مجله علمی شورورزی
سال اول، شماره اول، بهار و تابستان ۱۴۰۲

تأثیر فسفر در کاهش اثر شوری بر عملکرد گندم در مراحل مختلف رشد

سعید سعادت[1*]، لیلا اسماعیل‌نژاد[2]، مسعود تدین‌نژاد[3]

۱. دانشیار و عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

۲. استادیار و عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

۳. استادیار و عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران.

*. نویسنده مسئول: سعید سعادت، پست الکترونیک: saeed_saadat@yahoo.com

چکیده

به منظور بررسی نقش فسفر در کاهش اثرات منفی شوری بر عملکرد گندم در مراحل مختلف رشد، مطالعه‌ای گلخانه‌ای در سیستم کشت بدون خاک با بستر کشت پرلیت به صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی انجام شد. فاکتورها شامل سطوح مختلف کود فسفر در چهار سطح (۱۵، ۳۰، ٤٥ و ٦٠ میلی‌گرم در لیتر فسفر از منبع پتاسیم دی هیدروژن فسفات) و افزودن این مقادیر از کود فسفر در پنج مرحله مختلف از رشد گندم (گیاهچه‌ای، پنجه‌زنی، طویل شدن ساقه، گل‌دهی و پرشدن دانه)، در سه تکرار بود. برای تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و در عین حال ایجاد محیط شور، از محلول غذایی تهیه شده از آبی با هدایت الکتریکی ۸ دسی‌زیمنس بر متر استفاده شد. نتایج نشان داد که افزایش غلظت فسفر موجب افزایش وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی، تعداد سنبله در گلدان و عملکرد دانه شده است. بیشترین عملکرد دانه در اثر کاربرد ٦٠ میلی‌گرم در لیتر فسفر در مرحله گل‌دهی بوده است. نتایج نشان داد که در صورتی که بتوان در مراحل مختلف رشد، مقادیر لازم از کود فسفره را در اختیار گیاه قرار داد، اثر منفی شوری بر عملکرد گندم کاهش پیدا خواهد کرد. با توجه به اینکه در شرایط معمول، کود فسفره به هنگام کشت به خاک اضافه می‌شود، با استناد به نتیجه این پژوهش توصیه می‌شود به منظور دست‌یابی به بالاترین عملکرد، مقدار ٦٠ میلی‌گرم در لیتر فسفر در مرحله گل‌دهی و از طریق کود آبیاری در اختیار گندم قرار گیرد.

واژگان کلیدی: عملکرد گندم، کشت بدون خاک، کود آبیاری، وزن خشک

مقدمه

در حال حاضر از مجموع حدود ۸ میلیون هکتار اراضی آبی کشور، حدود ٦/٨ میلیون هکتار مبتلا به شوری می‌باشند (۱۲؛ ٦). کل اراضی شور جهان حدود ۱۱۳۰ میلیون هکتار بوده که حدود ٦٧ درصد آن متأثر از فعالیت‌های بشری هستند (۲۱). از سویی، نیاز به افزایش تولید محصولات کشاورزی، محدودیت منابع آب و خاک مناسب و نیز مدیریت نامناسب زراعی موجب گردیده که هر ساله سطح اراضی شور گسترش یابد. همچنین روزانه حدود ١٤ کیلومتر مربع از اراضی آبی جهان به‌واسطه شور شدن در حال از بین رفتن می‌باشند (٤٤). شوری، ویژگی‌هایی از خاک و یا آب را بیان می‌کند که گیاه محور بوده و با توجه به ویژگی‌های فیزیولوژیکی و مقدار تحمل گیاه، مقدار و میزان اثربخشی آن می‌تواند برای گیاهان مختلف متفاوت باشد (۸). به عبارتی دیگر، در یک مکان و برای یک گیاه مشخص، یک مقدار شوری می‌تواند محدود کننده باشد در صورتی‌که همین مقدار شوری برای گیاهی دیگر و یا در مکانی دیگر می‌تواند محدود کننده نباشد (٤٠).

برای مدیریت مناسب تغذیه گیاه در شرایط شور، دانستن اینکه گیاهان چگونه به شوری واکنش نشان می‌دهند و نیز تعیین تحمل نسبی ارقام مختلف گیاهان و حساسیت مراحل مختلف رشد به شرایط محیطی و خاکی ضروری است. جوانه‌زنی و استقرار از مهم‌ترین مراحل رشد هر گیاه در شرایط شور می‌باشد. رشد ریشهٔ گیاهچه‌های گندم با افزایش تنش خشکی (پتانسیل ماتریک) و تنش شوری (پتانسیل اسمزی) کاهش می‌یابد (٤٢). شوری می‌تواند در جوانه‌زنی، ایجاد انشعابات گیاه، ایجاد برگ، تعداد و اندازه روزنه‌ها، ضخامت دیواره سلولی ، تعداد پنجه و عملکرد دانه مؤثر باشد. همچنین شوری موجب کاهش و توقف رشد در گیاهان می‌شود. مشاهدات مربوط به عملکرد و اجزاء آن نشان می‌دهد که در ارقام مختلف گندم، شوری تأثیری معنی‌دار روی عملکرد دانه داشته است. این موضوع می‌تواند نشان دهندهٔ حساسیت زیاد مرحله زایشی و دوره پر شدن دانه نسبت به شوری باشد (۲).

در یک پژوهش نشان داده شد که اگرچه در اغلب پژوهش‌ها حد آستانه تحمل به شوری گیاه گندم ٦ دسی‌زیمنس بر متر گزارش می‌شود (۳۵؛ ۱۰)، اما اثرات تنش شوری در مراحل مختلف رشد گندم متفاوت است (۷). حساس‌ترین مرحلهٔ گندم به شوری مرحلهٔ رویشی و اوایل زایشی بوده و در گل‌دهی حساسیت کمتر شده و مرحلهٔ پر شدن دانه کمترین حساسیت را به شوری دارد (۳٤؛ ۳۳؛ ٤٦، ٤٧). تأثیر معنی‌دار شوری بر عملکرد گیاه بیشتر در بخشی از ساقهٔ اصلی گندم مشهود است که در مرحلهٔ رشد تحت تنش شوری، در حال ظاهر شدن و بوجود آمدن است (۲۰؛ ۲۲). هم‌چنین عملکرد دانه گندم هنگامی که تنها بخشی از فصل رشد با آب شور آبیاری شده بود، بطوری معنی‌دار بیش از هنگامی بود که گندم در تمام فصل رشد با آب شور آبیاری شده بود (۷). باید در نظر داشت که مهم‌ترین عامل تعیین‌کنندهٔ عملکرد دانه در هر بوته گندم، تعداد پنجه‌های بارور در هر بوته است. در نتیجه کاهش تعداد پنجه می‌تواند تأثیری معنی‌دار بر عملکرد نهایی داشته باشد. آنها همچنین مشاهده کردند که بطور کلی با افزایش شوری، تعداد کل مجموعهٔ ساقه‌ها در هر بوته کاهش یافت. شوری به طوری معنی‌دار سطح برگ را کاهش می‌دهد. کلروفیل a و b، هدایت روزنه‌ای و تعرق با افزایش شوری کاهشی معنی‌دار دارد (۳۷). هم‌چنین تجمع K^+ و Ca^{2+} در ریشه، ساقه و برگ‌ها با افزایش شوری به شدت کاهش می‌یابد (۳۸). غلظت نیتروژن و فسفر در دانه تحت تأثیر شوری قرار نگرفت (۲۸، ۲۹). با افزایش شوری، غلظت سدیم و کلر در برگ‌ها و ساقه به طوری معنی‌دار افزایش یافت، در حالی‌که مقدار K و NO_3 کاهشی معنی‌دار داشت. تنش شوری مقدار نسبی آب (RWC)، کلروفیل، کارتنوئید، عملکرد ماده

خشک و دانه را کاهش و پرولین، گلایسین بتائین، قند محلول، سوپر اکسید دسموتاز، کاتالاز و گلوتاتیون رداکتاز را در تمام مراحل رشد گیاه گندم افزایش داد (٤١؛ ٣٢).

از مهم‌ترین اثرات زیان‌بار شوری، بر هم خوردن تعادل عناصر غذایی در خاک و در نتیجه، اختلال در جذب آن‌ها توسط گیاه می‌باشد؛ لذا مصرف بهینه‌ی عناصر در این شرایط از اهمیتی خاص برخوردار است (١٤). این مسئله تأیید شده است که کاربرد برخی از مواد شیمیایی یا به‌عبارت دیگر، کودها، تحت شرایط شور می‌تواند اثرات نامطلوب شوری بر عملکرد را کاهش دهد (٢٦؛ ١٩). از سویی، مصرف کود و تغذیه مناسب گیاه در شرایط شور نسبت به شرایط غیر شور پیچیده‌تر بوده و مستلزم مدیریت ویژه می‌باشد. بنابراین، برای دستیابی به بهترین عملکرد در شرایط شور، افزون بر مدیریت مناسب زراعی، تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان به مقدار لازم و در زمان مناسب ضروری است. در بین عناصر غذایی، اثرات متقابل بین شوری و تغذیه فسفر در گیاهان بسیار پیچیده است (٣٩؛ ٢٤؛ ١٠). برهمکنش‌های بین شوری و فسفر در گیاه به میزان زیادی بستگی به گونه گیاه، مرحله رشد و نمو، ترکیب و میزان شوری و نیز غلظت فسفر محیط کشت دارد. اضافه کردن فسفر به خاک شور موجب بهبود رشد و افزایش عملکرد گیاه می‌شود (١٨). در شرایط شور، دسترسی گیاه به فسفر به دلیل رسوب فسفر در محلول خاک، نگهداشت (جذب) محکم‌تر فسفر محلول توسط ذرات خاک، رقابت یونی بین کلر و فسفر و کاهش رشد کاهش می‌یابد (١٤). شوری خاک از طریق محدود نمودن رشد ریشه باعث کاهش جذب فسفر توسط گیاه می‌شود. بنابراین برای رسیدن به غلظت مناسب فسفر در گیاهان، سطوح بالاتری از فسفر قابل جذب در خاک، بیش از آنچه در خاک عادی مورد نیاز است، ضرورت دارد. در بسیاری مواقع، شوری غلظت فسفر بافت های گیاهی را بین ٢٠ تا ٥٠ درصد کاهش می‌دهد (٢٣). در غلظت‌های ٨٠ و ١٠٠ میلی‌مول سدیم کلراید غلظت فسفات برگ کاهش می‌یابد (١٧). افزایش شوری در محیط کشت گیاه کینوا منجر به کاهش غلظت فسفر در دانه این گیاه شده است (١١). سطح توصیه کود فسفر در شرایط شور کمی بالاتر از شرایط غیر شور می‌باشد، به طوری که وقتی شوری آب و خاک افزایش می‌یابد، رشد ریشه کمتر شده و در نتیجه موجب کاهش حجم خاک در اختیار ریشه و کاهش سطح تماس ریشه با خاک شده و جذب فسفر توسط ریشه کاهش می‌یابد (٥). سطح بهینه مصرف فسفر در شرایط غیرشور تا ١٥ میلی‌گرم در کیلوگرم عنوان شده است، اما ممکن است در شرایط شور کاربرد کود فسفره در مقادیری بالاتر از این، همچنان منجر به بهبود عملکرد گیاه گردد (٣)، چرا که در شرایط شور فعالیت یون کلسیم در آب و خاک افزایش یافته و این امر منجر به تسریع در تشکیل ترکیبات فسفات کلسیم با حلالیت کمتر و افزایش تثبیت فسفر در خاک می‌گردد. لذا به دلیل کاهش قابلیت جذب فسفر در خاک های شور از یک طرف و کاهش رشد ریشه از طرف دیگر، در این شرایط باید مقداری بیش از شرایط غیر شور، کود فسفره مصرف نمود. بطور کلی اثر مثبت کاربرد توأم کود فسفر و نیتروژن بر رشد گندم در خاک لومی شنی شور تنها تا سطح معینی از شوری قابل توجه بوده و بعد از آن اثر شوری غالب می‌گردد. بررسی اثر فسفر آلی و معدنی بر رشد گندم تحت تنش شوری در سه خاک آبرفتی، شنی و آهکی، نشان داد که رشد گیاهان رشد یافته در خاک شنی بیشتر از خاک آبرفتی تحت تأثیر شوری قرار می‌گیرد. این امر بویژه در سطح صفر فسفر دیده شد. فسفر موجب بهبود رشد گیاه در شرایط شور شده و این نقش در شوری متوسط و زیاد بیشتر بوده است. همچنین کاربرد توأم فسفر آلی و معدنی بهتر از کاربرد آنها به تنهایی بوده است (٤٧).

هدف بسیاری از مطالعات شوری – حاصل‌خیزی مشخص کردن تأثیر کوددهی بر میزان تحمل گیاه به شوری بوده است (٤). ممکن است افزایش غلظت یک عنصر

غذایی در محیط از طریق کوددهی، بسته به میزان شوری و نوع عنصر محدود کنندهٔ رشد، باعث افزایش و یا کاهش تحمل به شوری گیاه شود. معمولاً واکنش مثبت گیاه به مصرف کود در خاکهای شور منحصر به شوری‌های کم تا متوسط (معمولاً تا حدود ds/m ۱۰) است. در شوری‌های بالاتر به جهت بالا رفتن تجمعی فشار اسمزی، واکنش گیاه منفی بوده و عملکرد کاهش می‌یابد (۱٤). چنانچه کلیه عناصر غذایی مورد نیاز گیاه به قدر کافی در خاک وجود داشته باشند، شوری خاک عامل محدود کننده برای جذب عناصر غذایی بوده و مکانیسم جذب را بر هم می زند، مثلاً در یک خاک شور که کاتیون‌ها و آنیون‌های غالب را به ترتیب Na، Ca، Mg، Cl و SO_4 تشکیل می‌داد، مقدار جذب عناصر P، K، Ca و Fe توسط گیاه جو کاهش یافت (۲۷).

کودآبیاری[1] یکی از روش‌های نوین مصرف کود از طریق سیستم‌های آبیاری تحت فشار و یا سطحی محسوب می‌شود (٤٥) که امکان مصرف کودهای مختلف را به طور مستقیم در منطقه ریشه فراهم می‌کند و از این طریق کارایی مصرف کود را افزایش و هدررفت کود را کاهش می‌دهد (۳۱؛ ٤۳). هم‌چنین سیستم کودآبیاری بر تجمع زیست‌توده، رشد ریشه، نسبت اندام هوایی به ریشه و همچنین افزایش کارایی مصرف کود اثر دارد (۱٥). مصرف فسفر با روش کود آبیاری برای گندم باعث افزایش عملکرد دانه به میزان ۱۲–۱۸٪ شد (۳۰).

در مطالعه‌ای مزرعه‌ای، کارآیی دو روش کود پاشی سطحی فسفر (۰ و ۱۰ کیلوگرم p_2o_5 در هر هکتار) و کود آبیاری (٥۰ و ۷٥، و ۱۰۰ کیلوگرم p_2o_5 در هر هکتار) را در خاک‌های آهکی با مقادیر متغیر $CaCo_3$ (٦، ۹ و ۱۳٪) مقایسه شد. نتایج آنها نشان داد که روش کود آبیاری با مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌طور معنی‌داری عملکرد دانه را به میزان ٤/٤ تن در هکتار نسبت به کودپاشی سطحی افزایش داد. نتایج آنها حاکی از برتری و کارآیی بیشتر روش کود آبیاری نسبت به سایر روش‌های سنتی کودپاشی در خاک‌های آهکی است (۳٦).

سودمندی کاربرد کود فسفر در شرایط شور به میزان کمی بالاتر از توصیه در شرایط غیرشور به اثبات رسیده است (٤۸). اما با تأکید بر این نکته که حساسیت گیاهان به تنش شوری در مراحل مختلف رشد آنها متفاوت می‌باشد، ممکن است مدیریت مصرف کود در مراحل مختلف رشد گیاه نیز اثرات متفاوتی بر پاسخ نهایی گیاه به کود و افزایش عملکرد داشته باشد. با وجود اهمیت این موضوع، تاکنون پژوهش‌های کمتری در زمینه بررسی تأثیر کاربرد کود در مراحل مختلف رشد گیاه بر عملکرد نهایی آن صورت گرفته است. لذا پژوهش حاضر به منظور تعیین اثر مصرف مقادیر متفاوت فسفر در مراحل مختلف رشد بر عملکرد گندم در شرایط شور انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی نقش فسفر در کاهش اثرات منفی شوری بر عملکرد گندم در مراحل مختلف رشد، مطالعه‌ای گلخانه‌ای در سیستم کشت بدون خاک با بستر کشت پرلیت به صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی انجام شد. دمای محیط گلخانه در طول دوره رشد توسط سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی خودکار بین ۲٥ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شده و به علت روز بلند بودن گندم، در مراحل گل‌دهی و پر شدن دانه، طول ساعات روشنایی، توسط سیستم‌های روشنایی به ۱٤ ساعت افزایش یافت. فاکتورها شامل سطوح مختلف فسفر در چهار سطح (۱٥، ۳۰، ٤٥ و ٦۰ میلی‌گرم در لیتر فسفر (P_2O_5) از منبع پتاسیم دی هیدروژن فسفات) و افزودن این مقادیر در پنج مرحله مختلف از رشد گندم (گیاهچه‌ای، پنجه‌زنی، طویل‌شدن

[1] Fertigation

ساقه، گل‌دهی و پرشدن دانه) بود. در مجموع پژوهش حاضر با ۲۰ تیمار در سه تکرار به صورت گلدانی در ٦٠ گلدان با محلول غذایی که با آب شور با هدایت الکتریکی ۸ دسی‌زیمنس بر متر ساخته شده بود، انجام گرفت. انتخاب شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر به عنوان حد تنش شوری برای گندم، بر اساس حد آستانه تحمل به شوری گیاه گندم (٦ دسی‌زیمنس بر متر) انجام شد (۳۵). محلول غذایی استفاده شده برای تغذیه بوته‌ها دارای عناصر غذایی با غلظت نصف عناصر غذایی موجود در محلول غذایی هوگلند بود. برای ساخت محلول عناصر غذایی میکرو، از اسید بوریک، سولفات منگنز، سولفات مس، سولفات روی و آمونیم هپتا مولیبدات استفاده شد. آهن نیز به صورت سولفات آهن همراه با Na_2 EDTA ساخته شد. برای ساخت محلول‌های عناصر غذایی ماکرو، از نیترات کلسیم، نیترات پتاسیم و سولفات منیزیم استفاده شد که برای جلوگیری از تشکیل رسوب هر یک از این محلول‌ها جداگانه ساخته شدند. محلول غذایی نهایی از مخلوط نمودن محلول‌های ذخیره و آب شور طبیعی که از منطقه رودشت اصفهان تهیه و به محل گلخانه انتقال یافته و هدایت الکتریکی آن با استفاده از روش اختلاط آب‌ها به ۸ دسی‌زیمنس بر متر رسیده بود، تهیه شد. محلول تهیه شده پس از تنظیم پ هاش در محدوده ۵/۵ تا ٦ برای آبیاری گیاه استفاده شد. برای اعمال تیمارهای فسفر یک محلول اولیه فسفر (محلول مادر) با غلظت ۱۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر فسفر، از پتاسیم دی هیدروژن فسفات ساخته شده و با توجه به غلظتی که باید در اختیار گیاه قرار گیرد، حجم لازم به مخزن‌های محلول غذایی اضافه شد. محلول غذایی ذخیره به منظور جلوگیری از تشکیل رسوب و تغییر غلظت عناصر غذایی به صورت هفتگی ساخته شد و برای تهیه محلول غذایی نهایی به صورت روزانه با آب شور مخلوط شده و در اختیار گیاه قرار گرفت.

چون هدایت الکتریکی آب زهکش مورد استفاده بالاتر از هدایت الکتریکی مورد نیاز بود با آب شرب با هدایت الکتریکی حدود ۰/۳٦ دسی‌زیمنس بر متر مخلوط گردید تا آب با هدایت الکتریکی مورد نظر به دست آید. در جدول ۱ ویژگی‌های شیمیایی آب شور مورد استفاده قبل و بعد از مخلوط شدن آمده است.

جدول ۱- ویژگی‌های شیمیایی آب شور مورد استفاده قبل و بعد از مخلوط شدن با آب غیر شور

منبع آب	EC (dS/m)	pH	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	K	$Ca^{2+}+Mg^{2+}$	Na^+	P
			meq/l						mg/L
آب شور اولیه	۱٦/۱	۷/٤	٤/۸	۱۱٤	۹۸/۲	۰/۲	۷۸	۱٤۰	۰/۱۵
آب شور مخلوط شده	۷/۹	۷/۸	۳/٤	٤۰	٤۹/۵	۰/۲	۲٦	٦۵/٦	۰/۰۸

همان‌گونه که ذکر شد برای تغذیه بوته‌ها از محلول غذایی هوگلند استفاده شد. اما به دلیل اینکه غلظت عناصر غذایی ماکرو موجود در این محلول بیش از مقدار مورد نیاز غذایی گندم بود غلظت عناصر غذایی ماکرو نصف غلظت این عناصر در محلول غذایی هوگلند در نظر گرفته شد درحالی‌که غلظت عناصر غذایی میکرو به غیر از آهن تغییری نکرد و همان غلظت موجود در محلول غذایی هوگلند در اختیار گیاه قرار گرفت. بر این اساس غلظت عناصر غذایی در محلول غذایی ساخته شده با آب مقطر محاسبه و در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- غلظت عناصر غذایی موجود در محلول ساخته شده با آب مقطر (میلی‌گرم در لیتر)

بر	منگنز	مس	روی	مولیبدن	آهن	کلسیم	منیزیم	پتاسیم	نیتروژن نیتراتی	سولفات	گوگرد
۰/۹٦	۲/۲	۰/۰۵	۰/۱	۰/۱	۲۰/۵	۷۹/٦	۲۵/٦	۱۲۷/٤	۱۰۱/۵	۷/۱۱	۲٤/۷

پس از ساخت محلول‌های غذایی، این محلول‌ها در سه نوبت در طول اجرای طرح مورد تجزیه شیمیایی کامل قرار گرفت تا در صورت تغییر غلظت عناصر غذایی مورد نیاز این محلول‌ها اصلاح شده و مورد استفاده قرار گیرد. در مورد مجموع زه‌آب خروجی از گلدان‌ها نیز این تجزیه‌ها در دو نوبت انجام گرفت. علاوه بر اندازه‌گیری‌های ذکر شده جهت کنترل بیشتر تغییرات محلول‌های غذایی، هدایت الکتریکی و pH این محلول‌ها و هم‌چنین زه‌آب خروجی گلدان‌ها به صورت روزانه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. بذرها پس از طی یک دوره سرمادهی، مرطوب شده و به محض خروج جوانه‌ها از بذر به گلخانه منتقل شده و درون گلدان‌ها به تعداد ۲۰ عدد در هر گلدان کشت شدند. تا قبل از وارد شدن جوانه‌ها به مرحله گیاهچه‌ای، از آب شهر با هدایت الکتریکی ۰/۳ دسی‌زیمنس بر متر برای آبیاری استفاده شد. در این مرحله با توجه به عدم گستردگی ریشه، برای تأمین رطوبت مورد نیاز ۱۲ نوبت آبیاری با توجه به شدت تبخیر و تعرق گیاه، در طول شبانه روز، هر نوبت به مدت ۱۵ دقیقه به صورت خودکار انجام شد که در هر نوبت ۲۳۰ میلی‌لیتر آب در اختیار هر گلدان قرار می‌گرفت. با آغاز مرحله گیاهچه‌ای محلول غذایی ساخته شده در اختیار گیاه قرار گرفت و آبیاری به ۹ نوبت در روز کاهش یافت. با گسترش ریشه‌ها و در طول مراحل رشد تعداد و طول زمان آبیاری با توجه به تبخیر و تعرق گیاه و حجم زه آب خارج شده از گلدان‌ها تغییر داده شد. با توجه به درصد جوانه‌زنی بالای بذرها، تعدادی از گیاهچه‌ها حذف شده و در نهایت ٤ گیاهچه در هر گلدان به رشد خود تا آخرین مرحله رشد ادامه دادند. اندازه‌گیری‌های مرحله‌ای شامل، درصد جوانه‌زنی، درصد پنجه‌زنی، تعداد پنجه در هر بوته و هر گلدان، ارتفاع بوته، طول ساقه، تعداد سنبله در هر گلدان، سطح برگ پرچم و طول سنبله، قبل از برداشت در هر تیمار و در زمان مناسب انجام شد. پس از برداشت، نمونه‌ها در آون خشک شده و وزن خشک ریشه، ساقه، برگ، وزن دانه، و در کل عملکرد هر گلدان اندازه‌گیری شد.

نتایج و بحث

مقدار فسفر و هم‌چنین اثرات متقابل آن با مراحل رشد موجب بروز اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ در وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی، تعداد سنبله در گلدان، و عملکرد دانه شد.

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایش بر شاخص‌های مورد اندازه‌گیری در جدول ۳ ذکر شده است. در جدول ٤ اثرات متقابل غلظت فسفر و مراحل رشد، بر روی شاخص‌های مورد اندازه‌گیری ذکر شده است. نتایج شان می‌دهد که افزایش غلظت فسفر موجب افزایش وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی، تعداد سنبله در گلدان و عملکرد دانه شده است. استفاده از ۳۰ و ٦۰ میلی‌گرم در لیتر فسفر در مرحله طویل‌شدن ساقه بیشترین تعداد سنبله در گلدان را تولید کرد. همچنین استفاده از ٦۰ میلی‌گرم در لیتر فسفر در مرحله گل‌دهی و پر شدن دانه موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شد.

با توجه به نتایج بدست آمده از این آزمایش، فسفر عمدتاً از طریق افزایش وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام

هوایی و درصد پنجه‌زنی موجب افزایش عملکرد گندم شده است. افزایش غلظت فسفر در محلول غذایی موجب افزایش وزن خشک ریشه شد. افزایش وزن خشک ریشه افزون بر افزایش تعداد حامل‌های جذب کننده آب و مواد غذایی و جبران کاهش احتمالی ظرفیت جذب این حامل‌ها در شرایط شور، حجم خاک بیشتری را در اختیار ریشه قرار می‌دهد؛ در نتیجه مقدار بیشتری از عناصر غذایی در اختیار ریشه گیاه قرار می‌گیرد و مشکل تهی‌شدن منطقه ریشه از عناصر غذایی در اثر جذب گیاه به ویژه برای عناصری که ضریب پخشیدگی کمی دارند دیرتر اتفاق می‌افتد و ریشه قادر خواهد بود مقدار بیشتری آب و عناصر غذایی را جذب کرده و به دنبال این افزایش جذب، عملکرد افزایش می‌یابد.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایش بر شاخص‌های مورد اندازه‌گیری

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک ریشه	وزن خشک اندام هوایی	طول سنبله	تعداد پنجه در گلدان	درصد پنجه‌زنی
		میانگین مربعات				
غلظت فسفر (A)	۳	۲۰/۲۵ **	٤٧٤/٧٦ **	۲/۷٤ n.s.	۱۲/۳۹ n.s	۰/۱٦ **
مراحل رشد (B)	٤	۱۲/۲۲ **	۳۳٦/۷٦ **	۰/۵۹ n.s.	۲۰/۵۲ *	۰/۰۷ **
A×B	۱۲	۹/٦۵ **	۳۳٦/٦۷ **	۰/۸۵ n.s.	۱۰/٦۷ *	۰/۰۳ **
خطا	٤۰	۲/۲۹۳	٦۵/۱٤	۱/۱٦	۵/۲۲	۰/۰۰۵
کل	۵۹	۱۱/۷٤	٤۲۱/٤۷	۰/۹۸	۱٤/۲۱	۰٦/۰
منابع تغییر	**درجه آزادی**	**ارتفاع ساقه**	**طول ساقه از برگ پرچم تا ابتدای سنبله**	**ارتفاع ساقه آخر مرحله پنجه‌زنی**	**تعداد سنبله در گلدان**	**عملکرد دانه**
		میانگین مربعات				
غلظت فسفر (A)	۳	۵۱/٦۹ n.s.	۱۳/۳٤ n.s.	۱۸۷/٤۹ *	٦۲/۳۳ **	۵۸/٤۲ **
مراحل رشد (B)	٤	۱٦/۳۹ n.s.	۱/۱۲ n.s.	۱۲۱/۹ n.s.	۲۹/٦٤ **	٦/۱۸ **
A×B	۱۲	۷۱/۹٦ n.s.	۵/۱۱ n.s.	۳۹/۳ n.s.	۲۳/۳۵ **	۵/۹۷ **
خطا	٤۰	٤۲/۳۹	٤/۸۳	٤۸/۳۹	۵/۲۸	۱/۳٤
کل	۵۹	۵۷/٤۱	۵/۱۷	۷۹/۷۰	۳۱/٦۲	۱٦/۲۹

*، ** و n.s. به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.

سطح توصیه کود فسفر در شرایط شور کمی بالاتر از شرایط غیر شور می‌باشد، به طوری که وقتی شوری آب و خاک افزایش می‌یابد، رشد ریشه کمتر شده و در نتیجه موجب کاهش حجم خاک در اختیار ریشه و کاهش سطح تماس ریشه با خاک شده و نفوذ فسفر به داخل ریشه کاهش می‌یابد. نتایج این تحقیق تکمیل کننده نتیجه ایشان بوده و اثر افزایش فسفر بر عملکرد را در شرایط شور نشان می‌دهد (۱۳).

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای غلظت فسفر و مراحل رشد بر شاخص‌های مورد اندازه‌گیری

غلظت فسفر (میلی‌گرم در لیتر)	مراحل رشد	وزن خشک ریشه (گرم در گلدان)	وزن خشک ساقه و برگ (گرم در گلدان)	طول سنبله (سانتی‌متر)	تعداد پنجه در گلدان	درصد پنجه‌زنی	سطح برگ پرچم (سانتی‌متر مربع)	ارتفاع ساقه (سانتی‌متر)	طول ساقه از برگ پرچم تا ابتدای سنبله (سانتی‌متر)	تعداد سنبله در گلدان	عملکرد دانه (گرم در گلدان)
۱۵	گیاهچه‌ای	۱۲/۲۳ ^{c}	۸۵/۲۱^{c}	۱۰/۸۵^{a}	۲۸/۵^{a}	۰/۷۰^{a}	٤۹/٤۵^{ab}	۱۲۵/۰^{a}	۳۰/۵۵^{a}	۱۷/۵^{c}	۱۱/۱۲^{b}
	پنجه‌زنی	۱۰/۸۵^{cd}	۷۲/۳۷^{c}	۱۰/۵۰^{a}	۲٦/۰۰^{a}	۰/۷۰^{a}	٤۰/۸۰^{b}	۱۲۲/۰^{a}	۲٦/۸۵^{a}	۱۷/۰^{c}	۹/٦۲^{c}
	طویل شدن ساقه	۱۲/٦۱^{c}	۸٦/۰۵^{c}	۸/۷۵^{a}	۲٤/۵۰^{a}	-	٤٤/۸۵^{b}	۱۲٤/۵^{a}	۳۱/۸۵^{a}	۱۷/۰^{c}	۹/۷٦^{c}
	گل‌دهی	۱۰/۵۷^{cd}	۸٤/۵۰^{c}	۱۰/۳۵^{a}	۲۵/۰۰^{a}	-	٤۰/۵۰^{bc}	۱۲۵/۰^{a}	۳۰/٦۰^{a}	۲۰/۵^{b}	۹/۲۳^{c}
	پر شدن دانه	۱۳/۰۹^{b}	۹۰/۲۰^{b}	۹/۷۰^{a}	۲۷/۰۰^{a}	-	٤۲/۰۰^{b}	۱۳۵/۰^{a}	۳۱/۱۰^{a}	۲۳/۰^{a}	۱۰/٤۲^{bc}
۳۰	گیاهچه‌ای	۱۲/۵۸^{c}	۱۰۰/۷۵^{ab}	۹/۷۷^{a}	۲۳/۰۰^{a}	۰/۸۷^{a}	۳۸/۹۰^{c}	۱۳۰/٦۷^{a}	۲۹/۸۷^{a}	۱۸/۵۰^{b}	۱۱/۵٤^{b}
	پنجه‌زنی	۱٦/٤۰^{a}	۹٦/٤۰^{b}	۹/۷۰^{a}	۲۸/۳۳^{a}	۰/۸۵^{a}	٤۸/۸۳^{b}	۱۳۲/۳۳^{a}	۲۷/۵۳^{a}	۱۹/۰۰^{b}	۱۱/۰۲^{b}
	طویل شدن ساقه	۱٤/۷۷^{b}	۸۸/۱۵^{c}	۱۰/۳۳^{a}	۲۷/۳۳^{a}	-	٤۹/۰۳^{ab}	۱۲۸/۳۳^{a}	۲۷/۳۰^{a}	۱۷/۵۰^{c}	۸/۷۷^{c}
	گل‌دهی	۱۵/۹۲^{a}	۹٤/۷۰^{b}	۹/٤۷^{a}	۲۷/۰۰^{a}	-	٤۲/۷۳^{b}	۱۲۸/٦۷^{a}	۲۹/۸۰^{a}	۲۳/۰۰^{a}	۱۰/۸۷^{bc}
	پر شدن دانه	۱٤/۲۰^{b}	۹۹/٤۷^{b}	۹/٦۷^{a}	۲۸/۰۰^{a}	-	۵۵/۸۰^{a}	۱۱۷/۳۳^{a}	۲۹/۷۳^{a}	۱۹/٦۷^{b}	۱۱/۱۱^{b}
٤۵	گیاهچه‌ای	۱۳/۲۰^{b}	۷۹/۵۳^{c}	۹/۰۰^{a}	۲۰/۰۰^{a}	۰/٤۵^{b}	٤۵/۰۰^{b}	۱۲۹/۰۰^{a}	۲۹/۹۵^{a}	۲٤/۰۰^{a}	۱۱/۱۳^{b}
	پنجه‌زنی	۹/٦۱^{d}	۷۹/٤۰^{c}	۱۰/۰۳^{a}	۲۵/۰۰^{a}	۰/۸۰^{a}	۳۷/۸۰^{c}	۱۳۰/۳۳^{a}	۲۸/۷۰^{a}	۱۷/۰۰^{c}	۱۰/۹۵^{bc}
	طویل شدن ساقه	۱۱/۸۹^{c}	۱۲۰/۰۰^{a}	۱۰/۲۷^{a}	۲۸/۰۰^{a}	-	٤۲/۹۵^{b}	۱۲۸/۳۳^{a}	۲۹/۳۷^{a}	۲۸/۵۰^{a}	۱۲/۰٦^{b}
	گل‌دهی	۱٤/۳٦^{b}	۹٦/٦۰^{b}	۱۰/۲۳^{a}	۲٤/٦۷^{a}	-	۵۲/٤۳^{a}	۱۳۰/۳۳^{a}	۲۸/۷۰^{a}	۱٦/۰۰^{c}	۱۱/٦۷^{b}
	پر شدن دانه	۱٦/۸۰^{a}	۷۸/۳۷^{c}	۸/۰۰^{a}	۲٦/۰۰^{a}	-	٤٤/۰۰^{b}	۱۳۰/۳۳^{a}	۲۹/۳۳^{a}	۱۹/۰۰^{b}	۱۰/۳٤^{bc}
٦۰	گیاهچه‌ای	۱۵/۷۲^{a}	۱۱۲/۵۹^{a}	۱۱/۱۵^{a}	۲۱/٦۷^{a}	۰/۳۷^{c}	٤٦/۵۳^{b}	۱۲٤/۳۳^{a}	۲۹/٤۰^{a}	۲۰/۰۰^{b}	۱۲/۰۵^{b}
	پنجه‌زنی	۱۰/٤٤^{cd}	۹۷/۳۸^{b}	۱۰/۳۳^{a}	۲۳/٦۷^{a}	۰/۷۵^{a}	٤۸/۰۷^{b}	۱۳۰/۳۳^{a}	۳٤/۱۵^{a}	۲۳/٦۷^{a}	۱٤/۳۹^{ab}
	طویل شدن ساقه	۱۱/۸۳^{c}	۱۱٦/۷۲^{a}	۱۰/۵۵^{a}	۲۵/٦۷^{a}	-	۵۱/۵۰^{a}	۱۲۱/۰۰^{a}	۳۰/۵۰^{a}	۲۸/۰۰^{a}	۱۲/۳٦^{b}
	گل‌دهی	۱۷/٤٤^{a}	۷۳/۲۹^{c}	۱۰/۲۷^{a}	۲۷/۰۰^{a}	-	۵۲/۵۰^{a}	۱۳٦/۰۰^{a}	۳۱/۸۰^{a}	۲۳/۵۰^{a}	۱۸/۲٦^{a}
	پر شدن دانه	۱٤/٦٦^{b}	۱۰٦/۳۲^{ab}	۱۰/۸۵^{a}	۲٦/٦۷^{a}	-	٤۵/۰۳^{b}	۱۳۰/٦۷^{a}	۲۹/٤۳^{a}	۲۷/۰۰^{a}	۱۷/۰۵^{a}

در هر ستون وجود حروف مشابه نشان از عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

افزایش وزن خشک اندام هوایی در اثر مصرف مقادیر بیشتر فسفر، نشان‌دهنده افزایش سطح اندام هوایی و افزایش سطح فتوسنتز کننده و فتوسنتز گیاه بوده و تولید ماده خشک و در نهایت عملکرد دانه افزایش یافته است. افزودن فسفر، با کاهش تعداد کل پنجه‌ها، تعداد پنجه‌های نابارور را کاهش داده و انرژی و ماده تولید شده در چرخه متابولیسم گیاه صرف تعداد پنجه‌های موجود شده و درصد بالایی از پنجه‌های باقی مانده وارد مرحله گل‌دهی شده است. شوری محیط اطراف ریشه، عملکرد دانه گندم را در ابتدا با کاهش تعداد پنجه‌های مفید کاهش می‌دهد (۲۵). این کاهش بصورت یک تابع کاهشی همراه با افزایش شوری است. استفاده از فسفر در شرایط شور موجب جبران کاهش تعداد پنجه‌های مفید شده و افزایش عملکرد را در پی خواهد داشت. پاسخ گندم به مصرف نیتروژن، پتاسیم، فسفر و عناصر کم مصرف در شرایط شور مثبت بوده و اثر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی و منگنز بر رشد و عملکرد گندم معنی‌دار بوده است (۱۶). فسفر در افزایش وزن خشک دانه گندم و افزایش غلظت فسفر در دانه بسیار مؤثر است (۹). لذا با استناد به نتایج به دست آمده در این تحقیق، فسفر از طریق تأثیر بر عوامل ذکر شده موجب افزایش عملکرد گندم در شرایط شور می‌شود. با توجه به اینکه در شرایط معمول، کود فسفره به هنگام کشت به خاک اضافه می‌شود، با استناد به نتیجه این پژوهش توصیه می‌شود به منظور دست‌یابی به بالاترین عملکرد دانه، مقدار ۶۰ میلی‌گرم در لیتر فسفر در مراحل آخر رشد (مرحله گل‌دهی یا پر شدن دانه) و از طریق کود آبیاری در اختیار گندم قرار گیرد. با توجه به اینکه نیاز آبی گندم در مرحله گل‌دهی ۱۸۲ میلی‌متر می‌باشد (۱)، برای رسیدن به بالاترین عملکرد دانه، نیاز به حدود ۱۰۰ کیلوگرم P_2O_5 می‌باشد که بسته به نوع کود مورد استفاده (سوپر فسفات تریپل یا سوپر فسفات ساده) مقدار کود مورد نیاز متفاوت خواهد بود. این امر باعث می‌شود تا تثبیت فسفر در شرایط شور کاهش یافته و افزون بر افزایش بهره‌وری کودهای فسفره، عنصر غذایی در زمان مناسب و با بهترین روش در اختیار گیاه قرار گیرد.

توصیه ترویجی

با استناد به نتیجه این پژوهش توصیه می‌شود به منظور دست‌یابی به بالاترین عملکرد دانه، مقدار ۶۰ میلی‌گرم در لیتر فسفر (حدود ۱۰۰ کیلوگرم P_2O_5) در مراحل آخر رشد (مرحله گل‌دهی یا پر شدن دانه) از طریق کودآبیاری در اختیار گندم قرار گیرد.

فهرست منابع

۱- ابراهیمی پاک، ن.ع، تافته، آ.حسینی، س.ن.، کیخایی. ف. (۱۴۰۱). سامانه نیاز آب. موسسه تحقیقات خاک و آب. http://niwr.ir.

۲- احتشامی، س .م. (۱۳۷۹). تنش شوری در گندم. زیتون، شماره ۱۴۷. صفحه ۴۳.

۳- برنامه جامع حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه (۱۳۹۳-۱۴۰۴). (۱۳۹۳). جلد دوم: دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه برای محصولات زراعی راهبردی. انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب .۴۱۹ صفحه.

۴- خوشگفتارمنش، ا.ح و سیادت، ح. (۱۳۸۱). تغذیه معدنی سبزیجات و محصولات باغی در شرایط شور. چاپ اول.تهران: انتشارات معاونت باغبانی، وزارت جهادکشاورزی.

۵- سعادت، س. (۱۳۷۸). تأثیر آب لب‌شور و کودهای شیمیایی ازته، فسفره و پتاسه بر روی عملکرد گندم». موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه فنی شماره ۱۰۷۰.

٦- سعادت، س. (۱۳۸۹). مدیریت تغذیه گندم در شرایط دشوار. طرح ملی وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. مؤسسه تحقیقات خاک و آب.

۷- سعادت، س.، همایی، م. و بای بوردی، م. (۱۳۸٤) . نمون سازی واکنش کمی گیاهان به شوری بر مبنای مراحل مختلف رشد. رساله دکتری. دانشگاه تربیت مدرس. دانشکده کشاورزی. تهران. ایران.

۸- سعادت، س. (۱۳۹۸). گزارش نهایی طرح پایش کیفیت خاک‌های کشاورزی. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

۹- کریمیان. ن. (۱۳۸۰). اثر فسفر بر عملکرد و ترکیب شیمیایی دانه گندم. مجموعه مقالات کوتاه هفتمین کنگره علوم خاک ایران . ۷-٤ شهریور ۱۳۸۰. شهرکرد . ص ٤۲۷-٤۲۸

۱۰- ملکوتی، م.ج.، کشاورز، پ.، سعادت، س. و خلدبرین، ب. (۱۳۸۱) . تغذیه گیاهان در شرایط شور. معاونت امور باغبانی وزارت جهاد کشاورزی. انتشارات سنا. ۲۳۳ صفحه.

۱۱- ملکی، پ.، بهرامی، ح.ع.، سعادت، س.، شریفی، ف.، دهقانی، ف.، صالحی، م. (۱۳۹۷). تعیین حدآستانه تحمل به شوری کینوا در مراحل مختلف رشد و بررسی کارایی این گیاه در بهبود آبشویی خاک و میزان جذب یون‌ها در ترکیبات متفاوت آب شور. پایان نامه دکتری. دانشگاه تربیت مدرس. تهران. ایران.

۱۲- مؤمنی، ع. (۱۳۸۹). پراکنش جغرافیایی و سطوح شوری منابع خاک ایران. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب): ۲٤(۳): ۲۱۵-۲۰۳.

۱۳- مهاجرمیلانی، پ.، ر. وکیل و سعادت، س. (۱۳۷۸). تغذیه گندم در شرایط شور استان قم. مجله علمی پژوهشی خاک و آب، ویژه‌نامه گندم، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، ۱۲(٦): ۱۹٦-۱۸۷.

۱٤- همایی، م. (۱۳۸۱). واکنش گیاهان به شوری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. نشریه شماره ۵۸. تهران. ایران.

15- Abdelraouf, R.E. and Ragab, R. (2018). Effect of fertigation frequency and duration on yield and water productivity of wheat: field and modelling study using the Saltmed model. Irrigation and Drainage.

16- Anand, S. (1996). Consequences of nutrient losses through tile drain and crop responses of fertilizer use in a saline soil with a surface drainage system. Center soil salinity res. Inst. Karnal-132001, Haryand. India.

17- Berenguer, C. A., Carvajal, M. Viguera, C. G. and Alcaraz, C. F. (2007). Nitrogen, phosphorus, and sulfur nutrition in broccoli plants grown under salinity. Journal of Plant Nutrition 30:1855– 1870

18- Champagnol, F. (1979). Relationship between phosphate nutrition of plants and salt toxicity. Phosphorus Agric., 76, 35-43.

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

20- Elgharably, A. (2011). Wheat response to combined application of nitrogen and phosphorus in a saline sandy loam soil, Soil Science and Plant Nutrition, 57, 396-402.

21- FAO. (2018). Handbook for saline soil management. Editors: R. Vargas, E.I. Pankova, S.A. Balyuk, P.V. Krasilnikov and G.M. Khasankhanova.Published by the Food and Agriculture Organization of the United Nations and Lomonosov Moscow State University.

22- Francois, L. E., Grieve, C.M. Mass, E.V. and Lesch, S.M. (1994). Time of salt stress affects growth and yield components of irrigated wheat. Agron. J., 86:100-107.

23- Grattan, S. R. and Grieve, C. M. (1992). Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environment. Agriculture Ecosystem Environment, 38: 275-300.

24- Grattan, S. R., and Grieve, C. M. (1993). Mineral nutrient and response by plants grown in saline environments. In: Pessarakli, M. (ed)hand book of plant and cold stress. pp 203-226.

25- Grieve, C. M., Leasch, S. M. Mass, E. V. and Francois, L. E. (1993). Leaf and spikelet premordia initiation in salt stressed wheat. Crop Sci. 33: 1286-1292.

26- Gupta, B. and Huang, B. (2014). Mechanism of salinity tolerance in plants: physiological, biochemical, and molecular characterization. Int. J. Genomics, 1-18.

27- Hassan, N. A. K., Drew, J. V., Knudson, D., and Olsen, R. (1970). Influence of soil salinity on production of dry matter and uptake and distribution of nutrients in barley and corn: I. Barley. Agron. J., 62, 43-45.

28- Hu, Y., and Schmidhalter, U. (1997)a. Interactive effect of salinity and macrontrient level on wheat. II. Composition. Journal of plant Nutrition. 20 (9): 1169- 1182.

29- Hu. Y., Oertli, J. J., and Schmidhalter, U. (1997)b. Interactive effects of salinity and macronutrient level on wheat. I. Growth. Journal of Plant Nutrition, 20(9): 1155-1167.

30- Iqbal, Z., Yaqub, M., Akram, M., and Ahmad, R. (2013). Phosphorus fertigation: A technique for enhancing P fertilizer efficiency and yield of wheat and maize. Soil Environ. 32(2): 146-151.

31- Kennedy T. L, Suddick, E. C., and Six, J. (2013). Reduced nitrous oxide emissions and increased yields in California tomato cropping systems under drip irrigation and fertigation. Agriculture, Ecosystems and Environment 170: 16- 27.

32- Khan, A., Ahmad, I., Shah, A., Ghani, A., Nawaz, M., Shaheen, F., Fatima, H.U., Pervaiz, F., Javed, S., Hayat, F., Nawaz, H., and Zubair, R. (2013). Amelioration of Salinity Stress in Wheat (*Triticum aestivum* L.) by Foliar Application of Phosphorus. QYTON. 82: 281-287.

33- Kingsbury, R. W., Epstein, E., and Pearcy, R. W. (1984). Physiological responses to salinity in selected lines of wheat. Plant Physiology. 74:417-423.

34- Maas, E. V., and Poss, J. A. (1989). Salt sensitivity of wheat at various growth stages. Irrig. Sci. 10: 29-40.

35- Maas, E.V., and Hoffman, G.J. (1977). Crop salt tolerance-current assessment. Journal of Irrigation and Drainage. 103 (IR2): 115-134.

36- Memon, M. Y., Ahmad-Shah, J., Khan, P., Aslam, M., and Depar, N. (2011). Effect of phosphorous fertigation in wheat on different soils varying in CaCO3 levels. Pak. J. Bot., 43(6): 2911-2914.

37- Netondo, G. W., Onyango, J. C. and Beck, E. (2004b). Sorghum and Salinity. II. Gas exchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress. Crop Sci. 44: 806-811.

38- Netondo, G. W., Onyangoa, J. C. and Beck, E. (2004a). Sorghum and Salinity. I. Response of growth, water relations, and Ion accumulation to NaCl salinity. Crop Sci. 44: 797-805.

39- Pessarakali, M., and Tucker, T. c. (1985). Uptake of nitrogen-15 by cotton under salt stress. Soil Sci. Soc.Am.J. 49:149-152.

40- Saadat, S., Dehghany, F., Rezaei, H., Esmaeelnejad, L., and Maleki, P. (2020). Effects of salinity and Ca:Mg ratio of irrigation water on pistachio seedlings phosphorus planted under greenhouse conditions. Desert (25):1, 25-32

41- Sairam, R. K., Rao, K. V., and Srivastava, G. C. (2002). Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant science. 163: 1037-1046.

42- Sepaskhah, A. R., and Boerssmal, L. (1979). Shoot and root growth of wheat seedling exposed to several level of metric potential and NaCl-induced osmotic potential of soil water. Agronomy. J., 71: 740-752.

43- Shirgure, P. S., and Srivastava, A. K. (2014). Fertigation in perennial fruit crops: Major concerns. Agrotechnology.3(1):1-2.

44- Singh, A. (2022). Soil salinity: a Global Threat to Sustainable Development. Soil use Manage. 38:39-67.

45- Srinivas, K. (2004). Fertigation in horticultural crops. In: Crop improvement and production technology of horticultural crops, eds. Chadha KL, Ahloowalia, BS, Prasad KV, Singh SK. Proceedings of the First Indian Horticulture Congress, New Delhi, India. 1:506-525.

46- Torres, B. C., and Bingham, F. E. (1973). Salt tolerance of Mexican wheat. I: Effect of NO_3 and NaCl on mineral nutrition, growth and grain production four wheat. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 37: 711-715.

47- Wagdi, E. M., and Metwally, S. M. (2011). Impact of Soil Salinity and Phosphorus Fertility on Wheat Plant: Role of Phosphorus Fertilization in Alleviation Adverse Effects of Salinity on Wheat Grown on Different Soil Types. Lap Lambert Academic Publishing. ISBN: 3844333983.

48- Wagdi, E. M., Metwally, M. Matar, M. K., and Yousef, N. N. (2013). Effect of Phosphorus in Alleviation of Adverse Impacts of Salinity on Wheat Grown on Different Soils, Communications in Soil Science and Plant Analysis, 44(13): 1921-1936.