

مقایسه تأثیر کلرور پتاسیم و سولفات پتاسیم بر عملکرد دانه گندم در شرایط شور

پیمان کشاورز^{۱*}، علیرضا مرجوی^۲، محمد میرزا پور^۳

۱. بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

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

۳. بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی قم، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قم، ایران

* نویسنده مسئول: پیمان کشاورز، پست الکترونیک: P.Keshavarz@areeo.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۱۵

چکیده

در ایران آخرین بررسی‌ها نشان می‌دهد که ۶/۸ میلیون هکتار از کل اراضی کشاورزی (حدود ۴۰ درصد) را خاک‌های شور تشکیل می‌دهد. در بین عناصر غذایی، پتاسیم نقش ویژه‌ای در کمک به بقای گیاهان تحت تنش شوری ایفا می‌کند. بدین منظور آزمایش مزرعه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار و در سه استان خراسان رضوی (سبزوار)، اصفهان (رودشت) و قم در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل مقدار پتاسیم در سه سطح صفر (شاهد)، ۱۰۰٪، مقدار توصیه بر اساس تجزیه خاک و ۱۵۰٪ مقدار توصیه بر اساس تجزیه خاک از دو منبع سولفات پتاسیم و کلرور پتاسیم بودند. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین مصرف کلرور پتاسیم و سولفات پتاسیم در ویژگی‌های عملکرد دانه، غلظت کلر و نسبت پتاسیم به سدیم در کاه گندم در استان‌های خراسان رضوی و اصفهان وجود نداشت. در حالی که در قم مصرف سولفات پتاسیم بیش از کلرور پتاسیم در عملکرد دانه موثر بود. همچنین با مصرف پتاسیم برابر با توصیه آزمون خاک عملکرد دانه در خراسان رضوی و قم به طور معنی‌داری افزایش یافت به طوری که در مقایسه با شاهد (عدم مصرف پتاسیم) به ترتیب موجب افزایش ۱۸ و ۲۳ درصدی عملکرد دانه گندم شد. اما از این نظر در اصفهان تفاوت معنی‌داری بین سطوح پتاسیم مشاهده نشد. براین اساس کلرور پتاسیم به دلیل مقرون به صرفه بودن و اثربخشی همچنان یک منبع پتاسیم پرکاربرد و قابل توصیه در شرایط شوری کم تا متوسط (شوری کمتر از ۱۰ دسی زیمنس بر متر) است.

واژگان کلیدی: تنش شوری، آزمون خاک، کود پتاسیم، نسبت پتاسیم به سدیم.

بیان مسئله

کود بر خلاف دیدگاه‌های منفی درباره آن در شرایط شور، می‌تواند به طور مؤثری پتاسیم مورد نیاز را تأمین و رشد گندم را بهبود بخشد. با وجود این اثربخشی، این کود تا حد زیادی به عواملی مانند سطح شوری خاک و آب، روش آبیاری، پتانسیل شستشوی خاک و تحمل رقم گندم بستگی دارد. در مقابل کود سولفات پتاسیم با ۵۰ درصد پتاسیم (۵۰ درصد K_2O) و ۱۸ درصد گوگرد، آن را به انتخابی ترجیحی برای گیاهان کشت شده در مناطقی که شوری خاک بیشتر است تبدیل می‌کند. با این حال، حلالیت کمتر و هزینه بالاتر آن نسبت به کلرورپتاسیم می‌تواند استفاده از آن را به ویژه در مقیاس بزرگ محدود کند (فاگریا و همکاران، ۲۰۰۹). بر این اساس هدف از این مطالعه تعیین ضرورت افزایش مصرف پتاسیم در خاک‌های شور و مقایسه اثربخشی دو کود کلرورپتاسیم و سولفات پتاسیم بر عملکرد گندم رقم نارین (معرفی شده برای شرایط شور) بود.

معرفی دستاورد

این آزمایش در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ به صورت مزرعه‌ای در سه استان خراسان رضوی (سبزوار)، قم و اصفهان (رودشت) انجام گردید. قبل از کاشت از محل آزمایش (هر مزرعه) نمونه خاک مرکب تهیه (عمق ۰-۳۰ سانتیمتر) و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن تعیین گردید (جدول ۱). افزون بر این از آب آبیاری در هریک از مکان‌های اجرای پروژه نمونه برداری شد و مورد تجزیه قرار گرفت (جدول ۲).

آزمایش مزرعه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل مقدار پتاسیم در سه سطح صفر (شاهد)، ۱۰۰٪ مقدار توصیه بر اساس آزمون خاک و ۱۵۰٪ مقدار توصیه بر اساس آزمون خاک (مشیری و همکاران، ۱۳۹۳) از دو منبع سولفات پتاسیم ($K_2O=50\%$) حلالیت ۱۱۰ گرم در لیتر) و کلرور پتاسیم ($K_2O=60\%$) حلالیت ۳۳۰ گرم در لیتر) (جدول ۳) در رقم گندم نارین مورد استفاده قرار

شوری خاک و آب یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی در کشاورزی محسوب می‌شود. شوری با اختلال در جوانه‌زنی، کاهش رشد و افت عملکرد، تولید گندم را به طور قابل توجهی محدود می‌کند. این در حالی است که پتاسیم یک عنصر غذایی کلیدی برای رشد گندم و تحمل تنش‌های محیطی نظیر شوری مطرح است (میرزا حسنوالزمان و همکاران، ۲۰۱۸). مطالعات نشان می‌دهد که سطح بالای سدیم در خاک‌های شور، غلظت پتاسیم در بافت‌های گیاهی را کاهش می‌دهد (چو و همکاران ۱۹۹۰؛ هو و اشمیت هالتر ۱۹۹۷؛ آسچ و همکاران ۲۰۰۰). در مقابل مصرف پتاسیم می‌تواند آسیب‌های ناشی از شوری را در گیاهان کم کند (تیگه نیرا و همکاران ۲۰۱۸). با این حال، هنوز مشخص نیست که در شرایط شور، آیا نیاز به مصرف پتاسیم بیش از مقادیر توصیه شده است یا خیر. افزون بر این، انتخاب منبع کودی مناسب نیز در این شرایط نقش بسیار مهمی در رشد گیاه دارد. در بین کودهای پتاسیمی، کلرور پتاسیم (KCl) و سولفات پتاسیم (K_2SO_4) دو منبع پتاسیم رایج هستند. کلرور پتاسیم به دلیل محتوای بالای پتاسیم (۶۰ درصد K_2O) و مقرون به صرفه بودن، یکی از رایج‌ترین کودهای پتاسیم مورد استفاده در جهان است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که کلرورپتاسیم عملکرد، رشد ریشه و کارایی استفاده از آب را در گندم افزایش می‌دهد، اما محتوای کلر (Cl^-) آن ممکن است مشکلات شوری را در خاک‌هایی با سطح نمک بالا تشدید کند (چنخماق، ۲۰۰۵). سطوح بالای کلر همچنین می‌تواند مانع جذب نیترات شود (توکلی و رنگاسامی، ۲۰۱۰). با این حال بررسی‌های دیگر نشان می‌دهد که مصرف کلرورپتاسیم اثرات نامطلوب تنش شوری بر گندم را کاهش داده است، به طوری که توانسته است غلظت سدیم را در ساقه گندم کاهش داده و تولید زیست‌توده و عملکرد دانه را در شرایط شور بهبود بخشد (اقبال و اشرف، ۲۰۰۷؛ پسندیده و همکاران، ۱۴۰۲). از اینرو به نظر می‌رسد استفاده از این

مترمربع (۶ × ۲/۴) بود. میزان بذر مورد نیاز بر اساس وزن هزاردانه و تراکم ۵۰۰ بوته در مترمربع (۲۰۵ کیلوگرم در هکتار) در نظر گرفته شد. پس از برداشت عملکرد دانه، غلظت کلر و نسبت Na/K در کاه تعیین گردید. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار آماری MSTAT-C و مقایسه میانگین ها بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح پنج درصد انجام شد.

گرفت. در هر سه منطقه اجرای آزمایش مزارع با آب شور (جدول ۲) از ابتدا و به صورت نشتی (جوی و پشته) آبیاری شدند. کسر آبشویی با توجه به شوری آب آبیاری هر منطقه حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد در نظر گرفته شد و در هر آبیاری اعمال گردید. کشت گندم به صورت دو ردیفی، فاصله ردیف ها ۳۰ سانتیمتر و در هر کرت ۸ ردیف کشت گردید. ابعاد هر کرت آزمایشی ۱۴/۴

جدول ۱- ویژگی فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از انجام آزمایش مزرعه‌ای در عمق ۰-۳۰ سانتی متری خاک

محل آزمایش	EC _e (dS/m)	SAR	T.N.V (%)	O.C	pH	P (mg/kg)	K (mg/kg)	بافت
سبزوار	۱۲/۸	۱۶/۸	۱۳/۵	۰/۹۹	۷/۳	۱۲/۴	۲۰۰	لومی شنی
قم	۱۶/۰	۲۷/۷	۲۴	۰/۹۳	۷/۵	۷	۲۰۰	لومی رسی
رودشت	۹/۶	۷/۳	۵۹	۰/۷	۷/۴	۸	۳۳۸	لومی رسی

جدول ۲- خصوصیات کیفی آب آبیاری محل انجام آزمایش مزرعه‌ای

محل آزمایش	EC _{iw} (dS/m)	SAR	pH	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻
سبزوار	۹/۵	۱۳/۴	۷/۵	۶۰	۰/۰۹	۲۰	۱۵	۲۵	۴	۶۷
قم	۸/۷	۱۴/۷	۷/۳	۵۷	۰/۰۵	۱۵	۱۵	۱۸	۳/۱	۶۶
رودشت	۴/۸	۱۰/۹	۸	۳۲/۸	۰/۰۷	۱۰	۸	۱۸	۶/۸	۲۷

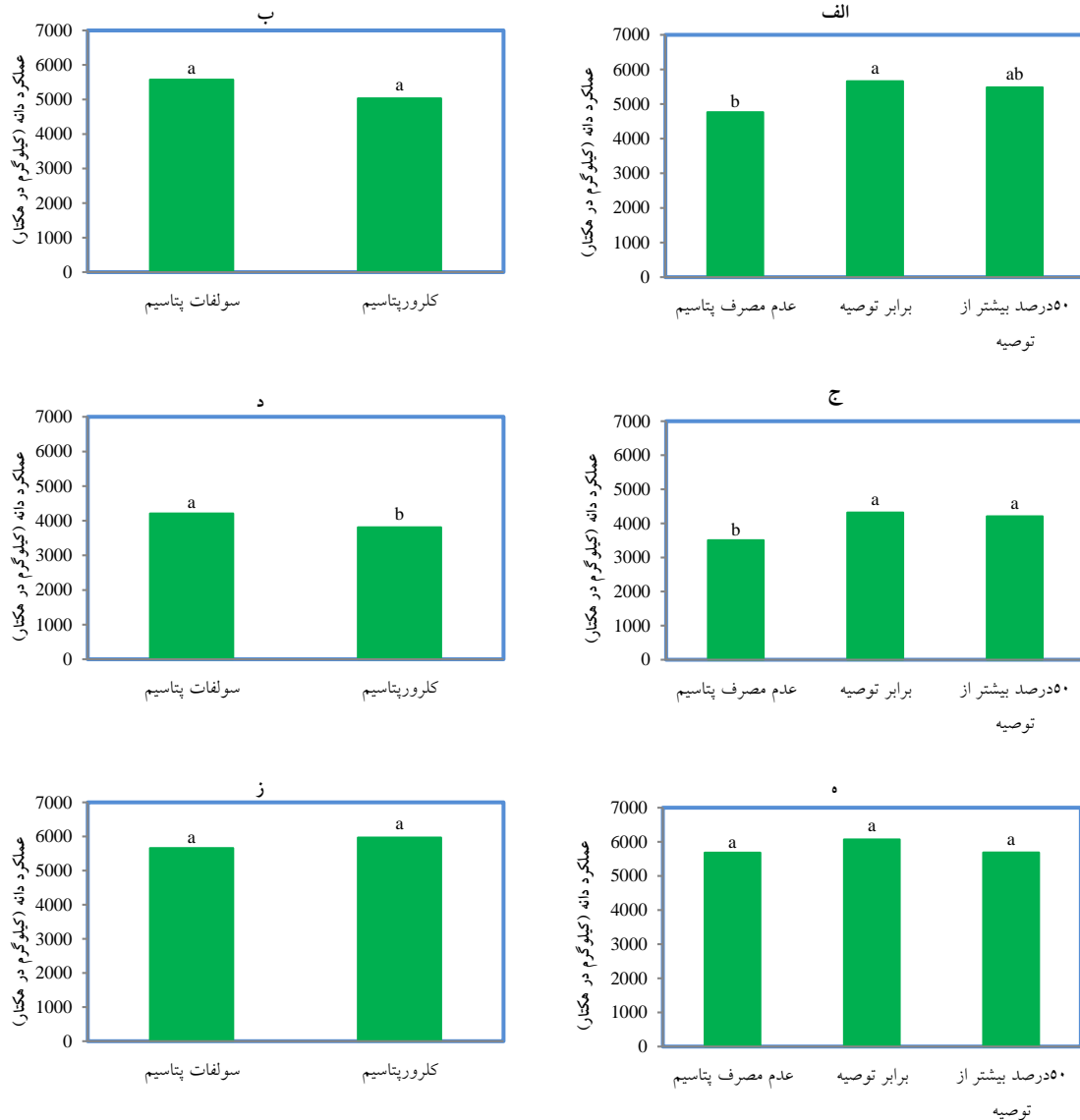
جدول ۳- مقدار پتاسیم مصرفی از منابع کودی مختلف در آزمایش‌های مزرعه‌ای

محل آزمایش	سولفات پتاسیم		کلرور پتاسیم	
	۱۰۰٪ توصیه	۱۵۰٪ توصیه	۱۰۰٪ توصیه	۱۵۰٪ توصیه
سبزوار	۱۰۰	۱۵۰	۸۳	۱۲۵
قم	۱۰۰	۱۵۰	۸۳	۱۲۵
رودشت*	۵۰	۷۵	۴۰	۶۲/۵

* با توجه به اینکه مقدار پتاسیم قابل استفاده خاک در ایستگاه رودشت بیش از حد بحرانی (۲۰۰ میلی گرم در کیلوگرم) بود، مقدار پتاسیم برابر توصیه، نصف مقدار دو منطقه دیگر جهت بررسی پاسخ گیاه بکار رفت. ** پتاسیم از دو منبع کودی پیش از کشت به صورت پخش سطحی استفاده شد.

نبود (شکل ۱-الف). همچنین بین منابع کودی سولفات پتاسیم و کلرورپتاسیم از نظر میزان عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. این در حالی بود که هر دو منبع کودی نسبت به شاهد عملکرد بالاتری داشتند (شکل ۱-الف و ب). برهمکنش بین منابع کودی و مقدار مصرف پتاسیم معنی‌دار نبود.

در استان خراسان رضوی (سبزوار) مصرف پتاسیم به مقدار توصیه آزمون خاک عملکرد دانه گندم را به طور معنی‌داری افزایش داد، به طوری که در مقایسه با شاهد (عدم مصرف پتاسیم) موجب افزایش ۱۸ درصدی عملکرد دانه گندم شد. این در حالی بود که با افزایش بیشتر پتاسیم (۵۰ درصد بیشتر از توصیه آزمون خاک) عملکرد کمی کاهش یافت، اگرچه این اختلاف معنی‌دار



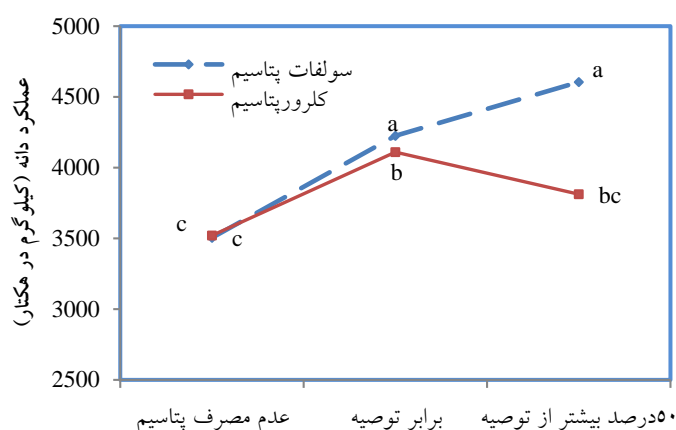
شکل ۱- اثر مقدار و نوع کود پتاسیم بر عملکرد دانه گندم و در استان‌های خراسان رضوی (الف و ب)، قم (ج و د) و اصفهان (ه و ز) میانگین‌های دارای حروف یکسان بیانگر عدم تفاوت معنی‌داری با آزمون دانکن می‌باشند ($P < 0.05$).

معنی‌داری افزایش یافت به طوری که در مقایسه با شاهد (عدم مصرف پتاسیم) موجب افزایش ۲۳ درصدی عملکرد دانه گندم شد. این در حالی بود که با افزایش

در استان قم نیز مقدار کود پتاسیم تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه گندم داشت (شکل ۱-ج). با مصرف پتاسیم برابر با توصیه آزمون خاک عملکرد دانه به طور

(شکل ۱- ج و د). از طرفی برهمکنش بین منابع کودی و مقدار مصرف پتاسیم معنی دار بود، به طوری که افزایش مقدار سولفات پتاسیم از ۱۰۰ به ۱۵۰ درصد توصیه، اثر مثبت بیشتری بر عملکرد دانه داشت. این در حالی بود با افزایش مصرف کلروپتاسیم به ۱۵۰ درصد توصیه، عملکرد (۳۸۱۲ کیلوگرم در هکتار) کاهش یافت (شکل ۲).

بیشتر پتاسیم (۵۰ درصد بیشتر از توصیه آزمون خاک) عملکرد کمی کاهش یافت، اگرچه این اختلاف معنی دار نبود. همچنین مصرف سولفات پتاسیم باعث افزایش قابل توجه عملکرد دانه گندم شد و عملکرد بالاتری نسبت به کلروپتاسیم را سبب گردید، به طوری که سولفات پتاسیم عملکرد دانه گندم را ۱۰/۵ درصد بیش از کلروپتاسیم افزایش داد. با این وجود هر دو منبع کودی پتاسیم عملکرد بالاتری را نسبت به شاهد سبب شدند



شکل ۲- برهمکنش بین منابع کودی پتاسیم و مقدار مصرف بر عملکرد دانه گندم (کیلوگرم در هکتار) در قم

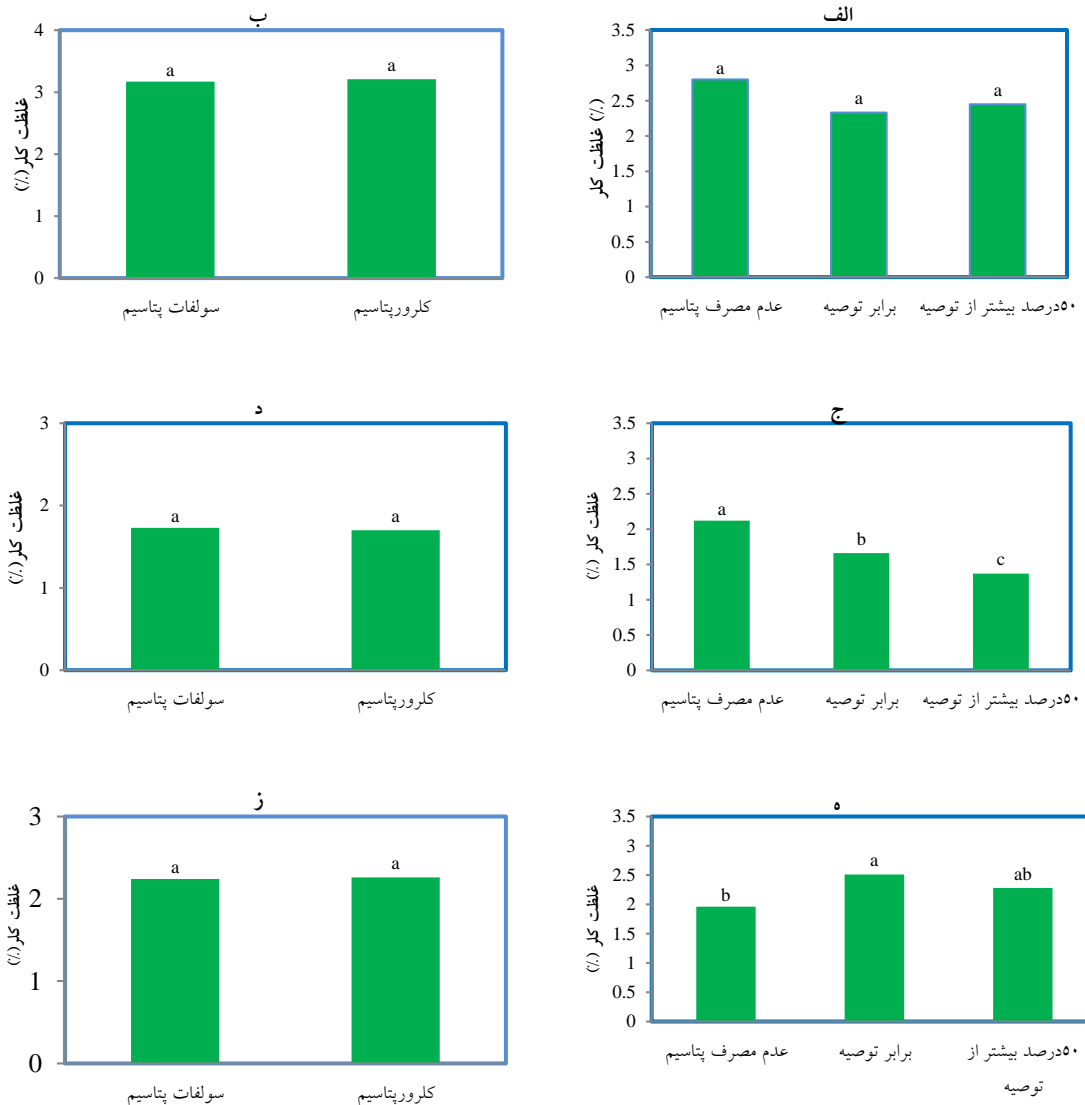
کارایی مصرف نیتروژن موجب کاهش آسیب‌های شوری در گیاهان می‌شود (کوماری و همکاران، ۲۰۲۱؛ تیتال و همکاران، ۲۰۲۱). در مقابل مصرف بیش از حد پتاسیم می‌تواند تعادل یونی خاک را برهم زده و بر جذب سایر عناصر غذایی اثر منفی داشته باشد. گرچه پتاسیم نقش مهمی در کاهش اثرات شوری دارد، اما مصرف فراتر از حد توصیه شده ممکن است با کلسیم و منیزیم در جذب توسط ریشه رقابت کنند. افزون بر این مصرف بیشتر پتاسیم می‌تواند هدایت الکتریکی خاک را نیز افزایش داده و شوری را تشدید کند، به ویژه اگر آبیاری مناسبی انجام نشود. مطالعات انجام شده همچنین نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری بین کاربرد کلروپتاسیم و سولفات پتاسیم در گندم وجود ندارد (مالیک و همکاران، ۱۹۸۸). اثرات مشابهی در بسیاری از محصولات دیگر نیز گزارش شده است (اختر و همکاران، ۲۰۱۰). با وجود این در قم سولفات پتاسیم بیش از کلروپتاسیم در عملکرد دانه

در رودشت اصفهان هیچ‌یک از سطوح مصرفی پتاسیم اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه نداشتند (شکل ۱-ه). همچنین بین منابع کودی سولفات پتاسیم و کلروپتاسیم از نظر میزان عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. این در حالی بود که عملکرد دانه با مصرف کلروپتاسیم بیش از سولفات پتاسیم بود (شکل ۱-ز). همچنین برهمکنش بین منابع کودی و مقدار مصرف پتاسیم معنی‌دار نگردید. در تمام مناطق آزمایش به طور میانگین مصرف پتاسیم برابر با ۱۰۰ درصد توصیه سبب افزایش عملکرد دانه گندم گردید. با وجود این در اصفهان به دلیل بالا بودن سطح پتاسیم قابل استفاده خاک (۳۳۸ میلی‌گرم در کیلوگرم) این افزایش معنی‌دار نبود. پتاسیم یکی از مهم‌ترین عناصری است که در تعادل آنیون و کاتیون درون سلول نقش دارد. این عنصر همچنین با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان جهت کاهش گونه‌های اکسیژن فعال ناشی از تنش اکسیداتیو همچنین بهبود

پتاسیم موجب کاهش معنی‌دار غلظت کلر و در رودشت اصفهان باعث افزایش آن شد (شکل ۲-الف، ج، ه). با توجه به شوری زیاد خاک در قم افزایش مصرف پتاسیم ممکن است با تحریک جذب نیترات سبب کاهش جذب کلر در گیاه شده باشد (اسمیت ۱۹۸۷). این در حالی بود که تفاوتی بین کلرورپتاسیم و سولفات پتاسیم در غلظت کلر و نسبت پتاسیم به سدیم در گندم در هیچ‌یک از مناطق آزمایشی وجود نداشت (شکل ۲ و ۳-ب، د، ز).

گندم موثر بود. به نظر می‌رسد بیشتر بودن شوری خاک در قم ($EC_e=16.0$ dS/m) نسبت به سبزوار ($EC_e=12.8$ dS/m) و رودشت اصفهان ($EC_e=9.6$ dS/m) موجب شده تا استفاده از سولفات پتاسیم در قم نسبت به کلرورپتاسیم برتری داشته باشد. افزون بر این بافت خاک در قم (لومی رسی) نسبت به سبزوار (لومی شنی) سنگین‌تر بوده و این موضوع نیز ممکن است در استفاده از کلرورپتاسیم در این خاک اثر منفی گذاشته باشد.

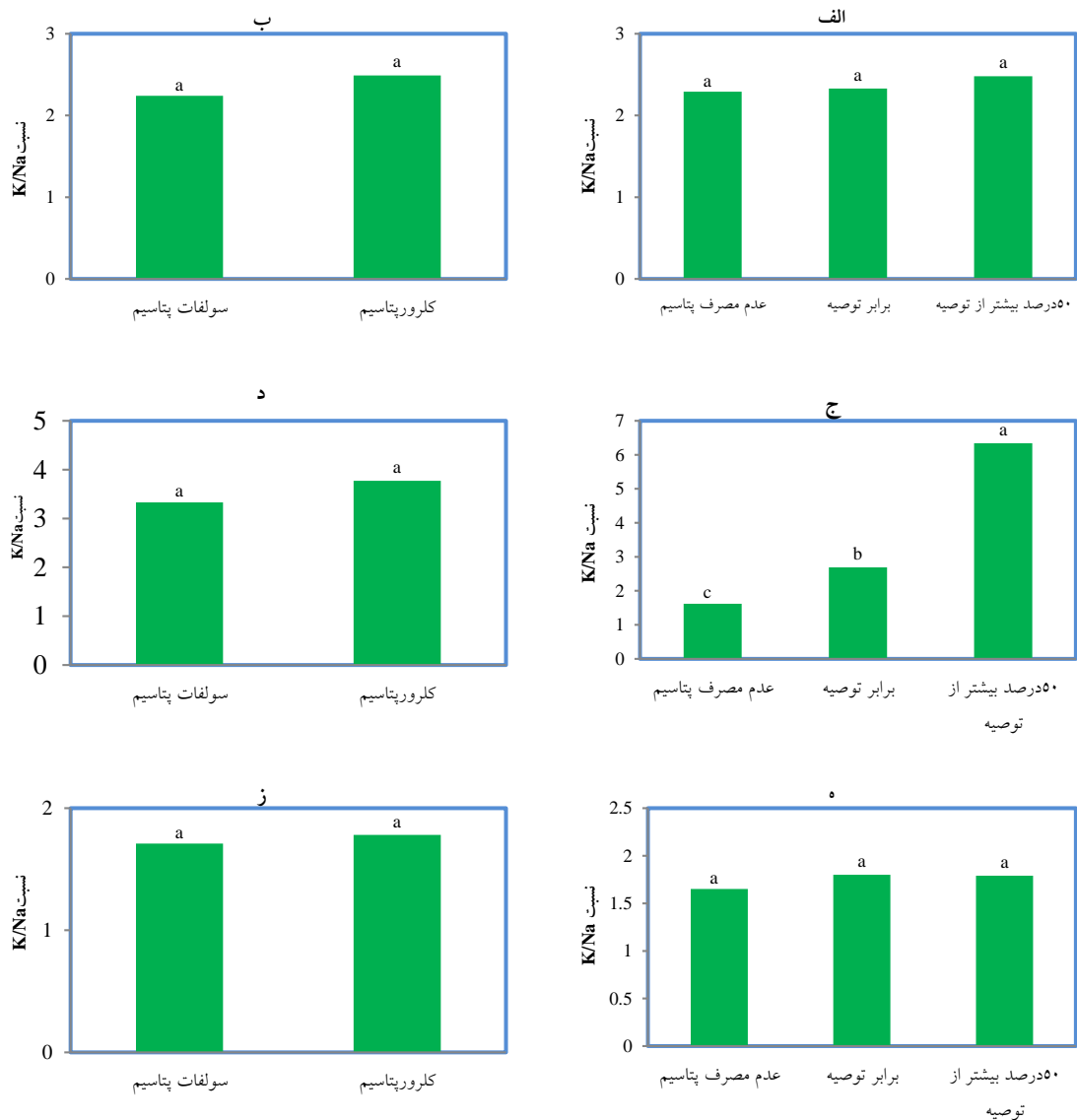
از طرفی سطوح مصرفی پتاسیم در سبزوار تأثیری در غلظت کلر در گندم نداشت، اما در قم افزایش مصرف



شکل ۲- اثر مقدار و نوع کود پتاسیم بر غلظت کلر در گندم در استان‌های خراسان رضوی (الف و ب)، قم (ج و د) و اصفهان (ه و ز). میانگین‌های دارای حروف یکسان بیانگر عدم تفاوت معنی‌داری با آزمون دانکن می‌باشند. ($P < 0.05$)

تنش شوری جذب پتاسیم را در گیاهان کاهش می‌دهد (بوتلا و همکاران، ۱۹۹۷؛ وو و همکاران، ۲۰۱۸) این کاهش می‌تواند به دلیل مهار رشد ریشه و سرعت ورودی پتاسیم به گیاه یا رقابت بین سدیم و پتاسیم برای جذب توسط ریشه در شرایط شور باشد (لینچ و لوچلی، ۱۹۸۴؛ کوچنبوخو همکاران، ۱۹۸۶؛ بوتلا و همکاران، ۱۹۹۷؛ هو و اشمیت هالتر، ۱۹۹۷؛ یحیی، ۱۹۹۸؛ کوماری و همکاران، ۲۰۲۱).

افزون بر این سطوح مصرفی پتاسیم در سبزواری و اصفهان اگرچه موجب افزایش نسبت پتاسیم به سدیم به سدیوم در کاه شد، اما اثر آن معنی‌دار نبود. با وجود این در رقم که شوری خاک بیشتر بود افزایش مصرف پتاسیم به طور معنی‌داری نسبت پتاسیم به سدیم را در کاه بهبود بخشید (شکل ۳-الف، ج، ه). به نظر می‌رسد پتاسیم با مهار جذب سدیم موجب افزایش نسبت پتاسیم به سدیم در کاه گندم شده است. در مطالعات متعدد گزارش شده که



شکل ۳- اثر مقدار و نوع کود پتاسیم بر نسبت پتاسیم به سدیم (K/Na) در کاه گندم در استان‌های خراسان رضوی (الف - ب)، قم (ج - د) و اصفهان (ه-ز).

میانگین‌های دارای حروف یکسان بیانگر عدم تفاوت معنی‌داری با آزمون دانکن می‌باشند ($P < 0.05$).

توصیه ترویجی

کاهش جذب پتاسیم در نتیجه افزایش سدیم یک فرایند رقابتی است و ارتباطی با نوع نمک محلول کلریدی و یا سولفاتی خاک ندارد. انتخاب بین کلرورپتاسیم و سولفات پتاسیم در گندم به عواملی مانند سطح شوری خاک، درجه تحمل به شوری رقم و

محدودیت‌های اقتصادی بستگی دارد. کلرورپتاسیم به دلیل مقرون به صرفه بودن و اثربخشی یک منبع پتاسیم پرکاربرد و مناسب است. براین اساس استفاده از این کود در گندم در شرایطی که شوری خاک کمتر از ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر باشد، قابل توصیه است.



فهرست منابع

۱. پسندیده، م.، مشیری، ف.، اخیانی، ا.، جعفرنژادی، ع. ر. و رمضانپور، م. ر. (۱۴۰۲). ضرورت کاربرد کلرید پتاسیم در رفع نیاز پتاسیمی در برخی از محصولات زراعی ایران. موسسه تحقیقات خاک و آب، دستورالعمل فنی ۶۳۵، کرج، ایران.
۲. مشیری، ف.، شهابی، ع.ا.، کشاورز، پ.، خوگر، ز.، فیضی اصل، و.، اسدی رحمانی، ه.، سماوات، س.، سدیری، م.ح.، رشیدی، ن.، سعادت، س. و خادمی، ز. (۱۳۹۳). دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم. انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران. ۸۴ ص.
3. Akhtar, M.E., Khan, M.Z., Rashid, M.T., Ahsan, Z., and Ahmad, S. (2010). Effect of potash application on yield and quality of tomato (*Lycopersicon Esculentum* Mill.). *Pakistan Journal of Botany*, 42(3), 1695-1720.
4. Asch, F., Dingkuhn, M., Dörffling, K., Miezian, K. (2000). Leaf K/Na ratio predicts salinity induced yield loss in irrigated rice. *Euphytica*. 113(2), 109.
5. Botella, M.A., Martinez, V., Pardines, J., and Cerdá, A. (1997). Salinity induced potassium deficiency in maize plants. *Journal of Plant Physiology*, 150(1), 200-205.
6. Cakmak, I. (2005). The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168(4), 521-530.
7. Chow, W., Ball, M., and Anderson, J. (1990). Growth and photosynthetic responses of spinach to salinity: implications of K⁺ nutrition for salt tolerance. *Functional Plant Biology*, 17(5), 563-578.
8. Fageria, N. K., Baligar, V. C., and Jones, C. A. (2009). *Growth and mineral nutrition of field crops*. CRC Press.
9. Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M.B., Nahar, K., Hossain, M.S., Mahmud, J.A., Hossen, M.S., Masud, A.A.C., Moumita., and Fujita, M. (2018). Potassium: a vital regulator of plant responses and tolerance to abiotic stresses. *Agronomy*, 8(3), p.31.

10. Hu, Y., Schmidhalter, U. (1997). Interactive effects of salinity and macronutrient level on wheat. II. Composition. *Journal of Plant Nutrition*, 20(9), 1169-1182.
11. Kuchenbuch, R., Claassen, N., and Jungk, A. (1986). Potassium availability in relation to soil moisture. *Plant and Soil*, 95(2), 233-243.
12. Kumari, S., Chhillar, H., Chopra, P., Khanna, R.R., and Khan, M.I.R. (2021). Potassium: A track to develop salinity tolerant plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 167, 1011-1023.
13. Lynch, J., Läuchli, A. (1984). Potassium transport in salt-stressed barley roots. *Planta*, 161(4), 295-301.
14. Malik, S.M., Chaudhry, R.A., and Hussain, G. (1989). Crop response to potassium application in the Punjab. In Proc. Workshop on "Role of K in improving fertilizer use efficiency. March 21-22, 1987 UDFC/PARC, Islamabad, Pakistan.
15. Mengel, K., and Kirkby, E. A. (2001). *Principles of Plant Nutrition*. Springer.
16. Smith, G. S., Clark, C. J., and Holland, P. T. (1987). Chlorine requirement of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *New Phytologist*, 106(1), 71-80.
17. Tavakkoli, E., Rengasamy, P., McDonald, and G. K. (2010). High concentrations of Na⁺ and Cl⁻ ions in soil solution have simultaneous detrimental effects on growth of faba bean under salinity stress. *Journal of experimental botany*, 61(15), 4449-4459.
18. Tighe-Neira, R., Alberdi, M., Arce-Johnson, P., Romero, J., Reyes-Díaz, M., Rengel, Z., and Inostroza-Blancheteau, C. (2018). Role of Potassium in Governing Photosynthetic Processes and Plant Yield. In: Hasanuzzaman M, Fujita M, Oku H et al., editors. *Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance*. Singapore: Springer Singapore; p. 191-203.
19. Tittal, M., Mir, R.A., Jatav, K.S., and Agarwal, R.M. (2021). Supplementation of potassium alleviates water stress-induced changes in *Sorghum bicolor* L. *Physiologia Plantarum*, 172(2), 1149-1161.
20. Wu, H., Zhang, X., Giraldo, J.P., and Shabala, S. (2018). It is not all about sodium: revealing tissue specificity and signalling roles of potassium in plant responses to salt stress. *Plant and Soil*, 431(1), 1-17.
21. Yahya A. (1998). Salinity effects on growth and on uptake and distribution of sodium and some essential mineral nutrients in sesame. *Journal of Plant Nutrition*, 21(7), 1439-1451.