقیق دارای سه سطح کیفیت آب آبیاری (شوری ۱/۸۸ دسی‌زیمنس بر متر و نسبت جذب سدیم ۵/۷۶، شوری ۷/۲۲ دسی‌زیمنس بر متر و نسبت جذب سدیم ۱۱/۸۲ و شوری ۱۴/۱۶ دسی زیمنس بر متر و نسبت جذب سدیم ۲۴/۷۳) به‌عنوان فاکتور اصلی و چهار سطح کود سولفات آهن شامل صفر، ۲۰، ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار به‌عنوان فاکتور فرعی بود. آزمایش در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی به‌صورت اسپلیت‌پلات با سه تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد که با افزایش شوری آب آبیاری از ۱/۸۸ به ۷/۲۲ دسی زیمنس بر متر، عملکرد دانه و کاه گندم کاهش معنی‌داری نداشت. علت این مشاهده افزایش وزن هزار دانه و شاخص برداشت با افزایش شوری از ۱/۸۸ به ۷/۲۲ دسی زیمنس بر متر بود. با افزایش شوری آب آبیاری به ۱۴/۱۶ دسی زیمنس بر متر عملکرد دانه و کاه حدود ۵۰ درصد کاهش یافت. این کاهش به دلیل تأثیر منفی افزایش شوری بر طول سنبله، تعداد سنبلک بارور، تعداد دانه در سنبله و تعداد کل سنبلک‌ها و افزایش تعداد سنبلک عقیم با افزایش شدت تنش شوری بود. بررسی اثرات متقابل شوری و کود سولفات آهن نشان داد که بیشترین میزان عملکرد دانه در شوری‌های آب آبیاری ۱/۸۸، ۷/۲۲ و ۱۴/۱۶ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب از مصرف ۴۰، ۲۰ و صفر کیلوگرم در هکتار کود سولفات آهن حاصل شد؛ بنابراین، به نظر می‌رسد با کاهش کیفیت آب آبیاری (افزایش شوری و نسبت جذب سدیم) مقدار آهن موردنیاز گندم جهت حصول بیشترین عملکرد کاهش می‌یابد.

***واژه‌های کلیدی*: تنش شوری، نیاز کودی، یزد.**

مقدمه

روند افزایشی تنش شوری یکی از چالش‌های بخش کشاورزی در سطح ملی و بین‌المللی محسوب شده به‌نحوی‌که پیش‌بینی‌ها حاکی از این واقعیت است که در سال ۲۰۵۰ حدود ۵۰ درصد از اراضی قابل‌کشت دنیا تحت تأثیر تنش شوری قرار خواهند گرفت (Qadir et al., 2014). در ایران، بیش از نیمی از زمین‌های قابل‌کشت که حدود ۲۷ میلیون هکتار را شامل می‌شود متأثر از تنش شوری و قلیائیت (سدیمی) است (Rezvani Moghaddam and Koocheki, 2001). بنابراین، ضرورت دارد نسبت به کاهش عواقب منفی این تنش اقدامات لازم انجام پذیرد (Butcher et al., 2016).

افزایش فشار اسمزی محلول خاک، کاهش آب قابل‌استفاده گیاه و سمیت برخی عناصر از قبیل سدیم، کلرید و بور مهم‌ترین مکانیسم‌هایی از تنش شوری هستند که موجب محدودیت رشد گیاه می‌گردد. تخصیص انرژی تولیدشده از فرایند فتوسنتز به تنظیم فشار اسمزی داخل گیاه به‌جای فرایندهای رشدی (رویشی و زایشی) گیاهان، تولید هورمون‌های گیاهی نظیر آبسیزیک اسید و سیتوکنین

* نگارنده پاسخگو: مهدی کریمی. پست الکترونیک: karimi_nsrc@yahoo.com, m.karimizarchi@areeo.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

توسط ریشه‌ها که کنترل‌کننده میزان رشد می‌باشند نیز یکی دیگر از روش‌های کنترل رشد گیاهان در شرایط تحت تنش است (Bucher et al., 2016). بخش دیگری از اثر منفی شوری بر رشد گیاهان، مربوط به برهم خوردن تعادل عناصر غذایی ناشی از کاهش جذب و انتقال عناصر است (Maas and Hoffman, 1977: Maas, 1990). همچنین نتایج تحقیقات انجام‌شده (Chakraborty et al., 2016; Abbas and Mobin, 2016) نشان داد که جذب آهن توسط گیاهان با افزایش شدت تنش شوری کاهش می‌یابد. همچنین شوری به‌طور مستقیم بر فرآیند جذب، قابلیت دسترسی و انتقال عناصر کم‌مصرف مانند آهن و روی اثر گذاشته و با کاهش یا افزایش جذب، انباشتگی و تغییر توزیع عنصر در داخل گیاه بر کیفیت و عملکرد محصول اثر می‌گذارد (Khoshgoftarmanesh et al., 2006).

ازآنجاکه قابلیت دسترسی عناصر غذایی در خاک‌های ایران به نحوی است که قادر به تأمین همه نیازهای گیاهان نیست مصرف کودهای شیمیایی به‌عنوان تقویت‌کننده خاک و عامل افزایش رشد و عملکرد گیاهان نقش مهمی در افزایش عملکرد در واحد سطح دارد (Keshavarz et al., 2015; Karimi, 2015). این مهم به‌خوبی توسط کارشناسان و کشاورزان پذیرفته شده است به‌نحوی‌که در حال حاضر سالانه بیش از یک‌میلیون تن عنصر غذایی در ایران مصرف می‌شود و نسبت به دهه ۱۳۴۰ به میزان ۷۶ برابر افزایش یافته است (Keshavarz et al., 2015).

کمبود عناصر کم‌مصرف در اراضی زیر کشت غلات گسترش جهانی داشته و میلیون‌ها هکتار از اراضی قابل‌کشت در دنیا دارای کمبود یک یا چند عنصر غذایی کم‌مصرف هستند در ایران نیز طبق بررسی‌های انجام‌شده حدود ۳۷ درصد از مزارع تحت کشت گندم آبی دچار کمبود شدید آهن هستند (Khoshgoftarmanesh et al., 2006). کمبود آهن در گیاهان معمولاً در خاک‌های آهکی اتفاق می‌افتد که علت آن قلیایی بودن و قابلیت هدایت الکتریکی زیاد عصاره اشباع خاک و مقدار قابل‌توجه کربنات‌های آزاد است (Khoshgoftarmanesh et al., 2006).

نتایج تحقیقات خوش‌گفتار منش و همکاران (Khoshgoftarmanesh et al., 2006) نشان داد که مصرف ۲۰ کیلوگرم سکوسترین آهن با افزایش حدود ۱۴ درصدی عملکرد دانه گندم همراه بود و شاخص‌های میانگین بارآوری، میانگین هندسی بارآوری و تحمل به تنش مناسب‌ترین شاخص‌ها برای شناسایی و معرفی ارقام متحمل به کمبود آهن هستند.

تضادهای بسیار زیادی در مدیریت مصرف کودهای شیمیایی وجود دارد (Hanson et al., 2006; Bernstein et al., 1974). نتایج برخی از تحقیقات نشان داد که با افزایش شدت تنش شوری باید مقدار بیشتری از کودهای شیمیایی را مصرف نمود. علت لزوم مصرف بیشتر کود در شرایط شور کاهش رشد ریشه و کاهش سطح جذب عناصر غذایی است (Balali et al., 2001). لیکن نتایج برخی تحقیقات به مصرف کمتر یا حداقل مصرف مشابه کودهای شیمیایی در خاک‌های شور نسبت به خاک‌های غیر شور اشاره دارد. علت این موضوع کاهش میزان پتانسیل تولید است (Bar-Tal, 1991). بررسی منابع موجود بیانگر این واقعیت است که شوری به‌ندرت موجب افزایش کمبود عناصر غذایی می‌شود و قبل از اصلاح خاک باید نسبت به شناسایی و مرتفع نمودن عامل محدودکننده‌تر اقدام نمود (Hanson et al., 2006). البته این نتیجه‌گیری به معنای عدم مصرف کودهای شیمیایی در شرایط شور نیست بلکه به این معنی است که مصرف بیش‌ازحد توصیه‌شده عناصر غذایی (در شرایط غیر شور) موجب افزایش عملکرد نمی‌شود. عوامل مختلفی نظیر گلخانه‌ای یا مزرعه‌ای بودن تحقیق، استفاده از معیارهای مختلف برای بیان میزان تنش شوری واردشده به گیاه، تفاوت بین ارقام گندم، مدیریت‌های مختلف مزرعه‌ای نظیر آبیاری و ترکیب متفاوت منابع آب‌شور مورداستفاده ازجمله دلایل اصلی تضاد در تفسیر نتایج مربوط به اثرات متقابل شوری و تغذیه است (Grattan and Grieve, 1999; Karimi, 2015).

با بررسی تحقیقات انجام‌شده در زمینه اثر متقابل شوری و حاصلخیزی خاک توسط محققین داخل و خارج از کشور انجام‌شده است و به برخی از آن‌ها اشاره شد ملاحظه می‌شود که نتایج محققین مختلف کاملاً هماهنگ نیست. اختلافات موجود می‌تواند به دلیل تفاوت در شرایط تحقیق (ازنظر اقلیم، سطوح شوری مورداستفاده و کیفیت خاک) باشد. با توجه به اینکه نیاز کودی رقم موردمطالعه (رقم بم) در استان یزد تاکنون موردبررسی قرار نگرفته است، انجام این تحقیق ضروری به نظر می‌رسد. عامل دیگری که تحقیق اخیر را نسبت به سایر تحقیقات انجام‌شده در داخل کشور متمایز می‌کند فراهم بودن سه کیفیت منبع آب در یک مزرعه (منبع خاک) است. بنابراین، تحقیق اخیر تلاش کرد تا با بررسی اثر

www.SID.ir

Archive of SID

متقابل سطوح مختلف شوری (شوری‌های کمتر، نزدیک و بیشتر از حد آستانه تحمل به شوری) و عنصر غذایی آهن نیاز گندم رقم بم به کود سولفات آهن در شرایط مزرعه‌ای استان یزد مشخص نماید.

مواد و روش‌ها

این تحقیق مزرعه‌ای به مدت سه سال در ایستگاه تحقیقاتی مرکز ملی تحقیقات شوری واقع در استان یزد انجام شد. اقلیم منطقه بر اساس روش دومارتن اصلاح‌شده فراخشک سرد با میانگین بارندگی سالانه ۷۰ میلی‌متر و میانگین سالانه تبخیر از تشتک ۴۰۰۰ میلی‌متر است (Rad et al., 2009). تیمارهای این تحقیق شامل سه سطح شوری آب آبیاری (۱/۸۸، ۷/۲۲ و ۱۴/۱۶ دسی زیمنس بر متر) و چهار سطح کود سولفات آهن (صفر، ۲۰، ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار) بود. آزمایش در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی و به‌صورت اسپلیت‌پلات با سه تکرار اجرا شد. به‌منظور تطابق حداکثری شرایط تحقیق با شرایط واقعی کشاورز، دو منبع آب آبیاری طبیعی با هدایت‌های الکتریکی ۱/۸۸ و ۱۴/۱۶ دسی زیمنس بر متر (جدول ۲) در دو استخر جداگانه اما در یک مزرعه (ایستگاه تحقیقات شوری صدوق واقع در استان یزد) ذخیره گردید (Karimi, 2019). آب آبیاری با شوری ۷/۲۲ دسی زیمنس بر متر از طریق اختلاط دو منبع آب آبیاری دیگر تهیه و از طریق سیستم لوله‌کشی به سطح مزرعه منتقل گردید. منابع آب مورداستفاده در این تحقیق (جدول ۲) به نحوی انتخاب گردید که دامنه وسیعی از تنش شوری، شامل تنش کمتر، نزدیک و بیشتر از حد آستانه، به گیاه وارد گردد. اولین منبع آب آبیاری با هدایت الکتریکی ۱/۸۸ دسی زیمنس بر متر، غیر شور محسوب می‌شود (Ayers and Westcott, 1985) و انتظار می‌رود تیمارهایی که از این منبع آب آبیاری می‌شوند بیشترین عملکرد را داشته باشند. دومین و سومین منابع آب ازنظر کشاورزی آب‌شور محسوب می‌شوند لذا انتظار می‌رود مصرف این آب‌ها با کاهش عملکرد دانه و کاه گندم همراه باشد (Grattan and Grieve 1999). گندم رقم بم در تاریخ ۱۵ آبان ماه، با تراکم کاشت ۵۰۰ بذر در هر مترمربع در کرت‌هایی به مساحت ۱۲/۵ مترمربع کشت گردید. عملیات آبیاری به‌صورت آبیاری ثقلی و در ۶ مرحله، به ترتیب در پانزدهم آبان، اول آذر، دوازدهم دی، نهم اسفند، بیست و هشتم اسفند و پانزدهم فروردین، صورت پذیرفت. به‌غیراز آبیاری دوم و سوم که با عمق حدود پنج سانتیمتر انجام شد عمق آب آبیاری در سایر آبیاری‌ها حدود ۱۰ سانتیمتر بود. لازم به ذکر است که گندم رقم بم یکی از ارقام متحمل به شوری است و عملکرد دانه آن تا شوری آب آبیاری ۱۲ دسی زیمنس بر متر حدود ۵ تن در هکتار است (Vahhabzadeh et al., 2009; Amini, 2016).

بر اساس جدول ۱ میزان آهن قابل‌دسترس خاک موردمطالعه ۳/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک است و کمتر از میزان بهینه توصیه‌شده (Moshiri et al., 2014) است لذا پیش‌بینی می‌شود رشد و نمو گندم بدون تأمین آهن با محدودیت مواجه شود. لذا مصرف کودهای حاوی آهن جهت تولید بیشترین عملکرد ضرورت دارد. کود سولفات آهن قبل از کاشت و بر اساس تیمارهای تعریف‌شده مصرف شد. سایر کودهای کم‌نیاز و پرنیاز با توجه به نتایج تجزیه خاک (جدول ۱) و توصیه‌های کودی موجود (Balali et al., 2000; Malakooti, 2000; Moshiri et al., 2014) مصرف شد. میزان سوپرفسفات تریپل، اوره، سولفات روی، سولفات منگنز و سولفات مس مصرفی به ترتیب معادل ۱۰۰، ۴۰۰، ۴۰، ۴۰ و ۲۰ کیلوگرم در هکتار بود. کودهای کم‌مصرف و فسفری پیش از کاشت و در یک مرحله مصرف شد. کود اوره در چهار مرحله و در تاریخ‌های چهاردهم آذرماه، دوازدهم دی‌ماه، هشتم اسفند و شانزدهم فروردین مصرف شد. خصوصیات خاک مانند قابلیت هدایت الکتریکی (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954)، بافت به روش هیدرومتر (Bouyoucos, 1962) اسیدیته در گل اشباع، کربن آلی به روش واکی بلاک (Jackson, 1958) فسفر قابل‌جذب به روش آبی آسکوربیک (Watanabe and Olsen, 1965) و پتاسیم با روش استات آمونیوم عصاره‌گیری (Behbahanizadah and Ehyaee, 1993) و با دستگاه فلیم فتومتر تعیین شد. ترکیب آنیونی و کاتیونی آب‌های مورداستفاده در مزرعه نیز به روش آزمایشگاه شوری ایالات‌متحده امریکا (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954) اندازه‌گیری شد. در پایان فصل رشد، سه مترمربع از هر کرت آزمایشی برداشت و عملکرد دانه و کاه اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین اجزای عملکرد دانه نیز تعداد ۱۰ بوته را به‌طور تصادفی انتخاب و تعداد دانه در سنبله، تعداد دانه در سنبلک، وزن هزار دانه، طول ساقه اصلی، ارتفاع کل ساقه اصلی و طول سنبله اندازه‌گیری شد. شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیکی محاسبه شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه‌وتحلیل شد. مقایسه

www.SID.ir

Archive of SID

میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنـد دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار سیگماپلات ترسیم شد.

نتایج و بحث

اثر شوری بر عملکرد و اجزا عملکرد گندم

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که کیفیت آب آبیاری اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه، عملکرد کاه، تعداد کل سنبلک‌ها، تعداد دانه در خوشه، تعداد سنبلک بارور، تعداد سنبلک عقیم و طول ساقه داشت لیکن تنش شوری نتوانست تأثیر معنی‌داری بر طول سنبله، وزن هزار دانه و شاخص برداشت داشته باشد.

ارتباط بین تنش شوری و عملکرد دانه (رشد زایشی) و کاه گندم (رشد رویشی) به‌صورت غیرخطی و سیگموئیدی بود (شکل ۱). این نوع الگوی کاهش عملکرد با افزایش شوری اولین بار توسط وانگن اوختن (Van Genuchten et al., 1984) ارائه و سپس توسط سایر محققین (Castrignanò et al., 2002) گزارش گردید. این معادله به این نکته اشاره دارد که با افزایش شوری آب آبیاری از ۱/۸۸ به حدود ۴ دسی زیمنس بر متر عملکرد دانه گندم موردمطالعه (رقم بم) کاهش نیافت. این مشاهده به دلیل عدم تأثیر معنی‌دار این سطح از تنش بر شاخص‌هایی نظیر شاخص برداشت و وزن هزار دانه و روند افزایشی آن‌ها با افزایش شدت شوری بود (جدول ۴)؛ به‌عبارت‌دیگر نتایج این تحقیق نشان داد که امکان کاربرد آب‌های با شوری ۴ دسی زیمنس بر متر بدون کاهش عملکرد دانه و تولید ۶/۳ تن در هکتار دانه وجود دارد. بررسی منابع موجود (Ayers and Westcott, 1985) نشان می‌دهد که گیاه گندم یک گیاه نسبتاً متحمل به تنش شوری است و میزان تحمل به شوری در بین ارقام مختلف متفاوت است. رقم بم یکی از ارقام متحمل به شوری است و میزان عملکرد آن در شوری آب آبیاری هشت الی ۱۲ دسی زیمنس بر متر ۴/۹۶ تن در هکتار گزارش شده است (Vahhabzadeh, et al., 2009; Amini, 2016). تفاوت زیاد بین ارقام مختلف گندم ازنظر تحمل به شوری توسط سایر محققین (Karimi, 2015) نیز گزارش شده است.

بر اساس شکل ۱، میزان عملکرد کاه و دانه در شوری آب آبیاری ۱۳/۳۴ و ۱۴/۴۸ دسی زیمنس بر متر به میزان ۵۰ درصد کاهش یافت. کاهش ۵۰ درصدی عملکرد دانه در شرایط این تحقیق عمدتاً به دلیل کاهش معنی‌دار طول سنبله، تعداد سنبلک بارور، تعداد دانه در سنبله و تعداد کل سنبلک‌ها و افزایش تعداد سنبلک عقیم است (شکل ۲). کاهش شدید عملکرد دانه با افزایش شوری آب آبیاری توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Ayers and Westcott, 1985). لازم به ذکر است که میزان کاهش عملکرد گندم با افزایش تنش شوری به نوع رقم بستگی دارد (Steppuhn et al., 2005). این محققین به این نکته اشاره‌کرده‌اند که شوری عصاره اشباع خاکی که ۵۰ درصد از عملکرد پتانسیل گندم تولید می‌شود بین ۲/۷۶ تا ۲۴/۷۱ دسی زیمنس بر متر متغیر است.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (لایه ۰-۳۰ سانتیمتر)

Table 1. Physico-chemical properites of the soil used in the experiment (0-30 cm).

بافت خاک	کربن آلی	نیتروژن	مواد خنثی‌شونده	اسیدیته	فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	روی	مس
Soil texture	O.C	N	$CaCO_3$	pH	P	K	Fe	Mn	Zn	Cu
لوم شنی	---------- % ----------				---------- mg kg^{-1} ----------					
S.L	0.22	0.02	30.92	8.06	8.2	150	3.8	3.18	0.34	0.62

جدول ۲. ویژگی‌های منابع آب مورداستفاده در طرح

Table 2. The results of water quality analysis used in the experiment.

هدایت الکتریکی	اسیدیته	نسبت کلسیم به منیزیم	نسبت جذب سدیم	کلسیم	منیزیم	سدیم	پتاسیم	کربنات	بی‌کربنات
ECiw	pH	Ca/Mg	SAR	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	CO^{-2}_3	HCO^{-}_3
dS/m				---------- meqL^{-1} ----------					
1.88	8.26	0.85	5.76	4.15	4.85	12.22	0.13	0.38	2.85
7.22	8.22	0.52	11.82	9	17.15	42.68	0.24	0.3	1.67
14.16	8.26	0.52	24.73	22.19	42.8	141	0.41	0.92	1.98

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس اثرات کیفیت آب آبیاری و کود سولفات آهن بر عملکرد و اجزا عملکرد گندم.

Table 3. Analysis of variance for wheat yield and yield components in a split plot experimental design with iron sulphate application rates (Fe) and irrigation water qualities (S).

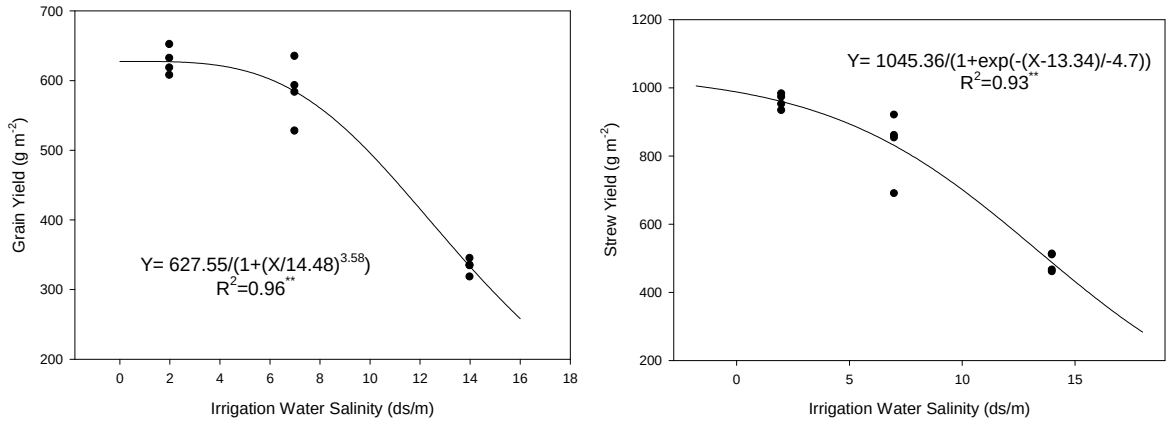
			میانگین مربعات خصوصیات گیاه Mean square of plant traits				
Sources of variation	منبع تغییرات	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد کاه Strew yield	وزن هزار دانه 1000 seed weight	شاخص برداشت Harvesting index	تعداد کل سنبلک Total spikelet No.
Replication	تکرار	2	7025.4^{ns}	2477.04^{ns}	0.73^{ns}	19.48^{ns}	10.28^{ns}
Water quality	کیفیت آب آبیاری	2	303530.9**	717646.5**	14.8^{ns}	26.06^{ns}	266.84**
Water quality *Rep (Error a)	اثر متقابل کیفیت آب و تکرار	4	3327.19^{ns}	9635.41^{ns}	15.92^{ns}	23.02^{ns}	8.05^{ns}
Iron	آهن	3	2166.17^{ns}	10518.48^{ns}	0.65^{ns}	29.62^{ns}	0.83^{ns}
Water quality *Iron (Error b)	اثر متقابل کیفیت آب و آهن	6	2570.87*	11292.79*	4.4^{ns}	48.34^{ns}	17.53*
CV(%)	ضریب تغییرات (٪)		*9.89*	*20.94*	*6.85*	*15.8*	*9.4*

Table 3. Continued **جدول ۳. ادامه**

			میانگین مربعات خصوصیات گیاه Mean square of plant traits				
Sources of variation	منبع تغییرات	درجه آزادی df	تعداد دانه در سنبله Seed per spike	تعداد سنبلک بارور Bearing spikelet No.	طول سنبلک Spikelet lenght	طول ساقه Stem lenght	تعداد سنبلک عقیم Non bearing spikelet No.
Replication	تکرار	2	10.28^{ns}	1.82^{ns}	0.29^{ns}	36.6^{ns}	0.01^{ns}
Water quality	کیفیت آب آبیاری	2	266.84**	19.71**	1.84^{ns}	392.71**	0.305**
Water quality *Rep (Error a)	اثر متقابل کیفیت آب و تکرار	4	8.05^{ns}	1.12^{ns}	1.87^{ns}	25.99^{ns}	0.16*
Iron	آهن	3	0.83^{ns}	0.19^{ns}	1.07^{ns}	4.51^{ns}	0.04^{ns}
Water quality *Iron (Error b)	اثر متقابل کیفیت آب و آهن	6	17.53*	0.83*	1.12*	12.19*	0.165^{ns}
CV(%)	ضریب تغییرات (٪)		*9.4*	*8.84*	*14.47*	*5.82*	*12.33*

مقادیر میانگین مربعات دارای ** و * به ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار هستند .مقادیر میانگین مربعات دارای ns از نظر آماری معنی‌دار نمی‌باشد.

Values of mean square followed by ** or * are significant at α=0.01 and α=0.05 respectively. ns= non- significant



شکل ۱. اثر شوری آب آبیاری بر عملکرد دانه و کاه گندم.

Fig. 1. Effect of irrigation water salinity on wheat strew and grain yield.

www.SID.ir

Archive of SID

اثر متقابل شوری و کود آهن بر عملکرد دانه گندم

نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثرات متقابل سطوح مختلف شوری و کود سولفات آهن موردمطالعه در تحقیق اخیر (جدول ۳) نشان داد که اثر متقابل بین شوری و کود سولفات آهن معنی‌دار نبود؛ به‌عبارت‌دیگر تأثیر کود آهن بر عملکرد و اجزا عملکرد گندم در سطوح مختلف شوری در شرایط این تحقیق مشابه بود. نتایج مربوط به مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری و کود آهن بر عملکرد دانه نیز مؤید این موضوع است (جدول ۵). همان‌طور که از جدول ۵ مشخص است در کلیه سطوح کود سولفات آهن مصرفی، با افزایش تنش شوری عملکرد دانه از روند نسبتاً مشابه و کاهشی برخوردار بود.

جدول ۴. اثر شوری آب آبیاری بر وزن هزار دانه و شاخص برداشت در گندم

Table 4. Effect of irrigation water salinity on 1000 seed weight and harvesting index in wheat.

شوری آب آبیاری (دسی‌زیمنس بر متر) **EC_{iw}** (dS/m)	وزن هزار دانه (گرم) **1000 seed weight** (g)	شاخص برداشت (٪) **Harvesting index** (%)
1.88	39.01a	39.57a
77.22	39.31a	42.45a
14.16	41.07a	40.6a

در داخل هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک کوچک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means within column followed by the same small letters are not significant at the 0.05 level, according to Duncan test.

اثر مثبت مصرف کود آهن بر عملکرد دانه گندم در اولین سطح شوری مشاهده شد (جدول ۵). مصرف ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار سولفات آهن به ترتیب موجب افزایش عملکرد دانه به میزان ۳۵۰ و ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به تیمار شاهد گردید. این افزایش به ترتیب معادل ۵/۵ و ۲/۲ درصد از عملکرد در تیمار شاهد بود. این مشاهده مطابق با فرض اولیه نیاز گندم به کود آهن با توجه به نتایج آزمون خاک است (Balali et al., 2000; Moshiri et al., 2014). با توجه به اینکه میزان آهن قابل‌جذب خاک ۳/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک (جدول ۱) و کمتر از میزان بهینه است (۷/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)، برای تولید مناسب گندم مصرف کود سولفات آهن ضرورت دارد (Moshiri et al., 2014). لزوم مصرف کود آهن در خاکی که مقدار آهن قابل‌استفاده آن کمتر از میزان بهینه باشد توسط سایر محققین نیز گزارش گردید (Khoshgoftarmanesh et al., 2006).

همان‌طور که از جدول ۵ مشخص است مصرف ۲۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات آهن در کرت‌هایی که با آب آبیاری با هدایت الکتریکی ۷/۲۲ دسی زیمنس بر متر آبیاری شدند، میزان عملکرد دانه از ۵/۲۷ به ۶/۳۴ تن در هکتار (معادل ۲۰ درصد) افزایش یافت و این افزایش ازنظر آماری معنی‌دار بود. علت پاسخ مثبت گندم به مصرف کود آهن، پایین بودن آهن قابل‌دسترس خاک است (Balali et al., 2000; Moshiri et al., 2014). هرچند مصرف بیشتر کود سولفات آهن در دومین سطح از تنش شوری موجب کاهش عملکرد دانه نسبت به تیمار مصرف ۲۰ کیلوگرم در هکتار گردید لیکن این کاهش ازنظر آماری معنی‌دار نبود.

جدول ۵. اثر متقابل شوری آب آبیاری و سطوح مختلف کود سولفات آهن بر عملکرد دانه گندم (تن در هکتار).

Table 5. Interactive effects of irrigation water salinity and iron fertilizer application rates on wheat grain yield (t ha^{-1}).

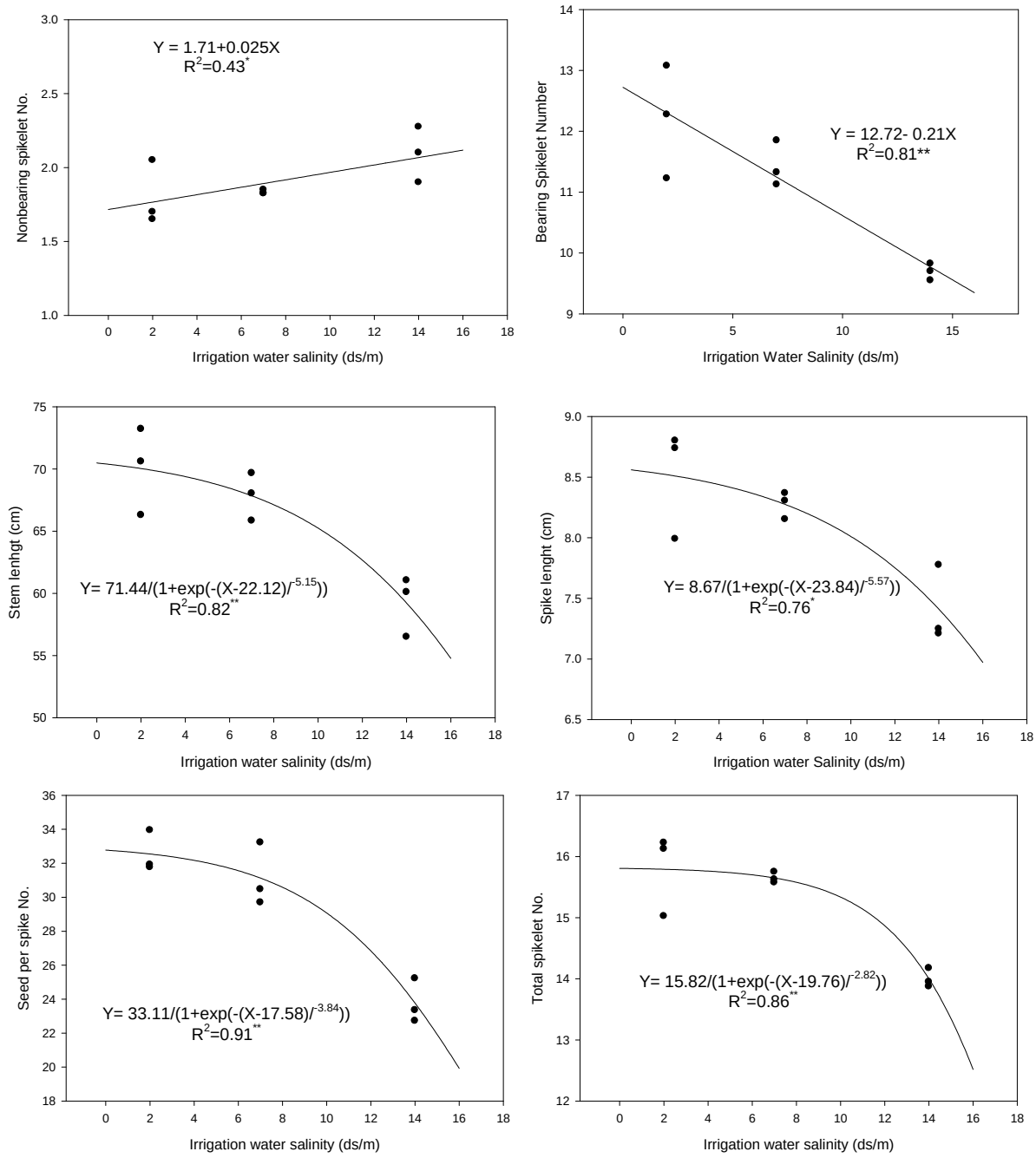
شوری آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر) **Irrigation water salinity** (dS/m)	میزان سولفات آهن مصرفی (کیلوگرم در هکتار) **Iron sulphate application rate** (kg ha^{-1})			
	0	**20**	**40**	**80**
1.88	6.17Aa	6.07Aa	6.51Aa	6.31Aa
7.22	5.27Ab	6.34Aa	5.82Aab	5.92Aab
14.16	3.43Ba	3.34Ba	3.44Ba	3.17Ba

در داخل هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک بزرگ هستند و در داخل هر ردیف، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک کوچک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means within column followed by the same capital letter and within rows followed by same small letters are not significant at the 0.05 level, according to Duncan test.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲. اثر شوری آب آبیاری بر اجزای عملکرد گندم.

Fig. 2. Effect of irrigation water salinity on yield component of wheat.

برخلاف سطوح اول و دوم تنش شوری موردمطالعه، در سومین سطح شوری آب آبیاری (هدایت الکتریکی ۱۴/۱۶ دسی زیمنس بر متر) مصرف کود سولفات آهن نتوانست تأثیری بر عملکرد دانه گندم داشته باشد. علت این مشاهده غالب بودن تأثیر تنش شوری بر فرایندهای رشد و نموی گیاه در این سطح از تنش شوری است. همان‌طور که از جدول ۵ مشخص است متوسط عملکرد دانه در سطوح اول، دوم و سوم شوری به ترتیب معادل ۶/۳، ۵/۶ و ۳/۳ تن در هکتار بود. با توجه به اینکه پتانسیل تولید گندم در سومین سطح شوری به حدود نصف کاهش یافت، عدم پاسخ گندم به کود سولفات آهن به دلیل کاهش نیاز گیاه به این عنصر غذایی منطقی به نظر می‌رسد. کاهش نیاز گیاه به عناصر غذایی با کاهش پتانسیل تولید آن‌ها توسط سایر محققین (Hanson, 2006; Grattan and Grieve, 1999) نیز گزارش شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

کاهش کود آهن موردنیاز ممکن است به خاطر افزایش حلالیت آهن خاک نیز اتفاق بیافتد. در راستای تائید این فرضیه، نتایج تحقیقات گذشته (Lu et al., 2004; Pérez-Gimeno et al., 2016) نشان داد که با افزایش شوری میزان آهن آبشویی شده و عصاره گیری شده با آب افزایش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق ثابت کرد که مصرف ۴۰ و ۲۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات آهن به ترتیب جهت حصول حداکثر عملکرد گندم آبیاری شده با آب‌های با هدایت الکتریکی ۱/۸۸ و ۷/۲۲ دسی‌زیمنس بر متر ضرورت دارد و آهن بومی خاک موردمطالعه قادر به تأمین آهن موردنیاز گیاه نیست. لیکن مصرف کود سولفات آهن برای رسیدن به حداکثر محصول که با آب آبیاری با هدایت الکتریکی ۱۴/۱۶ دسی‌زیمنس بر متر آبیاری شده است ضرورتی ندارد؛ به‌عبارت‌دیگر درصورتی‌که عامل اصلی محدودکنندگی رشد گیاه شوری باشد باید نسبت به رفع تنش شوری اقدام نمود و بهبود حاصلخیزی خاک از طریق مصرف کودهای شیمیایی و به میزانی بیشتر از میزان توصیه‌شده در شرایط غیر شور نمی‌تواند منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد گردد. نظر به اینکه بیشترین عملکرد دانه در شوری‌های آب آبیاری ۱/۸۸، ۷/۲۲ و ۱۴/۱۶ دسی‌زیمنس بر متر از مصرف ۴۰، ۲۰ و ۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات آهن حاصل گردید، چنین نتیجه‌گیری می‌شود که با افزایش شدت تنش شوری، نیاز گندم به کود سولفات آهن کاهش می‌یابد.

قدردانی

بدین‌وسیله از کلیه همکاران مرکز ملی تحقیقات شوری و بخش خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استان یزد که در اجرای این تحقیق کمک نمودند تشکر و قدردانی می‌گردد. این مقاله بخشی از نتایج طرح تحقیقاتی به شماره ثبت ۸۴۰۰۲-۰۰۰۰-۰۲-۰۰۰-۰۸-۰۰۷-۴ در سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی می‌باشد.

منابع

Abbas, Z.Kh., Mobin, M., 2016. Comparative growth and physiological responses of two wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars differing in salt tolerance to salinity and cyclic drought stress. Archives of Agronomy and Soil Science. 62(6), 745–758.

Aminisefidab, A., Vahabzadeh, M., Majidiheravan, E., Akbari, A., Afyoni, D., Saberi, M.H., Tabatabaei, M.T., Hajiakhondimeybodi, H., Kohkan, S.A., Lotfaliayeneh, G.A., Mehrabi, F., Afshari, F., Amiri, F., Ravari, Z., 2012. Cultivar Release: Arg, A New Bread Wheat Cultivar for Moderate Climate Zones of Iran with Salinity of Soil and Water. Seed and Plant Improvment Journal. 28-1(4), 723-726.

Ayers, R.S., Westcot, D.W., 1985. Water quality for agriculture, FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29, Rev. 1, U.N. Food and Agriculture Organization (FAO), Rome

Balali, M., Mohajeremilani, P., Khademi, Z., Doroodi, M.S., Mashayekhi, H.H., Malakooti, M.J., 2000. A Comperehensive Computer Model for Fertilizer Recommendation towards Sustainable Agriculture. Ammozeshe Keshavarzi Press, Karaj. [In Persian].

Bar-Tal, A., Feigenbaum, S., Sparks D.L., 1991. Potassium-salinity interactions in irrigated corn. Irrigation Science. 12, 27-35.

Behbahanizadah, A.A., Ehyaee, M. 1993. Methods of Soil Analysis. Soil and Water Research Institute paper No. 893, Soil and Water Research Institute, Tehran, Iran [In Persian].

Bernstein, L., Francois, L.E., Clark, R.A., 1974. Interactive effects of salinity and fertility on yields of grains and vegetables. Agronomy Journal. 66, 412-421.

Bouyoucos, C.J., 1962. Hydrometer method improved for making particle-size analysis of soil. Agronomy Journal. 54, 406-465.

Butcher, K., Wick, A.F., Desutter, T., Chatterjee, A., Harmon, J., 2016. Soil salinity: A threat to global food security. Agronomy Journal. 108, 2189–2200.

Castrignanò A., Katerji N., Mastrorilli M., 2002. Modeling crop response to soils alinity: review and proposal of a new approach. In: Katerji, N., Hamdy, A., van Hoorn, I.W., Mastrorilli, M. (eds.), Mediterranean Crop Responses to Water and Soil Salinity: Eco-physiological and

www.SID.ir

Archive of SID

Agronomic Analyses. Bari: CIHEAM, 2 002. p. 251 -280 (Options Méditerran éen n es: Série B. Etu des et Rech erch es; n. 36).

Chakraborty, K., Sairam, R.K., Bhaduri, D., 2016. Effects of different levels of soil salinity on yield attributes, accumulation of nitrogen, and micronutrients in Brassica spp. Journal of Plant Nutrition. 39(7), 1026–1037

Chen, W., Zhenan, H., Laosheng W., Yongchao L., Changzhou, W., 2010. Effects of salinity and nitrogen on cotton growth in arid environment. Plant and Soil, 326, 61–73.

Doroodi, M.S., Siadat, H., 2000. Effect of irrigation water salinity, potassium sulphate and urea on wheat yield and nutrient concentration. In: Malakooti, M.J., (ed.), Balanced Nutrition of Wheat. Amoozeshe Keshavarzi Press, Karaj, Iran, pp. 445-469. [In Persian].

Endris, S., Mohammad, M.J., 2007. Nutrient acquisition and yield response of barley exposed to salt stress under different levels of potassium nutrition. International Journal of Environmental Science and Technology. 4(3), 323–330.

Grattan S.R., Grieve, C.M., 1999. Mineral nutrient acquistion and response by plants grown in saline environments. In: Pessarakli, M., (ed.), Handbook of Plant and Crop Stress. CRC Press.

Hanson B.R., Grattan, S.R., Fulton, A., 2006. Agricultural salinity and drainage, United States of America. Department of Land, Air and Water Resources, University of California.

Heakal, M.S., Modahish, A.S., Mashady, A.S., Metwally, A.I., 1990. Combined effects of leaching fraction salinity and potassium content of waters on growth and water-use efficiency of wheat and barely. Plant and Soil. 125(2), 177-184.

Hocking, P.J., 1994. Dry-matter production, mineral nutrient concentrations, and nutrient distribution and redistribution in irrigated spring wheat. Journal of Plant Nutrition 17.8: 1289-1308.

Jackson, M.L., 1958. Soil Chemical Analysis. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Jafarzadeh, R., Jamimoeini, M., Hokmabadi, M., 2013. Response of yield and yield components in wheat to soil and foliar application of nano potassium fertilizer. Journal of Crop Production Research. 5,189-198. [In Persian with English summary].

Karimi, M., 2015. A Guideline for Wheat Nitogen Fertilization. Sahrasharq Press, Mashhad. [In Persian].

Karimi, M., 2019. Wheat (Bam variety) responses to interactive effects of irrigation water salinity and different rates of potassium sulphate fertilizer. Environmental Stresses on Crop Sciences. 12(1), 239-249. [In Persian with English summary].

Keshavarz, P., Moshiri, F., Tehrani, M.M., Balali, M.R., 2015. The necessity of integrated soil fertility management for wheat production in Iran. Journal of Land Management. 3, 61-72. [In Persian with English summary].

Kholdebarin, B., Eslamzadeh, T. 2001. Mineral Nutrition of Plants. Shiraz University Press. Shiraz. [In Persian].

Khoshgoftarmanesh, A.H., Shariatmadari H., Karimian, N., Kalbasi, M., Van der Zee, S., 2006. Cadmium and zinc in saline soil solutions and their concentrations in wheat. Soil Science Society of America Journal. 70, 582-589.

Khoshgoftarmanesh, A., Razizadeh, A., Eshqizadeh, H., Sharifi, H.R., Savaqebi, Q., Afyuni, D., Tadayyonnejad, M., 2012. Comparison of different spring wheat genotypes based on their response to iron fertilization in a calcareous soil. Journal of Water and Soil Science. 15(58), 99-107. [In Persian with English summary].

Lu, S.G., Tang, C., Rengel, Z., 2004. Combined effects of waterlogging and salinity on electrochemistry, water-soluble cations and water dispersible clay in soils with various salinity levels. Plant and Soil. 264, 231–245.

Maas, E.V., 1990. Crop salt tolerance. In: Tanji, K.K. (Ed.), Agricultural Salinity Assessment and Management. pp. 262-303. ASCE. Manuals and Reports on Engineering Practice No.71.Am.Soc.Civil Engineers, New York.

Maas, E.V., Hoffman, G.J., 1977. Crop salt tolerance-current assessment. Journal of Irrigation and Drainage Division. 103, 115-134.

Malakooti, M.J. 2010. Balanced Nutrition of Wheat. Amoozeshe Keshavarzi Press. Karaj. [In Persian].

Marschner, P., 2012. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. San Diego.

www.SID.ir

Archive of SID

Miller, E.C., 1939. A physiological study of the winter wheat plant at different stages of its development. Kansas State University Agricultural Experiment Station. Rep. 47.

Moshiri, F., Shahabi, A.A., Keshavarz, P., Khoogar, Z., Feiziasl, V., Tehrani, M.M., Asadirahmani, H., Samavat, S., Qeibi, M.N., Sadri, M.H., Rashidi, N., Khademi, Z., 2014. Guidelines for Integrated Soil Fertility and Plant Nutrition Management of Wheat. Sana Press, Tehran. [In Persian].

Motesharezadeh, B., Vatanara; F., Savaghebi, G.R., 2015. Effect of Potassium and Zinc on Some Responses of Wheat (*Triticum aestivum* L.) under Salinity Stress. Iranian Journal of Soil Research. 29, 243-381. [In Persian with English summary].

Pérez-Gimeno, A., Navarro-Pedreño, J., Belén Almendro-Candel, M., Gómez, I., Manue M., 2016. Jordán1Environmental consequences of the use of sewage sludge compost and limestone outcrop residue for soil restoration: salinity and trace elements pollution. Journal of Soils Sediments, 16,1012–1021.

Qadir, M., Quillerou, E., Nangia, V., Murtaza, G., Singh, M., Thomas, R.J., Dreschel, P., Noble, A.D., 2014. Economics of salt-induced land degradation and restoration. Natural Resource Forum. 38, 282–295.

Rad, M.H., Meshkat, M.A., Soltani, M., 2009. The effects of drought stress on some saxual's (*Haloxylon aphyllum*) morphological characteristics. Iranian Journal of Range and Desert Reseach. 16, 34-43. [In Persian with English summary].

Ramazanpur, M.R., Dastfal, M., Malakouti M.J., 2008. The Effect of Potassium in Reducing Drought Stress in Wheat in Darab. Iranian Journal of Soil Research. 22, 127-135. [In Persian with English summary].

Rezvani Moghaddam, P., Koocheki, A., 2001. Research history on salt affected lands of Iran: Present and future prospects–Halophytic ecosystem. International Symposium on Prospects of Saline Agriculture in the GCC countries, Dubai, UAE.

Rose, T. J., Rengel, Z., Ma, Q., Bowden, J.W., 2007. Differential accumulation patterns of phosphorus and potassium by canola cultivars compared to wheat. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 170, 404-411.

Steppuhn H., Van Genuchten, M.Th., Grieve, C.M., 2005. Root zone salinity; II. Indices for tolerance in agricultural crops. Crop Science. 45, 221-232.

Tayler, G.R., 2017. Evaluation of in-season wheat nutrient uptake changes and nitrogen management for grain and dual purpose winter wheat. MSc dissertation, College of Agriculture, Kansas State University, USA.

U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Washington. DC. USDA Handbook No. 60.

Vahhabzadeh, M., Majidiheravan, E., Hajakhoondimeibodi, H., Tabatabaee, M.T., Bozorgipoor, R., Bakhtiar, F., Akbari, A., Pakder, A., Sharifolhoseini, M., Afyouni, D., Rostami, H., Azarmjoo, H., Koohkan, SH., Amirijebalbarez, Q., Saberi, M.H., Binab, H., Qandi, A., Bahraee, S., Torabi, M., Nazari, K., Pirayeshfar, B., 2009. Bam, A new bread wheat cultivar for moderate climate zones with salinity of soil and water. Seed and Plant Improvement Journal. 25, 223-226. [In Persian with English summary].

Van Genuchten, M.Th., Hoffman, G.J., 1984 . Analysis of crop salt tolerance data. In: Shainberg, I., Shalhevet, J. (eds), Soil salinity under irrigation-process and dmanagement ecological studies 51. Springer, New York, USA, pp. 258-271.

Watanabe, F.S., Olsen, S.R., 1965. Test of an ascorbic acid method for determining phosphorous in water and $NaHCO_3$ extract from soil. Soil Science of American Procedure. 29, 677-678.

www.SID.ir