



بررسی پاسخ گندم به سطوح مختلف کود فسفر و شوری در شرایط مزرعه‌ای

مهدی کریمی^{۱*}، بابک خیام‌باشی^۲، سید علی محمد چراغی^۳، مجید نیکخواه^۴، محمدحسن رحیمیان^۱، هادی پیراسته انوشه^۱، مهدی شیران تفتی^۴، ولی سلطانی گردفرامری^۴

۱. استادیار پژوهش، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

۲. استادیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

۳. بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

۴. محقق، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۵/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۷/۱۶

چکیده

پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر مقادیر متفاوت کود فسفری (۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل در هکتار) بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم در سطوح مختلف شوری آب آبیاری (۱/۸۸، ۷/۲۲ و ۱۶/۱۴ دسی‌زیمنس بر متر) به صورت یک آزمایش به صورت کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مرکز ملی تحقیقات شوری اجرا گردید. نتایج نشان داد که با افزایش شوری آب آبیاری همبستگی بین عملکرد گندم و فسفر کاهش یافت. الگوی پاسخ گندم به مصرف فسفر در شوری‌های آب آبیاری ۱/۸۸ و ۷/۲۲ دسی‌زیمنس بر متر از معادله درجه دوم تبعیت کرد، لیکن این همبستگی در شوری آب آبیاری ۷/۲۲ دسی‌زیمنس بر متر از نظر آماری معنی‌دار نبود. در شوری آب آبیاری ۱۶/۱۴ دسی‌زیمنس بر متر، عکس‌العمل دانه گندم به فسفر از الگوی خاصی تبعیت نکرد و فسفر نتوانست تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه گندم داشته باشد. طبق نتایج این تحقیق مصرف ۱۵۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات تریپل در شوری‌های آب آبیاری ۱/۸۸ و ۷/۲۲ دسی‌زیمنس بر متر توصیه می‌شود. ضمناً نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش شوری نیاز گندم به کود فسفری کاهش یافت و امکان جبران کاهش عملکرد ناشی از تنش شوری با افزایش میزان مصرف کود فسفری امکان‌پذیر نیست.

واژه‌های کلیدی: آب آبیاری، اجزای عملکرد، سوپرفسفات تریپل.

مقدمه

می‌گردد (Fageria et al., 2011; Khoshgoftarmanesh and Nurbakhs, 2009). همچنین افزایش غلظت فسفر با افزایش شوری در اندام‌های مختلف گیاهان گزارش شده است (Villora et al., 2000). برخلاف این مشاهدات، برخی از محققان معتقدند که با شورتر شدن محیط ریشه گیاه باید مقدار بیشتری از کودهای شیمیایی را مصرف نمود (Mostashar and Rousta, 2013). همچنین برخی دیگر

تنش شوری یکی از عوامل جهانی محدودکننده رشد و تولید گیاهان است. یکی از راه‌های افزایش عملکرد گیاهان در شرایط شور، تأمین نیاز غذایی آن‌ها می‌باشد گردید (Karimi, 2019). فسفر یکی از عناصر غذایی پرنیاز برای گیاهان بوده و حلالیت آن در خاک به عوامل زیادی من جمله قدرت یونی و شوری بستگی دارد. نتایج برخی از تحقیقات نشان می‌دهد که شوری موجب افزایش فسفر قابل جذب گیاه

ردیف در هر کرت کشت گردید. خاک مورد مطالعه آهکی و فسفر قابل جذب آن پایین‌تر از حد بحرانی بود (جدول ۱). لذا مصرف کودهای فسفوری جهت تولید بهینه ضرورت دارد. کود سوپرفسفات تریپل قبل از کاشت مصرف شد. کود اوره به میزان ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار در چهار مرحله ZGS1، ZGS2، ZGS3 و ZGS4 مصرف شد. کودهای کم‌مصرف نیز شامل $ZnSO_4$ ، $MnSO_4$ و $CuSO_4$ به ترتیب به-میزان ۴۰، ۴۰ و ۲۰ کیلوگرم در هکتار بود. آب آبیاری با شوری ۷/۲۲ دسی‌زیمنس بر متر از طریق اختلاط دو منبع آب آبیاری طبیعی (۱/۸۸ و ۱۴/۱۶ دسی-زیمنس بر متر) تهیه و از طریق سیستم لوله‌کشی به سطح مزرعه منتقل گردید (Karimi, 2019). شوری عصاره اشباع خاک در انتهای فصل رشد در تیمارهای شوری آب آبیاری ۱/۸۸، ۷/۲۲ و ۱۴/۱۶ دسی-زیمنس بر متر به ترتیب برابر با ۳/۴۰، ۷/۵۴ و ۱۶/۰۵ دسی-زیمنس بر متر بود. در زمان رسیدگی کامل، نمونه‌برداری برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، تعداد دانه در سنبلک و وزن هزار دانه و عملکرد دانه از سه مترمربع از هر کرت انجام شد. داده‌ها پس از آزمون یکنواختی واریانس، مورد تجزیه واریانس قرار گرفته و میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از نرم‌افزار SAS با هم مقایسه شدند.

از محققان به مصرف کمتر یا حداقل مصرف مشابه کودهای شیمیایی در خاک‌های شور نسبت به خاک‌های غیر شور اعتقاد دارند (Fageria et al., 2011; Allen et al., 2010; Karimi, 2015). همچنین شواهد کمی مبنی بر بهبود رشد و عملکرد گیاهان با افزودن کودهای شیمیایی به میزان بیشتر از حد بهینه توصیه‌شده در شرایط غیر شور وجود دارد (Talbi et al., 2018).

به‌طور کلی هنوز توافق کلی در مورد میزان مصرف کودهای شیمیایی در شرایط شور و شور وجود ندارد گردید (Karimi, 2019). بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر متقابل مقادیر مختلف کود فسفوری و سطوح مختلف شوری بر عملکرد گندم اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به صورت یک آزمایش کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها ترکیبی از سه سطح شوری آب آبیاری (۱/۸۸، ۷/۲۲ و ۱۶/۱۴ دسی‌زیمنس بر متر) در کرت‌های اصلی و چهار سطح کود سوپرفسفات تریپل (۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) در کرت‌های فرعی بود. بذور یکنواخت گندم رقم بم با تراکم ۵۰۰ بذر در مترمربع در ۱۲

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتری خاک محل آزمایش

Table 1. Physico-chemical properties of the 0-30 cm soil depth in the experiment.

مس Cu	روی Zn	منگنز Mn	آهن Fe	پتاسیم K	فسفر P	مواد خنثی			شوری عصاره ECe ($dS\ m^{-1}$)
						اسیدیته pH	شونده CaCO ₃	نیتروژن N	
0.62	0.34	3.18	3.8	150	8.2	30.92	0.02	0.22	2.5

نتایج و بحث

مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات تریپل موجب افزایش عملکرد دانه از ۴۰۴/۹۸ گرم در مترمربع در تیمار عدم مصرف کود فسفوری به ۴۹۸/۹۰ گرم در مترمربع گردید (جدول ۳). این مشاهده در راستای نتایج تجزیه خاک مبنی بر کمبود فسفر قابل جذب خاک (جدول ۱) بوده و ضرورت مصرف کود فسفوری را نشان می‌دهد، ولی مصرف بیشتر کود فسفوری موجب کاهش عملکرد دانه شد. پاسخ گندم به مصرف کود فسفوری در اولین سطح شوری از معادله درجه دوم تبعیت کرد (شکل ۱). بدین‌صورت که

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش شوری آب آبیاری از ۱/۷۷ به ۷/۲۲ دسی‌زیمنس بر متر هیچ‌یک از شاخص‌های مورد مطالعه تغییر معنی‌داری نداشت. با افزایش شوری آب آبیاری از ۷/۲۲ به ۱۴/۱۶ دسی‌زیمنس بر متر عملکرد دانه از ۵۴۳/۱۴ به ۲۹۶/۸۷ گرم در مترمربع کاهش یافت. کاهش معنی‌دار عملکرد دانه به دلیل کاهش معنی‌دار تعداد کل سنبلک‌ها، تعداد دانه در خوشه، تعداد سنبلک بارور با افزایش شوری است (جدول ۲).

مصرف فسفر تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار با روند افزایشی عملکرد دانه همراه بود، ولی مصرف بیشتر آن موجب کاهش عملکرد دانه و کاه گردید. بیشترین عملکرد دانه گندم معادل ۶/۳ تن در هکتار از مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل به دست آمد (شکل ۱). این افزایش عملکرد دانه و کاه به دلیل پایین بودن میزان فسفر قابل جذب خاک (۸/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) بود (Moshiri et al., 2014). نکته قابل توجه اینکه افزایش عملکرد دانه گندم در شرایط غیر شور، به دلیل افزایش وزن هزار دانه گندم با مصرف کود فسفوری اتفاق افتاد (شکل ۱). رابطه بین وزن هزار دانه و فسفر مصرفی نیز از معادله درجه دوم پیروی کرد و بیشترین وزن هزار دانه از مصرف حدود ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل حاصل شد.

جدول ۲. اثر سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر عملکرد و اجزا عملکرد گندم.

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

شوری آب آبیاری Irrigation water salinity dSm ⁻¹	Wheat yield and yield components					عملکرد و اجزاء عملکرد گندم			
	طول ساقه Stem length cm	طول سنبله Spike length cm	تعداد سنبلک Total spikelet No	تعداد دانه در سنبله Seed per spike. No	تعداد سنبلچه بارور Fertile spikelet No	وزن هزار دانه 1000 seed weight g	عملکرد دانه Grain yield gm ⁻²	عملکرد کاه Straw yield gm ⁻²	شاخص برداشت Harvest index %
1.77	65.51 ^a	8.02 ^a	16.11 ^a	31.61 ^a	12.16 ^a	41.1 ^a	535.37 ^a	932.4 ^a	36.33 ^a
7.22	67.25 ^a	7.96 ^a	15.8 ^a	30.13 ^a ^b	11.05 ^{ab}	41.8 ^a	543.14 ^a	859.50 ^a	38.69 ^a
16.14	56.22 ^b	7.01 ^a	13.85 ^b	25.95 ^b	10.05 ^b	43.00 ^a	296.87 ^b	543.4 ^b	36.31 ^a

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

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

جدول ۳. اثر سطوح مختلف کود سوپرفسفات تریپل بر عملکرد و اجزا عملکرد گندم.

Table 5. Effect of triple superphosphate rate on wheat yield and yield components

مقدار سوپرفسفات تریپل Triple superphosphate rate kg ha ⁻¹	Wheat yield and yield components					عملکرد و اجزاء عملکرد گندم			
	طول ساقه Stem length cm	طول سنبله Spikelet length cm	تعداد سنبلک Total spikelet No	تعداد دانه در سنبله Seed per spike No	تعداد سنبلچه بارور Fertile spikelet No	وزن هزار دانه 1000 seed weight g	عملکرد دانه Grain yield gm ⁻²	عملکرد کاه Straw yield gm ⁻²	شاخص برداشت Harvest index (%)
0	61.7 ^a	7.67 ^a	14.71 ^a	29.04 ^a	10.74 ^a	41.52 ^a	404.98 ^b	661.85 ^b	37.98 ^a
100	65.22 ^a	7.5 ^a	15.11 ^a	28.13 ^a	10.98 ^a	42.66 ^a	498.9 ^a	879.57 ^a	36.36 ^a
200	62.3 ^a	7.79 ^a	15.70 ^a	31.26 ^a	11.57 ^a	41.87 ^a	484.1 ^a	795.28 ^{ab}	37.55 ^a
300	63.15 ^a	7.70 ^a	15.58 ^a	28.5 ^a	11.04 ^a	41.85 ^a	445.86 ^{ab}	776.9 ^b	36.56 ^a

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

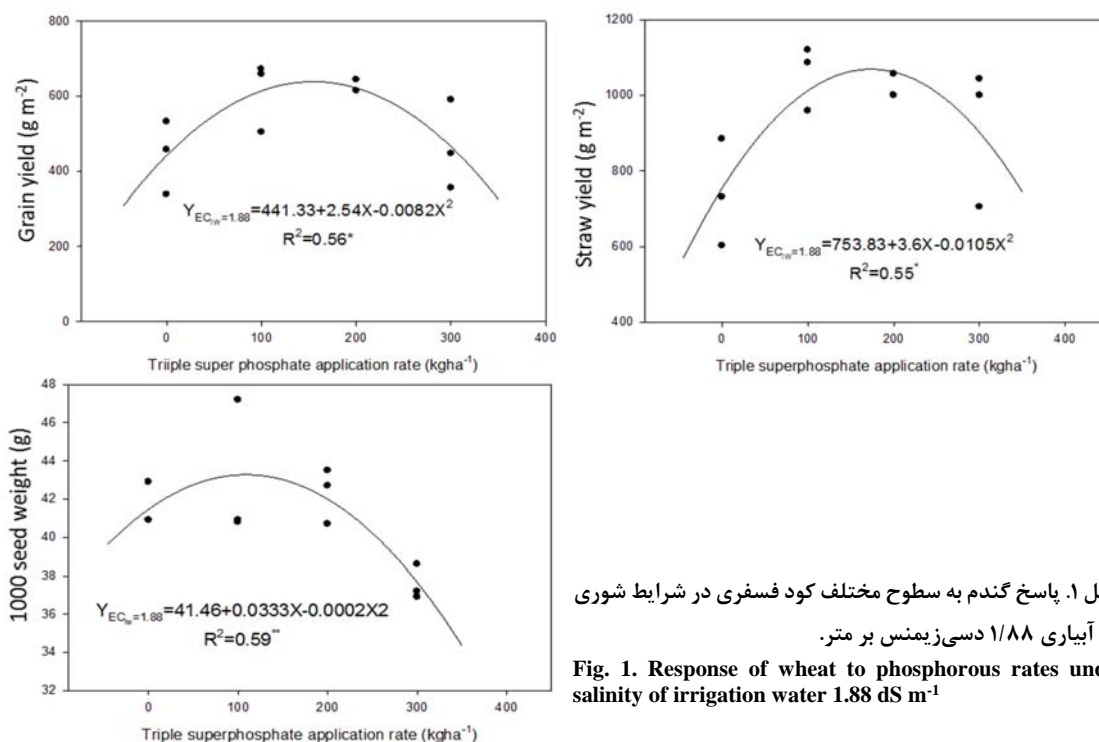
Means followed by the same letter are not significantly different at p=0.05, according to Duncan test.

عکس‌العمل عملکرد دانه گندم در پاسخ به فسفر در دومین سطح شوری آب آبیاری مثبت بود، ولی همبستگی کمتری داشت (شکل ۲). با افزایش شوری آب آبیاری از ۱/۸۸ به ۷/۲۲ دسی‌زیمنس بر متر عملکرد دانه گندم به‌طور میانگین از ۶/۳ به ۵/۸ تن در هکتار کاهش یافت، لذا کمتر شدن همبستگی بین عملکرد و فسفر در این سطح از شوری منطقی به نظر می‌رسد. مقدار بهینه کود موردنیاز گیاهان کاملاً به میزان عملکرد گیاهان بستگی دارد (Karimi 2015) و یکی از شاخص‌های مؤثر در تعیین میزان کود موردنیاز گیاهان، پتانسیل عملکرد محصول محسوب می‌شود (Moshiri et al., 2014). همچنین بیشترین عملکرد دانه گندم در این سطح از شوری معادل ۵/۸ تن در هکتار بود که از مصرف ۱۵۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات تریپل حاصل شد. به عبارت دیگر با افزایش شوری آب آبیاری از ۱/۸۸ به ۷/۲۲

عکس‌العمل عملکرد دانه گندم در پاسخ به فسفر در دومین سطح شوری آب آبیاری مثبت بود، ولی همبستگی کمتری داشت (شکل ۲). با افزایش شوری آب آبیاری از ۱/۸۸ به ۷/۲۲ دسی‌زیمنس بر متر عملکرد دانه گندم به‌طور میانگین از ۶/۳ به ۵/۸ تن در هکتار کاهش یافت، لذا کمتر شدن همبستگی بین عملکرد و فسفر در این سطح از شوری منطقی به نظر می‌رسد. مقدار بهینه کود موردنیاز گیاهان

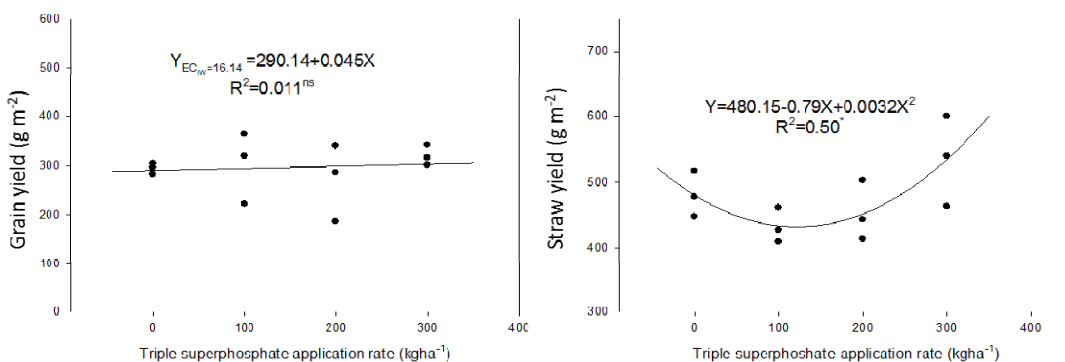
معنی‌داری بر عملکرد دانه گندم داشته باشد و مصرف کود فسفوری در این سطح شوری ضرورتی نداشت. با توجه به اینکه با افزایش شوری آب آبیاری از ۱/۸۸ به ۱۶/۱۴ دسی‌زیمنس بر متر تولید گندم از ۶/۳ به ۳ تن در هکتار کاهش یافت، عدم نیاز گندم به کود فسفوری نیز کاملاً منطقی است.

دسی‌زیمنس بر متر نیاز گندم به کود سوپرفسفات‌تریپل تغییری نکرد. برخلاف اولین و دومین سطح شوری که رابطه عملکرد دانه و فسفر از نوع درجه دوم بود، در سومین سطح شوری عکس‌العمل دانه گندم به کود فسفوری از الگوی خاصی تبعیت نکرد (شکل ۳)؛ به عبارت دیگر فسفر نتوانست تأثیر



شکل ۱. پاسخ گندم به سطوح مختلف کود فسفوری در شرایط شوری آب آبیاری ۱/۸۸ دسی‌زیمنس بر متر.

Fig. 1. Response of wheat to phosphorous rates under salinity of irrigation water 1.88 dS m⁻¹



شکل ۲. پاسخ گندم به سطوح مختلف کود فسفوری در شرایط شوری آب آبیاری ۷/۲۲ دسی‌زیمنس بر متر.

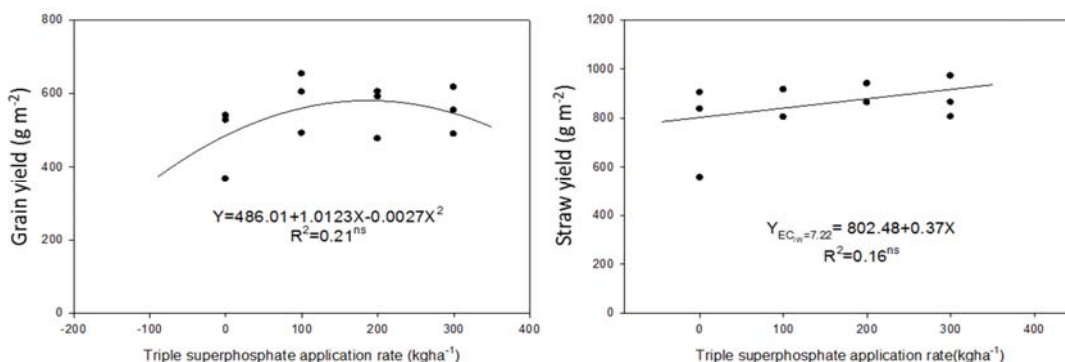
Fig. 2. Response of wheat to phosphorous rates under salinity of irrigation water 7.22 dS m⁻¹

حدود ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات‌تریپل ضرورت دارد. این در حالی است که در شرایط این تحقیق و در شوری آب آبیاری ۱۶/۱۴ دسی‌زیمنس بر متر مصرف کود

بر اساس دستورالعمل‌های توصیه‌کودی (Balali et al., 2001; Moshiri et al., 2014)، جهت تولید حدود سه تن عملکرد دانه در خاکی با ۸ میلی‌گرم فسفر، مصرف

معادل ۱/۸۲ میلی‌اکی‌والان در لیتر بود و با افزایش شوری به ۷/۲۲ و ۱۶/۱۴ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب به ۵/۹۴ و ۲۲/۳۶ میلی‌اکی‌والان در لیتر افزایش یافت. این موضوع با کاهش معنی‌دار عملکرد گندم با مصرف کود فسفوری (شکل ۳) مورد تأیید قرار می‌گیرد. مصرف کودهای فسفوری در شرایط شور و غیر شور در صورتی که فسفر موجود خاک قادر به تأمین نیاز گیاه نباشد ضروری است، لیکن شواهد کمی مبنی بر بهبود عملکرد گیاهان با افزودن کودهای شیمیایی به میزان بیش‌ازحد بهینه، حتی در شرایط غیر شور وجود دارد (Karimi, 2015; Grattan and Grieve, 1999). بی‌تأثیر بودن مصرف کود فسفوری بر رشد در شوری‌های بیش‌ازحد آستانه تحمل به شوری در ذرت نیز گزارش شده است (Talbi et al., 2018).

فسفوری نتوانست تأثیری بر عملکرد دانه گندم داشته باشد. این مشاهده ممکن است به دلیل افزایش حلالیت فسفر قابل جذب خاک با افزایش شوری خاک باشد (Grattan and Grive, 1999; Malakouti, 1992). با افزایش شوری خاک غلظت کاتیون‌های سدیم و منیزیم و آنیون سولفات در خاک افزایش می‌یابد. منیزیم از جذب سطحی فسفات توسط کلسیت جلوگیری می‌کند. سدیم با فسفر واکنش داده و قابلیت جذب آن توسط گیاه را افزایش می‌دهد. از آنجاکه آنیون‌های فسفات، سولفات، مولیبدات و هیدروکسیل در جذب سطحی با یکدیگر رقابت می‌کنند، غلظت زیاد آنیون سولفات می‌تواند موجب افزایش قابلیت جذب فسفر گردد (Karimizarchi et al., 2016). در این تحقیق غلظت سولفات در شوری آب آبیاری ۱/۸۸ دسی‌زیمنس بر متر،



شکل ۳. پاسخ گندم به سطوح مختلف کود فسفوری در شرایط شوری آب آبیاری ۱۶/۱۴ دسی‌زیمنس بر متر.

Fig. 3. Response of wheat to phosphorous rates under salinity of irrigation water 16.14 dS m⁻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. این مقاله بخشی از نتایج پروژه تحقیقاتی مرکز ملی تحقیقات شوری با شماره ثبت ۱۲۴-۱۰۰-۰-۳۲ می‌باشد.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این تحقیق نشان داد که مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل در شوری‌های آب آبیاری ۱/۷۷ و ۷/۲۲ دسی‌زیمنس بر متر ضرورت دارد. لیکن مصرف کود فسفوری در شوری ۱۶/۱۴ دسی‌زیمنس بر متر نتوانست موجب افزایش عملکرد گندم گردد؛ به عبارت دیگر با افزایش شوری بیشتر از حد آستانه گندم، نیاز گندم به کود فسفوری کاهش یافت.

منابع

Allen, J.D., Pechenik, J.A., 2010. Understanding the effects of low salinity on fertilization success and early development in the sand dollar *Echinarachnius parma*. The Biological Bulletin. 218(2), 189-199.

Balali, M., Mohajeremilani, P., Khademi, Z., Doroodi, M.S., Mashayekhi, H.H., Malakooti, M.J., 2000. A comprehensive computer model for fertilizer recommendation towards

- sustainable agriculture. Ammoshe Keshavarzi Press, Karaj. [In Persian].
- Fageriaa N.K., Gheyib, H.R., Moreirac, A., 2011. Nutrient bioavailability in salt affected soils. *Journal of Plant Nutrition*. 34, 945-962.
- Grattan, S.R., Grieve, C.M., 1999. Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments. In: Pessaraki, M. (ed.), *Hand Book of Plant and Crop Stress*. CRC Press, NY, USA, pp. 203-229.
- Karimi, M., 2015. A Guideline for Wheat Nitrogen Fertilization. Sahrasharq Press, Mashhad. [In Persian].
- Karimi, M., 2019. Wheat responses to the interactive effects of salinity and potassium sulphate application. *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 12(1), 239-249. [In Persian].
- Karimizarchi, M., Aminuddin, H., Khanif, M.Y., Radziah, O., 2016. Effect of elemental sulphur timing and application rates on soil P release and concentration in maize. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*. 39, 235 - 248.
- Khoshgoftarmansh, A., Nourbakhsh, F., 2009. Salinity and plant residue effects on soil available phosphorus. *Journal of Plant Nutrition*. 23(6), 954-966.
- Malakouti, M.J., Keshavarz, P., Saadat, S., Kholdebarin, B., 2003. *Plant Nutrition under Saline Conditions*. Sana press, Tehran. [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. [In Persian].
- Talbi Zribi, O., Slama, I., Trabelsi, N., Hamdi, A., Smaoui, A., Abdelly, C., 2018. Combined effects of salinity and phosphorus availability on growth, gas exchange, and nutrient status of *Catapodium rigidum*. *Arid Land Research and Management*. 32(3), 277-290.
- Villora, G., Moreno, D.A. Pulgar, G., Romero, L., 2000. Salinity affects phosphorus uptake and partitioning in zucchini. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 31(3-4), 501-507.