تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد سیزدهم، شماره سوم، پائیز ۱۳۹۹
۹۳۷-۹۵۱
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2020.2071.1554

مقاله پژوهشی

اثرات متقابل شوری آب آبیاری و کود نیتروژنه اوره بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) رقم بم

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

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۹/۰۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۲/۱۸

چکیده

این پژوهش مزرعه‌ای با هدف بررسی مقدار کود اوره موردنیاز گندم در سطوح مختلف شوری آب آبیاری طراحی و در ایستگاه تحقیقات شوری صدوق یزد که مجهز به استخرهای ذخیره آب با کیفیت‌های مختلف است اجرا شد. این پژوهش دارای سه سطح شوری آب آبیاری ۱/۸۸، ۷/۲۲ و ۱۶/۱۴ دسی‌زیمنس بر متر و پنج سطح کود اوره شامل صفر، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. آزمایش در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی و به‌صورت اسپلیت‌پلات با سه تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد که مصرف کود اوره در کلیه سطوح شوری آب آبیاری ضرورت دارد. الگوی پاسخ گندم به کود نیتروژنی در هر سه سطح شوری مشابه بود و از معادله درجه دوم پیروی کرد، ولی با افزایش شدت تنش شوری، شیب افزایش عملکرد کاهش یافت. هم‌چنین نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش شوری آب آبیاری از ۱/۸۸ به ۷/۲۲ دسی‌زیمنس بر متر عملکرد دانه گندم کاهش معنی‌داری نداشت و نیاز کودی نیز تغییری نکرد؛ اما با افزایش شوری آب آبیاری به ۱۶/۱۴ دسی‌زیمنس بر متر میزان عملکرد دانه به میزان یک تن و اوره موردنیاز به میزان ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت. درمجموع، نتایج این پژوهش نشان داد که برای تولید حدود ۴/۵ تن دانه گندم با استفاده از آب آبیاری با هدایت الکتریکی ۱/۸۸ تا ۷/۲۲ دسی‌زیمنس بر متر در شرایط گرم و خشک استان یزد مصرف کود اوره به ترتیب به میزان ۴۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار و برای ۳/۶ تن در هکتار عملکرد دانه با استفاده از آب آبیاری با هدایت الکتریکی ۱۶/۱۴ دسی‌زیمنس بر متر مصرف ۲۶۰ کیلوگرم در هکتار اوره کفایت می‌کند.

واژه‌های کلیدی: **تولید گندم، خاک آهکی، شوری آب آبیاری، یزد.**

مقدمه

مصرف کودهای نیتروژنی یکی از ضروریات کشاورزی در ایران است (Keshavarz et al., 2015: Karimi, 2015). در ایران سالانه حدود ۲ میلیون تن کودهای نیتروژنی (Banaee et al., 2005: FAO, 2005) مصرف می‌گردد که مصرف آن روند افزایشی نیز دارد و مصرف کودها نسبت به دهه ۱۳۴۰ به میزان ۷۶ برابر افزایش یافته است (Keshavarz et al., 2015). نتایج پژوهش‌های اخیر متشرع‌زاده و همکاران (Motesharezadeh et al., 2015) نیز مؤید روند افزایشی مصرف کودهای شیمیایی از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰، همراه با نوسانات جزئی سالیانه، در ایران است. این پژوهشگران گزارش کردند که بیش‌ترین نیتروژن خالص مصرفی در سال ۲۰۰۷ بیش از یک میلیون و دویست هزار تن بود که پس‌ازاین سال روند کاهشی داشت. هم‌چنین نتایج پژوهش‌های متشرع‌زاده و همکاران (Motesharezadeh et al., 2015) نشان داد که میزان کود مصرفی در هر هکتار از مزارع ایران ۶۶ کیلوگرم اما در کشور فرانسه و آلمان ۲۸۵ کیلوگرم است. در سطح بین‌المللی، سالانه حدود ۸۰ میلیون تن کودهای نیتروژنی در دنیا مصرف می‌شود (Jones and Jacobsen, 2005). هم‌چنین پیش‌بینی می‌شود که در سال ۲۰۲۵ مصرف کودهای نیتروژنی بین ۶۰ تا ۹۰ درصد افزایش یابد. متأسفانه

* نگارنده پاسخگو: مهدی کریمی. پست الکترونیک: karimi_nsrc@yahoo.com

واقعیت این است که کل کود نیتروژنی مصرفی توسط گیاه برداشت نمی‌شود و بخشی از آن از طریق آبشویی و بخشی از طریق تصعید از دسترس گیاه خارج می‌شود. تلفات گازی نیتروژن به شکل گاز آمونیاک و به دلیل وجود املاح در خاک‌های شور بیشتر از خاک‌های غیر شور است. در بین پنج نوع کود نیتروژنی اوره، نیترات آمونیوم، سولفات آمونیوم، نیترات پتاسیم و اوره با پوشش گوگردی، بیشترین تلفات گازی نیتروژن مربوط به کود سولفات آمونیوم و کمترین تلفات گازی نیتروژن مربوط به نیترات پتاسیم است (Behbouieh, 2018).

تنش شوری یکی از عوامل جهانی محدودکننده رشد گیاهان و تولید است به‌نحوی‌که پیش‌بینی‌ها حاکی از این واقعیت تلخ است که شوری طی ۲۵ سال آینده حدود ۳۰٪ از تولید زمین‌های زراعی را کاهش دهد (Kazemeini et al., 2016). هم‌چنین، پیش‌بینی‌ها حاکی از این 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 است (Rezvani Moghaddam and Koocheki, 2001). به‌غیراز کاهش میزان تولیدات کشاورزی که سالانه معادل ۱۲ الی ۲۷/۳ میلیارد دلار است، افزایش شوری موجب مشکلات اجتماعی، اقتصادی و سیاسی نیز خواهد شد (Qadir et al., 2014)؛ بنابراین، به‌منظور به حداقل رساندن عواقب منفی این تنش، آگاهی از نحوه پاسخ گیاهان به تنش شوری ضرورت دارد. هم‌چنین توانایی در پیش‌بینی میزان کاهش عملکرد گیاه با افزایش شوری آب آبیاری، ابزاری توانمند برای تصمیم‌گیری در انتخاب الگوی کشت تلقی می‌گردد (Bucher et al., 2016).

یکی از سؤال‌های اساسی که در زمینه تغذیه گیاهی باید به آن پاسخ داد این است که با افزایش شوری نیاز غذایی گیاهان چگونه تغییر می‌کند (Karimi, 2019). نتایج برخی پژوهش‌ها بر مصرف بیشتر کودهای نیتروژنی در شرایط شور نسبت به شرایط غیر شور تأکید دارند (Balali et al., 2000). شواهد زیادی نیز مبنی بر ضرورت مصرف کمتر یا مشابه کودهای نیتروژنی در شرایط شور نسبت به شرایط غیر شور وجود دارد (Hanson et al., 2006). به‌عنوان‌مثال نتایج پژوهش‌های انجام‌شده روی گیاه گواوا (Bezzar et al., 2018) نشان داد که مصرف بیش از ۷۰ درصد از نیتروژن توصیه‌شده نتوانست اثرات مخرب تنش شوری را جبران نماید. نتایج پژوهش‌های انجام‌شده روی پنبه (Chen et al., 2010) نیز نشان داد که با افزایش شدت تنش شوری، پاسخ پنبه به کود نیتروژنی کاهش یافت و مصرف کود اوره در دامنه صفر تا ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار در شوری عصاره اشباع خاک ۱۷/۱ دسی‌زیمنس بر متر نتوانست تأثیری بر عملکرد پنبه داشته باشد. مصرف کود اوره در شوری عصاره اشباع خاک ۱۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر موجب کاهش عملکرد پنبه شد. این در حالی است که روند افزایشی عملکرد پنبه در شوری عصاره اشباع خاک ۲/۴ و ۷/۷ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب تا تیمار مصرف ۲۷۰ و ۱۳۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره مشاهده شد. 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). 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 می‌باشد (Vahhabzadeh et al., 2009).

با توجه به موارد ذکرشده، ملاحظه می‌شود که اثرات متقابل شوری و حاصلخیزی خاک در شرایط مختلف متفاوت گزارش شده است. بنابراین، پژوهش مزرعه‌ای اخیر در راستای پاسخ به این سؤال که با افزایش شوری آب آبیاری نیاز گندم به کود نیتروژنی اوره در شرایط اقلیمی گرم و خشک استان یزد و برای گندم رقم بم چگونه تغییر می‌کند طراحی و در مرکز ملی تحقیقات شوری اجرا شد. هم‌چنین، در این پژوهش اثرات متقابل شوری و اجزای عملکرد گندم موردبررسی قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش مزرعه‌ای 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 (Karimi et al., 2020).

تیمارهای این تحقیق شامل سه سطح شوری آب آبیاری (۱/۸۸، ۷/۲۲ و ۱۴/۱۶ دسی زیمنس بر متر) و پنج سطح

کود اوره (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود. آزمایش در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی و به‌صورت اسپلیت‌پلات با سه تکرار اجرا شد. به‌منظور تطابق حداکثری شرایط پژوهش با شرایط واقعی کشاورز، سه منبع آب آبیاری طبیعی با هدایت‌های الکتریکی ۱/۸۸، ۷/۲۲ و ۱۴/۱۶ دسی زیمنس بر متر (جدول ۲) در استخرهای جداگانه اما در یک مزرعه (ایستگاه تحقیقات شوری صدوق واقع در استان یزد) ذخیره گردید. گندم رقم بم در تاریخ ۱۵ آبان‌ماه، با تراکم کاشت ۵۰۰ بذر در هر مترمربع (معادل ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) در کرت‌هایی به مساحت ۱۲/۵ مترمربع (طول ۵ و عرض ۲/۵ متر) کشت گردید. هر کرت شامل ۱۰ ردیف کاشت بود. عملیات آبیاری در ۶ مرحله، به‌ترتیب در پانزدهم آبان، اول آذر، دوازدهم دی، نهم اسفند، بیست و هشتم اسفند و پانزدهم فروردین، صورت پذیرفت. عمق آب آبیاری در کل دوره رشد گیاه معادل پنجاه سانتی‌متر یا ۵۰۰۰ مترمکعب در هکتار بود. محصول در تاریخ پانزدهم خردادماه برداشت گردید.

کودهای کم‌نیاز و پرنیاز با توجه به نتایج تجزیه خاک (جدول ۱) و توصیه‌های کودی موجود (Balali et al., 2000: Moshiri et al., 2015: Malakouti, 2000) مصرف شد. با توجه به میزان پتاسیم موجود در خاک (۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) کود سولفات پتاسیم به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت مصرف گردید. البته، در شوری‌های آب آبیاری ۱/۸۸، ۷/۲۲ و ۱۴/۱۶ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب حدود ۲۵، ۴۶ و ۷۸ کیلوگرم در هکتار پتاسیم نیز از طریق آب آبیاری به خاک اضافه شد. میزان سوپرفسفات تریپل، سولفات روی، سولفات منگنز و سولفات مس مصرفی به‌ترتیب معادل ۱۰۰، ۴۰، ۴۰ و ۲۰ کیلوگرم در هکتار بود. کودهای کم‌مصرف و فسفری پیش از کاشت و در یک مرحله مصرف شد. کود اوره (دارای ۴۶ درصد نیتروژن) در چهار مرحله و در تاریخ‌های چهاردهم آذرماه، دوازدهم دی‌ماه، هشتم اسفند و شانزدهم فروردین مصرف شد. میزان کل بارندگی در کل دوره رشد معادل ۱۷/۷۰ میلی‌متر (به ترتیب ۰/۹، ۱/۴، ۹/۱، ۱/۹، ۰، ۴/۳، ۰/۱ و صفر میلی‌متر در آبان، آذر، دی، بهمن، اسفند، فروردین، اردیبهشت و خردادماه بود) بود. این میزان بارندگی معادل ۱۷۷ مترمکعب در هکتار آب آبیاری است.

ویژگی‌های خاک مانند قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع خاک با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی (مدل WTW, Inolab Level 3) به روش ریچاردز (Richards, 1954)، بافت به روش هیدرومتر (Bouyoucos,1962) اسیدیته در گل اشباع، کربن آلی به روش والکلی 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 فلیم‌فتومتر تعیین شد. ترکیب آنیونی و کاتیونی آب‌های مورداستفاده در مزرعه نیز به روش آزمایشگاه شوری ایالات‌متحده امریکا (Richards, 1954) اندازه‌گیری شد.

در پایان فصل رشد، سه مترمربع از هر کرت آزمایشی برداشت شد و عملکرد دانه و کاه اندازه‌گیری شدند. 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. عملکرد بیولوژیکی مجموع عملکرد دانه و کاه بود. قبل از تجزیه‌وتحلیل آماری، ابتدا داده‌ها ازنظر نرمال بودن با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف موردبررسی قرار گرفت. سپس، داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه‌وتحلیل شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنـد دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. به‌منظور تعیین نوع و میزان همبستگی بین متغیرهای ثابت (سطوح مختلف شوری یا سطوح مختلف کود اوره) و متغیرهای وابسته (شاخص‌های گیاهی اندازه‌گیری شده)، ارتباط این متغیرها با استفاده از مدل‌های مختلف (خطی و غیرخطی) و با استفاده از نرم‌افزار سیگماپلات تعیین گردید و مدلی که بیشترین همبستگی را نشان داد انتخاب گردید. به‌طورکلی، مدل‌های غیرخطی تغییرات عملکرد گندم با افزایش شوری آب آبیاری را بهتر توجیه می‌کنند؛ زیرا عملکرد گندم تا شوری حد آستانه عموماً تغییر معنی‌داری ندارد و میزان عملکرد گیاهان با افزایش شوری به بیش‌ازحد آستانه کاهش می‌یابد (Azizian and Sepaskhah, 2014:Maas, 1990: Mass and Hoffman, 1977). پاسخ گیاهان به کودهای شیمیایی نیز عموماً از مدل‌های غیرخطی پیروی می‌کند و دارای سه ناحیه کمبود، کفایت و سمیت است (Brady and Weil, 2002).

نتایج و بحث

ویژگی‌های منابع آب‌وخاک موردمطالعه

نتایج تجزیه خاک (جدول ۱) نشان داد خاک موردمطالعه آهکی است (با بیش از ۳۰ درصد آهک) و به دلیل محتوای کم کربن آلی خاک، ازنظر حاصلخیزی فقیر محسوب شده و مصرف کودهای شیمیایی پرنیاز و کم‌نیاز مطابق دستورالعمل‌های توصیه کودی موجود (Balali et al., 2000: Moshiri et al., 2015) و حصول عملکرد مناسب ضرورت دارد. به‌عنوان‌مثال، به دلیل پایین بودن میزان کربن آلی خاک (۰/۲۲ درصد) مصرف ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره برای تولید پنج تن در هکتار دانه ضرورت دارد (Moshiri et al., 2015).

منابع آب مورداستفاده در این پژوهش (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 دسی‌زیمنس 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؛ بنابراین، انتظار می‌رود مصرف این آب‌ها با کاهش عملکرد دانه و کاه گندم همراه باشد (Grattan and Grieve, 1999).

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر)

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

Soil texture	کربن آلی O.C	نیتروژن کل Total N	درصد مواد خنثی شونده TNV	اسیدیته pH	فسفر P	پتاسیم K	آهن Fe	منگنز Mn	روی Zn	مس Cu
	----------%----------				----------mg kg^{-1}----------					
Sandy Loam	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 پژوهش

Table 2: The chemical analysis of water used in the experiment

هدایت الکتریکی آب آبیاری ECiw	اسیدیته pH	نسبت کلسیم به منیزیم Ca/Mg	نسبت جذب سدیم SAR	کلسیم Ca^{2+}	منیزیم Mg^{2+}	سدیم Na^{+}	پتاسیم K^{+}	کربنات CO_3^{-2}	بی‌کربنات 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

اثر شوری و کود اوره بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم

داده‌های مربوط به تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که تنش شوری اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه، عملکرد کاه، تعداد سنبلک بارور، طول سنبلک و طول ساقه داشت ولی تنش شوری تأثیر معنی‌داری بر وزن هزار دانه و شاخص برداشت، تعداد کل سنبلک‌ها، تعداد دانه در خوشه نداشت. هم‌چنین، نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر کود اوره بر عملکرد دانه و کاه، شاخص برداشت، وزن هزار دانه و تعداد دانه در خوشه معنی‌دار بود، اما کود اوره تأثیر معنی‌داری بر تعداد سنبلک بارور و عقیم نداشت. هم‌چنین، اثرات متقابل بین شوری و کود اوره بر عملکرد دانه معنی‌دار بود اما این اثرات در مورد سایر شاخص‌های فیزیولوژیکی اندازه‌گیری شده شامل عملکرد کاه، تعداد کل سنبلک‌ها، تعداد دانه در خوشه، تعداد سنبلک بارور، طول سنبلک و طول ساقه معنی‌دار نبود.

مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) نشان می‌دهد که با افزایش شوری آب آبیاری از ۱/۷۷ به ۷/۲۲ دسی‌زیمنس بر متر هیچ‌یک از شاخص‌های موردمطالعه تغییر معنی‌داری نداشت، ولی با افزایش شوری آب آبیاری از ۷/۲۲ به ۱۴/۱۶

دسی‌زیمنس بر متر عملکرد دانه از ۳۶۲/۸۷ به ۳۰۰/۹۵ گرم در مترمربع کاهش یافت. کاهش معنی‌دار عملکرد دانه به دلیل کاهش معنی‌دار تعداد دانه در خوشه، تعداد سنبلک بارور و کاهش طول خوشه با افزایش شوری است (جدول ۴). این در حالی است که تنش شوری تأثیری بر سایر شاخص‌های اندازه‌گیری شده مانند شاخص برداشت، وزن هزار دانه، تعداد کل سنبلک و تعداد سنبلک عقیم نداشت. ازنظر اقتصادی و بر اساس نتایج این پژوهش، نتیجه‌گیری می‌شود که بدون در نظر گرفتن سطح حاصلخیزی خاک و با افزایش شوری آب آبیاری تا هدایت الکتریکی ۷/۲۲ دسی‌زیمنس بر متر، درامد کشاورز ناشی از عملکرد دانه تغییر قابل‌توجهی نمی‌کند. ولی با افزایش شوری آبیاری به ۱۴/۱۶ دسی‌زیمنس بر متر درامد کشاورز به میزان تقریبی ۱۷ درصد نسبت به شرایط غیر شور کاهش می‌یابد. این بدان معنی است که وضعیت اقتصادی کشاورزان در شرایط شور ضعیف‌تر از کشاورزی در شرایط غیر شور است. این موضوع توسط سایر پژوهشگران (Qadir et al., 2014) نیز گزارش شده است. ازنظر محیط زیستی، مصرف آب‌های آبیاری با هدایت الکتریکی ۱/۸۸، ۷/۲۲ و ۱۴/۱۶ دسی‌زیمنس بر متر موجب افزودن نمک به میزان تقریبی ۶، ۲۹ و ۵۶ تن نمک به هر هکتار خاک می‌گردد (Ayers and Westcot, 1985). بدیهی است درصورتی‌که اقدام‌های لازم (نظیر اعمال آبشویی و ایجاد زهکش) در

جدول ۳. تجزیه واریانس اثرات سه سطح شوری آب آبیاری (کرت اصلی)، چهار سطح کود اوره (کرت فرعی) و برهم‌کنش آن‌ها بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم

Table 3: Analysis of variance for wheat yield and yield components in four urea application rates (Subplot) and three irrigation water salinity leves (Main plot)

Sources of variation	منابع تغییرات	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Straw yield	شاخص برداشت Harvest Index	وزن هزار دانه 1000 seed weight
Salinity	شوری	2	15231.56**	44129.4**	0.0004^{ns}	6.4^{ns}
Error a	خطای a	4	2685.35	6525.76	0.001	26.53
Nitrogen	نیتروژن	4	91194.36**	415270.8**	0.01**	45.33**
Salinity × Nitrogen	شوری×نیتروژن	8	3675.5*	5688.29^{ns}	0.001^{ns}	3.71^{ns}
Error b	خطای b	24	1399.79	7512.19	0.0011	5.75
CV%	ضریب تغییرات (٪)		*11.12*	*16.04*	*8.6*	*5.76*

Table 3. Continued

جدول ۳. ادامه

Sources of variation	منابع تغییرات	درجه آزادی df	تعداد کل سنبله Total spikelet No.	تعداد بذر در سنبله Seed per spike	تعداد سنبلچه Bearing spikelet No.	طول سنبله Spikelet lenght	طول ساقه Stem lenght
Salinity	شوری	2	1.19^{ns}	23.39^{ns}	10.7**	0.55**	123.73**
Error a	خطای a	4	10.13	4.39	1.24	0.13	17.1
Nitrogen	نیتروژن	4	10.56^{ns}	57.4**	0.27^{ns}	1.56**	92.19**
Salinity × Nitrogen	شوری×نیتروژن	8	7.85^{ns}	4.78^{ns}	0.25^{ns}	0.12	5.9^{ns}
Error b	خطای b	24	7.56	7.11	0.78	0.068	9.17
CV%	ضریب تغییرات (٪)		18.91	10.58	8.6	3.46	5.1

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

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

خصوص کنترل نمک اضافه‌شده به خاک انجام نپذیرد، در طولانی‌مدت کیفیت خاک کاهش خواهد یافت. خوشبختانه سطح آب زیرزمینی در منطقه موردمطالعه پایین است (حدود ۲۰۰ متر) و آبشویی املاح به‌خوبی انجام می‌گیرد.

همان‌طور که از جدول ۵ مشخص است روند افزایشی عملکرد دانه تا تیمار مصرف ۳۰۰ کیلوگرم کود اوره ادامه داشت و مصرف بیشتر کود اوره موجب کاهش غیر معنی‌دار عملکرد دانه شد. این مشاهده در راستای نتایج تجزیه خاک مبنی بر پایین بودن میزان ماده آلی خاک (جدول ۱) بوده و ضرورت مصرف کود نیتروژنی در شرایط این تحقیق را گوشزد می‌کند. نظر به این‌که با افزایش کود مصرفی شاخص برداشت کاهش یافت، افزایش عملکرد دانه به دلیل تغییر شاخص برداشت نبود. با توجه به این‌که کود نیتروژنی تأثیر معنی‌داری بر تعداد گلچه بارور و عقیم نداشت این دو شاخص نیز تأثیر معنی‌داری بر افزایش عملکرد دانه نداشتند. نکته قابل‌توجه اینکه روند تغییرات تعداد دانه در خوشه مشابه روند تغییرات عملکرد دانه بود (با افزایش کود اوره مصرفی تا سطح ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، تعداد دانه در خوشه افزایش و سپس به میزان اندک و غیر معنی‌داری کاهش یافت). چنین نتیجه‌گیری می‌شود که مهم‌ترین عامل در افزایش عملکرد دانه، افزایش تعداد دانه در خوشه است. طول خوشه نیز یکی دیگر از دیگر عوامل مؤثر بر عملکرد دانه است؛ زیرا با افزایش میزان کود اوره مصرفی، میزان طول خوشه نیز افزایش یافت (جدول ۵). تأثیر مثبت تعداد دانه در خوشه و طول خوشه بر عملکرد گندم و تأثیر کود نیتروژنی بر اجزای عملکرد گندم توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Omidinasab et al., 2015; Yaghoubian et al., 2017). ازنظر اقتصادی مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره، میزان درامد کشاورز را حدود دو برابر افزایش می‌دهد؛ زیرا میزان عملکرد دانه و کاه حدود دو برابر افزایش می‌یابد.

جدول ۴. اثر سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم.

Table 4. Effect of irrigation water salinity levels on wheat yield and yield components

شوری آب آبیاری Irrigation water salinity	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد ساقه Straw yield	شاخص برداشت Harvesting index	وزن هزار دانه 1000 seed weight	کل سنبله Total spikelet	دانه در سنبله Seed per spike	سنبله غیر بارور Non-bearing spikelet.	سنبله بارور Bearing spikelet	طول سنبله Spikelet length	طول ساقه Stem length
(dS/m)	-------(gm^{-2})--------		(%)	(g)	----------No.----------				--------(cm)---------	
1.88	362.9^{a}	592.6^{a}	0.38^{a}	41.9^{a}	14.7^{a}	25.9^{a}	1.94^{a}	11.03^{a}	7.70^{a}	61.93^{a}
7.22	344.9^{ab}	543^{ab}	0.39^{a}	42.0^{a}	14.21^{a}	25.8^{ab}	1.98^{a}	10.44^{ab}	7.59^{ab}	59.7^{ab}
16.14	300.9^{b}	484.3^{b}	0.39^{a}	40.8^{a}	14.63^{a}	23.7^{b}	1.72^{a}	9.36^{b}	7.33^{b}	56.24^{b}

اعدادی که دارای حروف مشترک هستند ازنظر آماری و در سطح ۵ درصد و بر اساس آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

Means followed by the same letter are not significantly different at p=0.05, according to Duncan test

جدول ۵. اثر سطوح مختلف کود اوره بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم

Table 5. Effect of urea application rates on wheat yield and yield components

میزان کاربرد اوره Urea application rate	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد ساقه Straw yield	شاخص برداشت Harvesting index	وزن هزار دانه 1000 seed weight	کل سنبله Total spikelet	دانه در سنبله Seed per spike	سنبله غیر بارور Non-bearing spikelet	سنبله بارور Bearing spikelet	طول سنبله Spikelet length	طول ساقه Stem length
($kgha^{-1}$)	(gm^{-2})		(%)	(g)			No.		(cm)	
0	172.0^{d}	226.1^{d}	43.2^{a}	41.8^{b}	13.4^{a}	21.4^{c}	2.1^{a}	10.11^{a}	6.98^{d}	53.9^{b}
100	312.0^{c}	433.1^{c}	42.2^{ab}	44.6^{a}	13.8^{a}	24.0^{bc}	1.71^{a}	10.10^{a}	7.38^{c}	59.1^{a}
200	377.8^{b}	580.1^{b}	39.5^{bc}	42.5^{ab}	16.2^{a}	25.7^{ab}	2.27^{a}	10.47^{a}	7.49^{c}	60.1^{a}
300	424.6^{a}	729.8^{a}	36.78^{cd}	40.3^{bc}	14.44^{a}	27.5^{a}	1.6^{a}	10.30^{a}	7.76^{b}	62.1^{a}
400	394.9^{a}	732.3^{a}	35.17^{d}	38.7^{c}	14.84^{a}	27.3^{a}	1.7^{a}	10.42^{a}	8.09^{a}	61.2^{a}

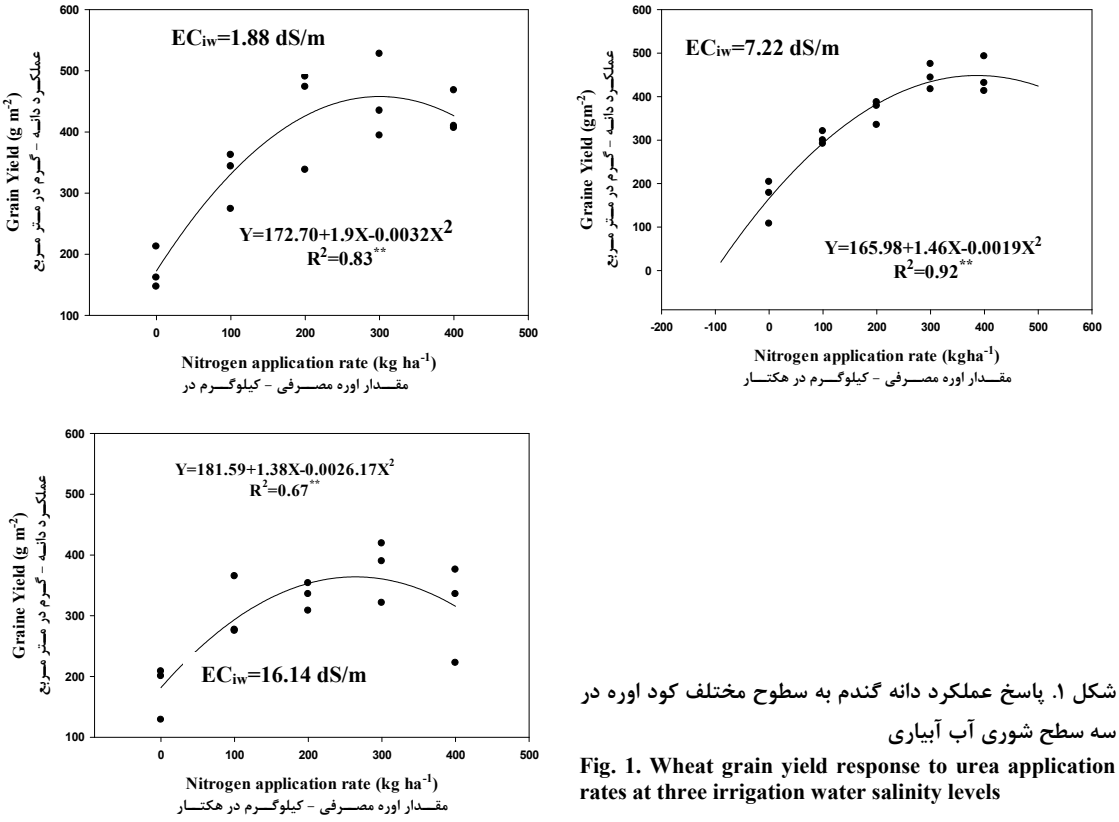
میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند ازنظر آماری و در سطح ۵ درصد و بر اساس آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

Means followed by the same letter are not significantly different at p=0.05, according to Duncan test

هم‌چنین، مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره، عملکرد کاه و دانه را به میزان ۳/۲ و ۲/۴ برابر افزایش داد؛ بنابراین، ازنظر اقتصادی مصرف کود اوره برای کشاورز کاملاً مقرون‌به‌صرفه است. تأثیر مثبت کود اوره بر درامد کشاورزان توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Khattak et al., 2017).

پاسخ گندم به کود نیتروژنی در سطوح مختلف شوری آب آبیاری

شکل ۱ روند پاسخ عملکرد دانه گندم به سطوح مختلف مصرف کود اوره در سه سطح مختلف شوری آب آبیاری شامل ۱/۸۸، ۷/۲۲ و ۱۶/۴۱ دسی‌زیمنس بر متر را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است الگوی پاسخ گندم به کود نیتروژنی در هر سه سطح شوری مشابه بود و از معادله درجه دوم پیروی کرد. ضریب همبستگی سطوح مختلف کود نیتروژنی با میزان عملکرد دانه در هر سه سطح شوری در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود. ذکر این نکته ضروری است که با افزایش شدت تنش شوری، شیب افزایش عملکرد کاهش یافت. به‌عنوان‌مثال به ازای هر واحد کود اوره مصرفی در کم‌ترین سطح تنش شوری (شوری آب آبیاری ۱/۸۸ دسی‌زیمنس بر متر) میزان عملکرد دانه به میزان ۱/۹ واحد افزایش یافت ولی تیمارهایی که با آب با هدایت الکتریکی ۷/۲۲ و ۱۶/۱۴ دسی‌زیمنس بر متر آبیاری شدند، با افزایش هر واحد کود اوره مصرفی عملکرد دانه به‌ترتیب به میزان ۱/۴۶ و ۱/۳۸ واحد افزایش یافت. این مشاهده به این نکته اشاره کرد که تأثیر مثبت کود اوره بر عملکرد گندم با افزایش شوری آب آبیاری کاهش یافت. این مشاهده با یافته‌های سایر پژوهشگران (Bezerra et al., 2018: Chen et al., 2010) مبنی بر کاهش نیاز گیاه به عناصر غذایی و به دلیل تأثیر منفی تنش شوری بر پتانسیل تولید (Hunson, 2006: Grattan and Grieve, 1999: Karimi, 2019)، هماهنگ است.

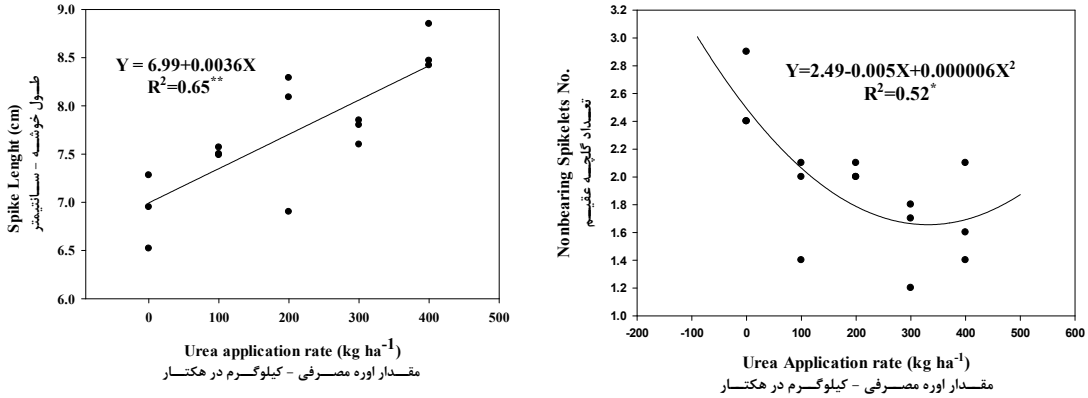


شکل ۱. پاسخ عملکرد دانه گندم به سطوح مختلف کود اوره در سه سطح شوری آب آبیاری

Fig. 1. Wheat grain yield response to urea application rates at three irrigation water salinity levels

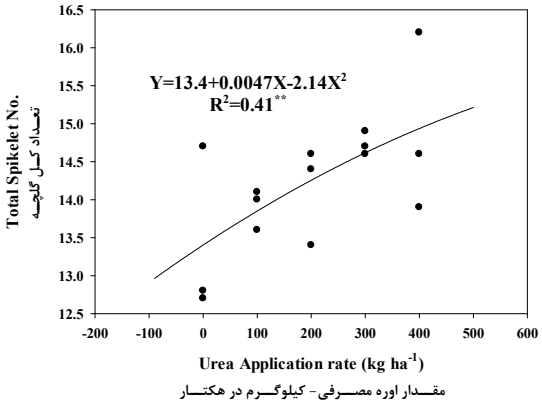
نتایج پژوهش اخیر نشان داد که با افزایش شوری آب آبیاری از ۱/۸۸ به ۷/۲۲ و ۱۴/۱۶ دسی‌زیمنس بر متر پتانسیل تولید از ۴۵۵ به ۴۴۴ و ۳۶۰ گرم در مترمربع کاهش یافت (شکل یک). نتایج این پژوهش هم‌چنین بر لزوم مصرف کود اوره در هر سه سطح تنش شوری تأکید کرد و با فرض اولیه نیاز گندم به کود نیتروژنی، به دلیل پایین بودن سطح حاصلخیزی و میزان کربن آلی خاک موردمطالعه (جدول ۱) هماهنگ بود (Balali et al., 2000: Moshiri et al., 2015).

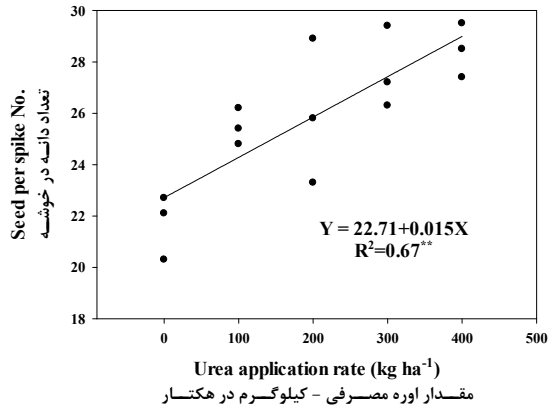
هم‌چنین، شکل یک بیانگر این واقعیت است که بیش‌ترین عملکرد دانه در سطوح شوری آب آبیاری ۱/۸۸، ۷/۲۲ و ۱۶/۱۴ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب معادل ۴۵۵، ۴۴۴ و ۳۶۰ گرم در هر مترمربع بود که از مصرف ۴۰۰، ۳۰۰ و ۲۶۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره حاصل گردید. اگرچه میزان عملکرد دانه در تیمارهای آب آبیاری ۱/۸۸ و ۷/۲۲ دسی‌زیمنس بر متر ازنظر آماری معنی‌دار نبود ولی اختلاف عملکرد در این دو سطح شوری آب آبیاری با شوری آب آبیاری ۱۴/۱۶ دسی‌زیمنس بر متر ازنظر آماری معنی‌دار بود. علت کاهش نیاز به کود اوره علیرغم معنی‌دار نبودن کاهش عملکرد دانه از شوری آب آبیاری ۱/۸۸ به ۷/۲۲ دسی‌زیمنس بر متر می‌تواند پایین بودن کارایی جذب کودهای نیتروژنی به دلیل عدم مصرف کودهای نیتروژنی مطابق با نیاز گیاه باشد. نتایج پژوهش‌های انجام‌شده (Gardner, 2014) بیانگر این واقعیت است که کمتر از ۱۰ درصد از نیتروژن موردنیاز گندم در فاصله زمانی کاشت تا اواسط پنجه‌زنی از خاک برداشت می‌شود (Alley et al., 1996). این پژوهشگران ضمن تأکید بر اهمیت زمان مصرف کودها، نسبت به روش جدیدی از توصیه کودی که در آن از سه عامل نیتروژن خاک، نیتروژن گیاه و تعداد پنجه‌ها استفاده می‌شود، اقدام نمودند (Karimi, 2015). بر این اساس، چنین نتیجه‌گیری می‌شود که با افزایش شوری آب آبیاری از ۱/۸۸ به ۷/۲۲ دسی‌زیمنس بر متر، برای تولید عملکرد مشابه، نیاز گندم به کود اوره به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت. لازم به ذکر است که با مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره میزان عملکرد دانه در دومین سطح شوری معادل ۴۳۳ گرم در مترمربع است و تنها ۱۰ گرم در مترمربع با بیش‌ترین عملکرد اختلاف دارد. همان‌طور که از شکل یک مشخص است، با افزایش شوری آب آبیاری به ۱۶/۱۴ دسی‌زیمنس بر متر عملکرد دانه از ۴۵۵ به ۳۶۰ گرم در مترمربع (معادل ۲۰ درصد) کاهش یافت. در خصوص نیاز گندم به کود اوره نیز با افزایش شوری آب آبیاری از ۱/۸۸ به ۱۶/۱۴ دسی‌زیمنس بر متر نیاز کودی به میزان ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار (معادل ۳۵ درصد) کاهش یافت. این مشاهدات با برخی از دستورالعمل‌های موجود در داخل کشور ازجمله نام دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه گندم (Moshiri et al., 2015) هماهنگ است. توصیه این پژوهشگران برای شوری‌های عصاره اشباع خاک بیش از ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر ۳۰ درصد کمتر از شرایط غیر شور است. عدم ضرورت مصرف بیشتر کودهای نیتروژنی در شرایط شور نسبت به شرایط غیر شور توسط منابع خارجی نیز گزارش شده است (Hunson et al., 2006). برخی از پژوهشگران نیز به مصرف کمتر کودهای نیتروژنی در شرایط شور نسبت به شرایط غیر شور تأکیددارند (Bezerra et al., 2018: Chen et al., 2010).

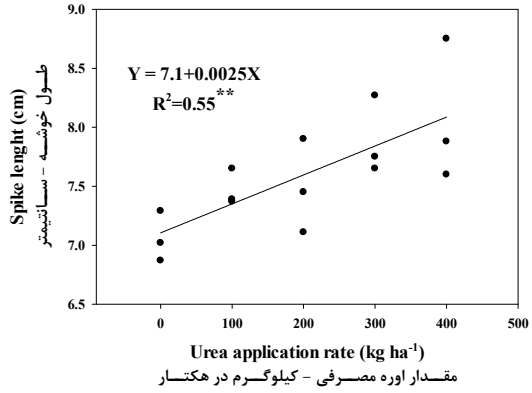


شکل ۲. اثر کاربرد کود اوره بر تعداد گلچه نابارور و طول خوشه در کرت‌های آبیاری شده با آب آبیاری با EC=۱/۸۸ دسی‌زیمنس بر متر

Fig. 2. Effect of urea application on number of seeds per spike, spike lenght and number of spikelets at irrigation water salinity of 1.88 dSm^{-1}

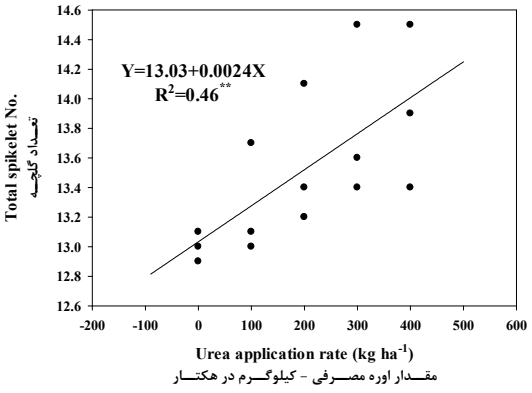


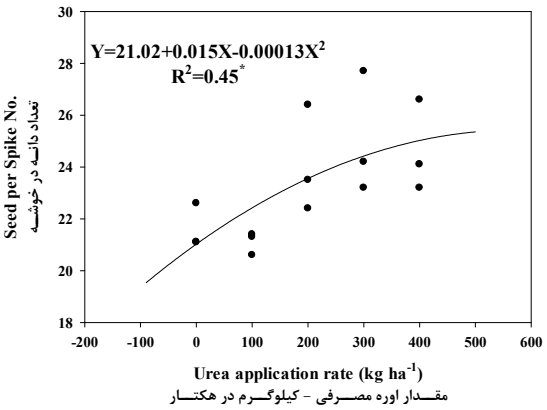


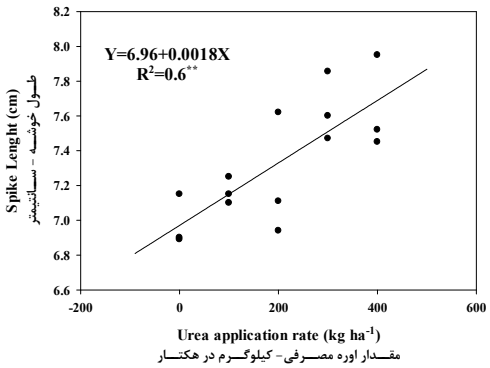


شکل ۳. اثر کود اوره بر تعداد کل گلچه‌ها، تعداد دانه در خوشه و طول خوشه در کرت‌های آبیاری شده با آب آبیاری با هدایت الکتریکی ۷/۲۲ دسی‌زیمنس بر متر

Fig. 3. Effect of urea application on number of seeds per spike, spike lenght and number of spikelet at irrigation water salinity of 7.22 dSm^{-1}







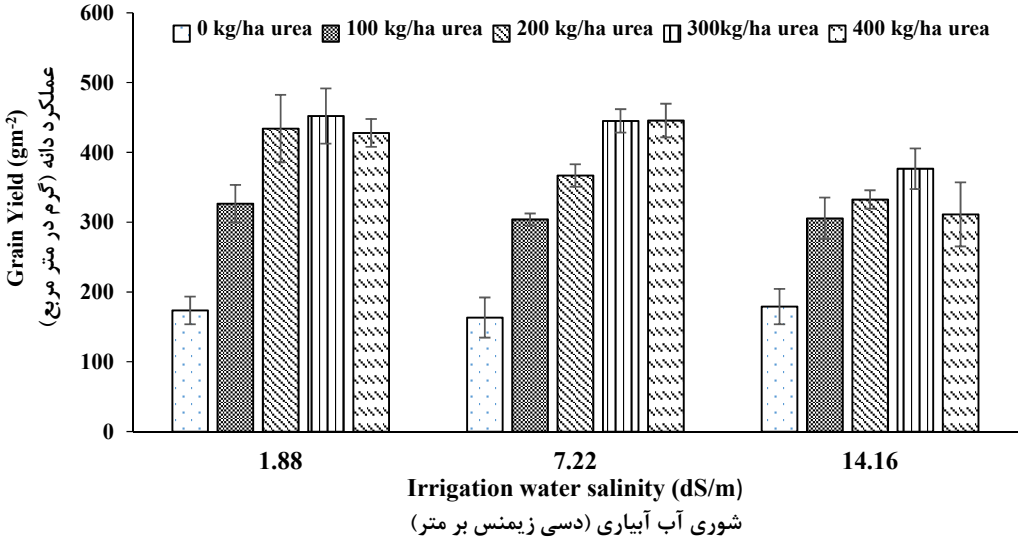
شکل ۴. اثر کود اوره بر تعداد کل گلچه‌ها، تعداد دانه در خوشه و طول خوشه در کرت‌های آبیاری شده با آب آبیاری با هدایت الکتریکی ۱۶/۱۴ دسی‌زیمنس بر متر

Fig. 4. Effect of urea application on number of seeds per spike, spike lenght and number of spikelets at irrigation water salinity of 16.14 dSm^{-1}

در شوری آب آبیاری ۱/۸۸ دسی‌زیمنس بر متر، افزایش عملکرد دانه با افزایش میزان کود اوره مصرفی در شرایط این پژوهش، به دلیل کاهش تعداد گلچه‌های نابارور و افزایش طول خوشه است (شکل ۲). سایر شاخص‌های اندازه‌گیری شده ارتباط معنی‌داری با کود اوره مصرفی نداشتند. این در حالی است که افزایش عملکرد دانه در شوری آب آبیاری ۷/۲۲ دسی‌زیمنس بر متر عمدتاً به دلیل افزایش تعداد گلچه‌ها، تعداد دانه در خوشه و طول خوشه است (شکل ۳). بر اساس شکل ۴، علت افزایش عملکرد دانه با مصرف کود اوره در تیمارهایی که با آب آبیاری با هدایت الکتریکی ۱۶/۱۴ دسی‌زیمنس بر متر آبیاری شده‌اند افزایش تعداد گلچه، تعداد دانه در خوشه و طول خوشه است.

پاسخ گندم به تنش شوری در سطوح مختلف کود نیتروژنی

شکل ۵ روند تأثیر شوری آب آبیاری بر عملکرد دانه گندم در سطوح مختلف کود نیتروژنی را نشان می‌دهد. همان‌طور که از شکل ۵ مشخص است شوری آب آبیاری تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه گندم در تیمارهای مصرف ۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره نداشت. به‌عنوان‌مثال میزان عملکرد دانه در تیمار عدم مصرف کود نیتروژنی و در شوری‌ها آب آبیاری ۱/۸۸، ۷/۲۲ و ۱۴/۱۶ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب معادل ۱۷۳/۶۷، ۱۶۳/۳۳ و ۱۷۹/۱۱ گرم در مترمربع بود که ازنظر آماری اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها نبود، ولی تنش شوری تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه در تیمار مصرف ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره داشت. میزان عملکرد دانه در شوری‌های آب آبیاری ۱/۸۸، ۷/۲۲ و ۱۴/۱۶ دسی‌زیمنس بر متر که ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره دریافت کرده بودند به ترتیب معادل ۴۲۸/۰۰، ۴۴۵/۶۷ و ۳۱۱/۲ گرم در مترمربع بود. اگرچه اختلاف معنی‌داری بین عملکرد دانه در شوری‌های آب آبیاری ۱/۸۸ و ۷/۲۲ دسی‌زیمنس بر متر وجود نداشت ولی با افزایش شوری به ۱۴/۱۶ دسی‌زیمنس بر متر میزان عملکرد دانه به میزان ۲۷/۲۸ درصد نسبت به شوری آب آبیاری ۱/۸۸ دسی‌زیمنس بر متر کاهش یافت و این کاهش ازنظر آماری معنی‌دار بود. این مشاهده بیانگر این واقعیت است که نحوه پاسخ گندم به تنش شوری به سطح حاصلخیزی خاک و شدت کمبود عناصر غذایی در خاک بستگی دارد (Bernstine et al., 1974: Bezerra et al., 2018). این موضوع توسط سایر پژوهشگران موردبحث و بررسی قرار گرفته است. نتایج بررسی‌های چن و همکاران (Chen et al., 2010) که با هدف بررسی اثرات متقابل شوری و کود نیتروژنی برای گیاه ذرت انجام شد نشان داد که با افزایش شدت تنش شوری پتانسیل تولید ذرت کاهش‌یافته و مصرف کودهای نیتروژنی در شوری زیاد نمی‌تواند تأثیر قابل‌توجهی بر رشد و نمو ذرت داشته باشد. نتایج مشابهی توسط سایر پژوهشگران (Lacerda et al., 2015) گزارش گردیده است.



شکل ۵. پاسخ گندم به سطوح مختلف شوری آب آبیاری و پنج سطح کود اوره

Fig. 5. Wheat responses to irrigation water salinity levels at five rates of urea application

بررسی همبستگی بین میزان عملکرد دانه و شوری آب آبیاری در سطوح مختلف کودی نیز مؤید وابستگی نحوه پاسخ گیاه به تنش شوری به سطح حاصلخیزی خاک و شدت کمبود عناصر غذایی در خاک بود و با افزایش سطح حاصلخیزی خاک (میزان کود اوره مصرفی) همبستگی بین شوری آب آبیاری و میزان عملکرد دانه افزایش یافت. میزان همبستگی بین عملکرد دانه گندم و شوری آب آبیاری در تیمارهای مصرف ۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار از کود اوره به‌ترتیب معادل ۰/۰۳، ۰/۰۸، ۰/۴۹، ۰/۳۹ و ۰/۶۳ بود. اگرچه این همبستگی در مورد تیمار مصرف ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره ازنظر آماری معنی‌دار بود ولی سایر همبستگی‌ها ازنظر عددی بسیار کم و ازنظر آماری نیز غیر معنی‌دار بود؛ بنابراین، مطالعه تأثیر تنش شوری بر عملکرد گیاهان بدون در نظر گرفتن سطح حاصلخیزی خاک ممکن است تفسیر نتایج را مختل نماید. این موضوع بخشی از تضادهای موجود در روابط متقابل بین تنش شوری و سطح حاصلخیزی خاک را توجیه می‌نماید. این مشاهده با گزارش‌های سایر پژوهشگران (Azizian and Sepaskhah, 2014: Bucher et al., 2016)، هماهنگ است. بوچر و همکاران (Bucher et al., 2016) متفاوت بودن پاسخ ذرت به تنش شوری در خاک‌های با بافت متفاوت را گزارش نمود. این پژوهشگران گزارش نمودند که حد آستانه تحمل به شوی ذرت در خاک‌های با بافت شنی و لومی یا رسی به ترتیب معادل شوری عصاره اشباع خاک ۱ و ۲ دسی‌زیمنس بر متر بود. هم‌چنین، نتایج پژوهش عزیزیان و سپاسخواه (Azizian and Sepaskhah, 2014) نشان داد که آستانه تحمل به شوری ذرت با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی افزایش یافت. این پژوهشگران به این نکته اشاره کردند که میزان عملکرد در تیمارهای تحت تنش شوری که بیش‌ترین میزان کود نیتروژنی دریافت کردند کمتر از تیمارهای غیر شوری که کود نیتروژنی مشابهی دریافت کرده بودند بود.

در این پژوهش، عدم تأثیر شوری آب آبیاری بر عملکرد دانه در تیمارهایی نظیر تیمار عدم مصرف کود نیتروژنی به دلیل عدم تأثیر شوری بر هیچ‌یک از شاخص‌های اندازه‌گیری شده (نظیر وزن هزار دانه، تعداد کل گلچه، تعداد دانه در خوشه و طول خوشه) است (شکل ۵). علت این مشاهده، غالب بودن اثر منفی سطح حاصلخیزی پایین خاک نسبت به‌شدت تنش شوری بر عملکرد گندم است. نتایج تجزیه خاک (جدول ۱) نیز بیانگر ضرورت مصرف کودهای نیتروژنی در مزرعه موردمطالعه است. همان‌طور که از این جدول مشخص است میزان ماده آلی خاک موردمطالعه ۰/۲۲ و میزان نیتروژن خاک ۰/۰۲ درصد است. بر اساس دستورالعمل‌های موجود (Moshiri et al., 2014) مصرف ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره برای تولید ۶ تن در هکتار دانه گندم در شرایط غیر شور ضرورت دارد. در این شرایط در درجه اول باید نسبت به رفع محدودیت حاصل از محدودکننده‌ترین عامل اقدام نمود. شناسایی محدودکننده‌ترین عامل رشد توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Hunson et al, 2006: Karimi, 2019).

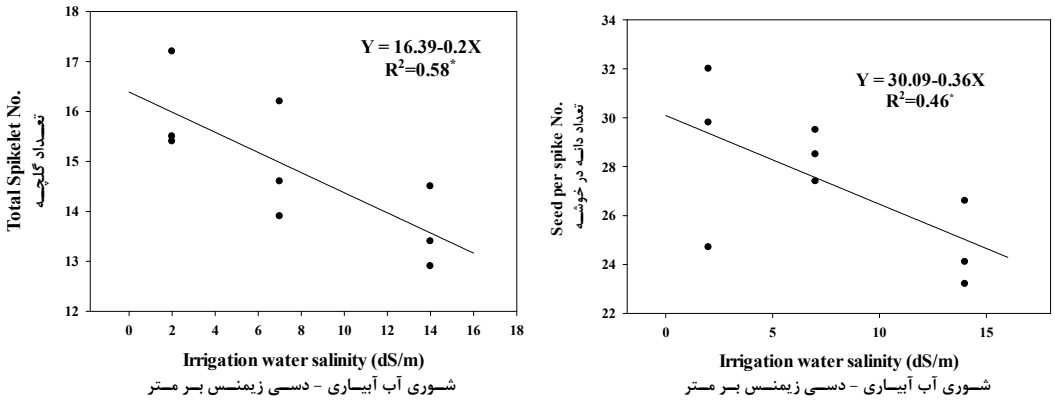
غالب بودن اثر محدودکنندگی تنش شوری نسبت به سطح حاصلخیزی خاک در تیمارهایی که ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره دریافت کردند مشاهده گردید (شکل ۵). در این شرایط، محدودیت سطح حاصلخیزی خاک با مصرف کود اوره مرتفع گردید و با افزایش شوری آب آبیاری از ۷/۲۲ به ۱۶/۱۴ دسی‌زیمنس بر متر از ۴۴۴/۸ به ۳۳۳/۴ گرم بر مترمربع کاهش یافت. این کاهش معنی‌دار عملکرد دانه به دلیل کاهش تعداد کل گلچه و تعداد دانه در خوشه است (شکل ۶).

کاهش نیافتن عملکرد دانه با افزایش شوری آب آبیاری از ۱/۸۸ به ۷/۲۲ دسی‌زیمنس بر متر به این دلیل است که گندم موردمطالعه (رقم بم) یک رقم متحمل به شوری است و عملکرد دانه آن تا شوری آب آبیاری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر حدود ۵ تن در هکتار است (Vahhabzadeh et al., 2009).

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این بررسی نشان داد که اگرچه الگوی پاسخ گندم به کود نیتروژنی در سطوح مختلف کود نیتروژنی مشابه است ولی با افزایش شوری آب آبیاری، میزان افزایش عملکرد به ازای مصرف هر واحد کود نیتروژنی کاهش می‌یابد. در شرایط این پژوهش، میزان افزایش عملکرد دانه گندم به ازای هر واحد کود اوره در شوری‌های آب آبیاری ۱/۸۸، ۷/۲۲ و ۱۶/۱۴ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب معادل ۱/۹، ۱/۴۶ و ۱/۳۸ بود. هم‌چنین نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش شوری آب آبیاری میزان کود نیتروژنی موردنیاز گندم نیز کاهش یافت. در شرایط این پژوهش، با افزایش شوری از ۱/۸۸ به ۷/۲۲ دسی‌زیمنس بر متر میزان عملکرد دانه به میزان معنی‌داری کاهش نیافت اما کود اوره موردنیاز به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت. هم‌چنین، با افزایش شوری

آب آبیاری به ۱۶/۱۴ دسی‌زیمنس بر متر، عملکرد دانه از ۴/۵۵ تن در هکتار در تیمار آبیاری شده با آب با شوری ۱/۸۸ دسی‌زیمنس بر متر به حدود ۳/۶ تن در هکتار کاهش یافت و مصرف ۲۶۰ کیلوگرم در هکتار اوره (معادل ۳۵ درصد کمتر از شرایط غیر شور) کفایت کرد.



شکل ۶. اثر شوری آب آبیاری بر تعداد دانه در خوشه و تعداد کل گلچه‌ها در تیمارهای با ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره

Fig. 6. Effect of irrigation water salinity on number of seeds per spike and spikelets at urea application rate of 400 kg ha^{-1}

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 پژوهش کمک نمودند تشکر و قدردانی می‌گردد. هم‌چنین از جناب آقای دکتر انور استاد دانشگاه یوپی‌ام مالزی و آقای دکتر بابک خیام باشی عضو هیئت‌علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان به خاطر معرفی نرم‌افزار سیگماپلات تشکر و قدردانی می‌گردد. این مقاله بخشی از نتایج پروژه تحقیقاتی مرکز ملی تحقیقات شوری با شماره ثبت ۱۲۴-۰-۱۰۰-۳۲ است.

منابع

Alley, M.M., Scharf, P., Brann, D.E., Baethgen W.E., Hammons J.L., 1996. Nitrogen management for winter wheat: principles and recommendations. Retrieved Jan 20, 2019, from https://www.pubs.ext.vt.edu/424/424-026/424-026.html.

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, Rome.

Azizian, A., Sepaskhah, A.R. 2014. Maize response to water, salinity, and nitrogen levels: Physiological growth parameters and gas exchange. International Journal of Plant Production. 8, 107-130.

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].

Banaee, M.H., Moameni, A., Bybordi, M., Malakouti, M.J., 2005. The Soils of Iran. Sana Press, Theran, Iran. [In Persian].

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

Behboujeh, M., 2018. Elucidation of salinity, nitrogen source and pH on the nitrogen volatization. MSc dissertation, Faculty of Agriculture, University of Shahed, 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.

Bezerra, I.L., Gheyi, H.R., Nobre, R.G., Lima, G.S., Santos, J.B., Fernandes, P.D., 2018. Interaction between soil salinity and nitrogen on growth and gaseous exchanges in guava. Ambiente and Água, 13 (3), 1-12.

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

Brady, N.C., Weil, R.R., 2002. The nature and properties of soils. Prentice Hall Press, Upper Saddle River.

Chen, W., Hou, Z., Wu, L., Liang, Y., Wei, C., 2010. Effects of salinity and nitrogen on cotton growth in arid environment. Plant and Soil. 326, 61-73.

FAO. 2005. Fertilizer use by crop in the Islamic Republic of Iran. Retrieved March 10, 2019, from http://www.fao.org/3/a-a0037e.pdf.

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, New York, USA, pp. 275-300.

Gardner, T., 2017. Evaluation of in-season wheat nutrient uptake changes and nitrogen management for grain and dual purpose winter wheat. MSc dissertation, Faculty of Agriculture, Kansas State University, USA.

Hanson B.R., Grattan, S.R., Fulton, A., 2006. Agricultural salinity and drainage. Retrieved Jan. 18, 2018, from https://www.researchgate.net/publication/321144519_Agricultural_Salinity_and_Drainage.

Jones, C., Jacobsen, J., 2005. Nitrogen cycling, testing and fertilizer recommendations. Retrieved April 12, 2019, from http://landresources.montana.edu/nm/documents/NM3.pdf.

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

Karimi, M., Khayyambashi, B., Cheraghi, S.A.M., Nikkhah, M., Rahimian, M.H., Pirasteh-Anosheh, H., Shirantafti, M., Soltanigerdefaramarzi, S., 2020. Elucidation of wheat response to phosphorous application rates and salinity stress under field conditions. Environmental Stresses in Crop Sciences. 13(1), 313-318. [In Persian with English Summary].

Karimi, M., 2019. Effects of irrigation water qualities and iron sulphate application rates on wheat (*Triticum aestivum* L.) yield and yield components. Environmental Stresses in Crop Sciences. 12(4), 1303-1312. [In Persian with English Summary].

Kazemeini, S.A.R., Alinia, M., Shakeri, E., 2016. Interaction effect of salinity stress and nitrogen on growth and activity of antioxidant enzymes of blue panicgrass (*Panicum antidotale* Retz.). Environmental Stresses in Crop Sciences. 9(3), 279-289. [In Persian with English Summary].

Khattak, S.I., Baloch, M.S., Naveed, K., Khan, E.A., 2017. Improving farmer's income and nitrogen use efficiency of dry land wheat through soil and foliar application of N-Fertilizer. Sarhad Journal of Agriculture. 33(3), 344-349.

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].

Lacerda, C.F., Ferreira, J.F.S., Liu, X., Suarez, D.L., 2015. Evapotranspiration as a Criterion to Estimate Nitrogen Requirement of Maize under Salt Stress. Journal of Agronomy and Crop Science. 202, 192-202.

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, American Society of Civil Engineers. 103, 115-134.

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

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, Iran. [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].

OmidiNasab, D., Gharineh, M.H., Bakhshande, A., Sharafizade, M., Shafeinia, A., Saghali, A., 2015. The effect of seeding rates and nitrogen fertilizer on yield and yield components of wheat cultivars in corn residue (no tillage). Iranian Journal of Field Crops Research. 13(3), 598-610. [In Persian with English Summary].

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.

RezvaniMoghaddam, P., Koocheki, A., 2001. Research history on salt affected lands of Iran: present and future prospects-halophytic ecosystem. p. 83-97. In: Taha, F.K., Isamail, SH., Jaradat A.A. (eds.), Proceedings of the International Symposium on Prospects of Saline Agriculture in the GCC countries, 18-20 March. 2001. Dubai, UAE.

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. and 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].

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.

Yaghoubian, I., Ghassemi, S., Yaghoubian, Y., 2017. Effect of sowing date and urea fertilizer on some morphological traits, yield and yield components of wheat in Hashtroud, Iran climate condition. Agroecology Journal. 13(2), 53-64. [In Persian with English Summary].

University of Birjand

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences
Vol. 13, No. 3, p. 937-951
Fall 2020
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2020.2071.1554

Original article

Interactive effects of irrigation water salinity and urea fertilizer on wheat (*Triticum aestivum* L.) yield and yield components

M. Karimi
PhD, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran

Received 27 November 2018; Accepted 9 March 2019

Abstract

The present field experiment was aimed to elucidate the response of Bam wheat cultivar (*Triticum aestivum* L.) to urea application rates (0, 100, 200, 300 and 400 kg ha^{-1}) at three irrigation water salinity levels (ECiw= 1.88, 7.22 and 14.16 $dS.m^{-1}$) at Sadooq salinity research station located in Yazd province in central Iran. The treatments arranged in a randomized complete block design in the form of split plot with three repelications. The results showed that urea application is necessary for improving wheat yield at all irrigation water salinity levels. Wheat response to nitrogen fertilizer was similar for all salinity levels and followed second order equation. Indicating the lower efficiency of urea at higher irrigation water salinity levels, with increasing salinity levels the grain yield increase due to urea application occured at a slower rate. In addition, the results showed that while increasing irrigation water salinity level from 1.88 to 7.22 $dS.m^{-1}$ was not affected wheat yield significantly, the nitrogen requirement decreased from 400 to 300 kg ha^{-1} urea. Moreover, with increasing salinity levels to 16.14 $dS.m^{-1}$, wheat grain yiled significantly decreased to 3.6 t ha^{-1} and urea requirement decreased to 260 kg ha^{-1}. In conclusion, application of 300 kg ha^{-1} urea for production of 4.5 t ha^{-1} wheat grain yield using irrigatin water with ECiw of 1.88 to 7.22 $dS.m^{-1}$ is needed. However, 260 kg ha^{-1} urea is enough for production of 3.6 t ha^{-1} wheat grain yield using irrigation water salinity of 16.14 $dS.m^{-1}$.

***Keywords*:** Calcareous soil, Fertilizer requirement, Wheat production, Yazd

*Correspondent author: Mahdi Karimi; E-Mail: karimi_nsrc@yahoo.com.