نشریه مدیریت اراضی/ جلد ۸ / شماره ۲ / ۱۳۹۹
10.22092/lmj.2020.124281.161

تاثیر مصرف سرک پتاسیم کلرید در زراعت گندم آبی در خاک‌های متوسط بافت

عزیز مجیدی [۱]

استادیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران. ***Az.majidi89@gmail.com***

دریافت: تیر ۱۳۹۸ و پذیرش: مهر ۱۳۹۹

چکیده

روش مصرف کود پتاسیم، تأثیر زیادی بر کارایی آن در اراضی با ظرفیت بالای تثبیت پتاسیم دارد. برای بررسی تأثیر مصرف سرک پتاسیم در زراعت گندم آبی، آزمایشی در دو شرایط مزرعه‌ای و آزمایشگاهی اجرا شد. آزمایش مزرعه‌ای، در مزارع گندم استان آذربایجان غربی با مقدار پتاسیم قابل‌جذب کمتر از سطح بحرانی (۲۵۰ *$mg.kg^{-1}$*)، به مدت سه سال (۹۲-۱۳۸۹) و در قالب بلوک‌های کامل تصادفی شامل سه تیمار (شاهد، مصرف سرک ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم پتاسیم کلرید در هکتار) و در چهار تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد که مصرف سرک پتاسیم کلرید بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم تأثیر معناداری نداشت. تیمارهای پتاسیم بر غلظت و جذب پتاسیم دردانه و کلش تأثیر معناداری نداشتند. در تیمارهای مذکور، درصد بازیابی ظاهری پتاسیم کمتر از ۷٪ برآورد شد. مصرف سرک پتاسیم، قابلیت جذب پتاسیم خاک را پس از برداشت محصول، به‌طور کاملاً معناداری افزایش داد. بررسی‌های آزمایشگاهی نشان داد که بیش از ۹۰٪ پتاسیم مصرفی در شش سانتی‌متری بخش فوقانی خاک تجمع یافته و به قسمت‌های زیرین منتقل نشد. میزان تثبیت پتاسیم در محدوده ۵۴/۵-۴۵/۵ درصد بود و به‌طور متوسط در حدود نیمی از پتاسیم مصرفی در خاک تثبیت گردید. به‌طورکلی، نتایج این تحقیق نشان داد که فرآیندهای جذب و تثبیت پتاسیم در لایه سطحی خاک، مانع نفوذ آن از لایه سطحی به منطقه توسعه ریشه شده و علیرغم حاکمیت کمبود پتاسیم در خاک مزرعه، مصرف سرک آن در خاک‌های متوسط بافت با ظرفیت تثبیت بالا، فاقد کارایی لازم برای تأمین نیاز گندم به پتاسیم بود.

واژه‌های کلیدی: بازیابی ظاهری، تثبیت پتاسیم، گندم، نفوذ عمقی

[۱] - آدرس نویسنده مسئول: بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، ارومیه، ایران.

مقدمه

تغذیه بهینه گیاه نقش مهمی در بهبود کمیت و کیفیت محصول گندم دارد. پتاسیم یکی از عناصر غذایی مهم در تغذیه گیاه بوده و به دلیل وظایف فیزیولوژیکی گسترده مانند ایجاد استحکام ساقه و مقاومت آن در مقابل خوابیدگی، افزایش کارایی مصرف آب و ایجاد مقاومت در برابر آفت‌ها و بیماری‌ها، نقشی کلیدی در رشد گیاه دارد (راویچاندران و سریپاماچاندراسخاران، ۲۰۱۱). متأسفانه به دلیل این تفکر غلط که بیشتر خاک‌های ایران ازنظر پتاسیم غنی هستند، مصرف آن علیرغم اثرهای بسیار مهم فیزیولوژیکی این عنصر در تولید محصول، نادیده گرفته می شود. نادیده گرفتن مصرف پتاسیم در طی چند سال اخیر، از نسبت‌های نامتوازن تخصیصی سهمیه کود به استان‌ها و کمبود آن در بازار مصرف به‌خوبی قابل درک است (مشایخی و صلحی، ۱۳۸۹). مصرف نامتعادل عناصر غذایی، پیامدهای جدی در کاهش کارایی مصرف آنها دارد (راویچاندران و سریپاماچاندراسخاران، ۲۰۱۱).

شواهد رو به رشدی از گسترش کمبود پتاسیم در اراضی زیر کشت استان آذربایجان غربی وجود دارد. توازن پتاسیم در بیشتر این خاک‌ها منفی بوده و میزان پتاسیم قابل‌جذب آنها رو به کاهش است (غنی شایسته و فلاح، ۱۳۷۶). در شمال غرب این استان در شهرستان‌های نقده، اشنویه، پیرانشهر و سردشت میزان بارندگی به‌طور متوسط در محدوده ۱۱۰۰-۶۵۰ میلی‌متر در سال است. میزان بارندگی زیاد این مناطق منجر به آبشویی پتاسیم خاک شده به‌طوری‌که علیرغم متوسط بودن بافت خاک، میزان پتاسیم قابل‌جذب خاک به‌ندرت از ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم تجاوز می‌نماید. تصور عمومی بر این است که خاک‌های زیر کشت این مناطق که بالغ بر ۳۵۰ هزار هکتار برآورد می شود، درنتیجه بارندگی‌های زیاد از خاک شسته شده و در صورت مصرف کودهای پتاسیمی همزمان با کشت، بخش عمده آن صرف پر کردن فضاهای بین‌لایه‌ای رس‌ها شده و کمتر مورد استفاده ریشه گیاهان قرار می‌گیرند. به همین دلیل گندم کاران این مناطق بر این باورند که مصرف پتاسیم تأثیر محسوسی بر کمیت و کیفیت محصول گندم ندارد.

بررسی‌ها نشان داده است که پدیده تثبیت پتاسیم در خاک، به‌طور معناداری کارایی کودهای پتاسیمی را در تولید محصول به‌ویژه در مناطق پرباران کاهش می‌دهد (اسپارکس، ۲۰۰۰). در پدیده تثبیت، پتاسیم قابل‌جذب به بخش غیر قابل‌جذب منتقل‌شده و از دسترس ریشه گیاهان خارج می شود (سیمون سون و همکاران، ۲۰۰۷؛ سیمون سون و همکاران، ۲۰۰۹؛ اسپارکس ۱۹۸۷). مقدار تثبیت پتاسیم خاک بسته به نوع و مقدار رس (سیمون سون و همکاران، ۲۰۰۹)، ظرفیت تبادل کاتیونی و مقدار پتاسیم قابل جذب خاک (عباس لو و ابطحی، ۱۳۸۷)، مقدار کربنات کلسیم و ظرفیت بافری پتاسیم خاک‌ها (جلالی، ۱۳۸۶) متغیر است. معمولاً هر چه خاک از پتاسیم بیشتر تخلیه شده باشد، میزان تثبیت پتاسیم در فضاهای بین‌لایه ای رس‌ها نیز بیشتر است (اسپارکس، ۲۰۰۰). در ایران، معمولاً مصرف پتاسیم همزمان با کشت گندم صورت می‌گیرد (بلالی و همکاران، ۱۳۷۹). تحت چنین شرایطی، احتمال تثبیت پتاسیم بخصوص در خاک‌های تخلیه‌شده از پتاسیم زیاد بوده و این احتمال که پتاسیم مصرفی به‌جای اینکه به مصرف گیاه برسد، صرف پر کردن فضاهای بین لایه‌ای رس‌ها شود، قوت می‌گیرد. یکی از راه‌کارهای پیشنهادی برای جلوگیری از تثبیت پتاسیم و افزایش کارایی آن، مصرف سرک پتاسیم در طول فصل رشد گندم است (ملکوتی و بلالی، ۱۳۸۰).

در ایران، تحقیقات وسیعی در مورد تأثیر پتاسیم بر خواص کمی و کیفی گندم صورت گرفته است. نتایج به‌دست‌آمده بیانگر نقش مهم آن در افزایش عملکرد و پروتئین دانه (بلالی و همکاران، ۱۳۷۹) کاهش اثرهای تنش شوری خاک (وکیل و همکاران،۱۳۸۰)، کاهش اثرهای تنش خشکی (رمضان پور و همکاران، ۱۳۸۳) و افزایش کارایی گیاه در جذب سایر عناصر (لطف الهی و ملکوتی، ۱۳۸۴) بوده است.

نتایج بررسی‌ها نشان داده است که مقدار اندکی از پتاسیم در مرحله استقرار و زمستان گذرانی گندم موردنیاز بوده و بخش عمده آن در مراحل بعدی رشد در بهار جذب گیاه شده و در مرحله گلدهی به حداکثر مقدار خود می‌رسد (برتال و همکاران،۲۰۰۴). حداکثر جذب پتاسیم در غلات با عملکرد بالا در حدود ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار است. آزمایش‌های مزرعه‌ای نشان داده‌اند که پتاسیم موردنیاز گیاه در شرایطی که مقدار پتاسیم قابل‌جذب خاک بیش از ۲۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم باشد، به‌طور کامل تأمین می‌گردد (الفتی و همکاران، ۱۳۷۹). خاک‌های دارای کمبود، معمولاً به میزان کمتر از ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر پتاسیم محلول داشته که این مقدار معادل ۱۴۵ کیلوگرم در هکتار اکسید پتاسیم در ۱۰ سانتی‌متری بخش فوقانی خاک است (نئو و همکاران، ۲۰۱۱). واضح است این مقدار خیلی کمتر از نیاز گیاهان با عملکردهای بالاست؛ بنابراین، اجباراً گیاهان نیازهای خود را از پتاسیم عمق‌های پایین‌تر و در خاک‌های با بافت سنگین‌تر از پتاسیم تبادلی و غیرتبادلی تأمین می‌نماید. در خاک‌های کم‌عمق با بافت سبک و یا بافت سنگین تخلیه‌شده از پتاسیم، ممکن است این سازوکار قادر به تأمین نیاز گیاه نبوده و بنابراین حاصلخیزی خاک ازنظر پتاسیم کافی نخواهد بود. صرف‌نظر از حداکثر نیاز، نرخ تقاضای محصول برای پتاسیم نیز مهم بوده و ممکن است در طی دوره رشد سریع غلات، به پنج یا حتی ۱۰ کیلوگرم در هکتار در سال نیز برسد (نئو و همکاران، ۲۰۱۱). در چنین شرایطی، خاک‌های با ذخیره پتاسیم کم، قادر به تأمین نیاز گیاه نبوده و احتمالاً مصرف سرک پتاسیم می‌تواند به برطرف کردن کمبود آن در گیاه کمک کند. از طرفی، اگر عملکرد محصول در واحد سطح بالا بوده و کاه و کلش نیز از مزرعه خارج گردند، تخلیه پتاسیم از خاک شدت می‌یابد. از سوئی دیگر، محصول گندم با عملکرد بالا به مقادیر زیادی نیتروژن و پتاسیم نیاز داشته و تصادفی نیست که افزودن نیتروژن به خاک‌ها، نیاز برای جذب پتاسیم را نیز در گیاه تحریک می‌کند (مار شنر، ۱۹۹۵؛ زنگ و همکاران، ۲۰۱۱).

بر این اساس، از آنجائی که تاکنون تحقیقی درزمینه تأثیر مصرف سرک پتاسیم در خاک‌های متوسط بافت با ظرفیت بالای تثبیت در زراعت گندم آبی انجام‌نشده از این‌رو، پژوهش حاضر با هدف بررسی امکان مصرف سرک پتاسیم در خاک‌های متوسط بافت با ظرفیت تثبیت بالای پتاسیم در زراعت گندم آبی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سه مرحله انجام شد:

مرحله اول

انجام آزمایش کودی در مزرعه: در طی سال‌های ۹۲-۱۳۸۹، در اراضی زیر کشت استان آذربایجان غربی که از مناطق عمده زیر کشت گندم بودند، تعدادی مزارع انتخاب و میزان پتاسیم قابل‌جذب آنها اندازه‌گیری شد. در بین آنها مزارعی که پتاسیم قابل‌جذب خاک آنها کمتر از سطح بحرانی پتاسیم ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (الفتی و همکاران، ۱۳۷۹)، انتخاب شدند. مشخصات جغرافیائی و رده‌بندی خاک محل‌های اجرای آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است (مؤسسه تحقیقات خاک و آب، ۱۳۴۲؛ بی‌نام، ۱۳۷۴).

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی و رده‌بندی سری‌های خاک (*USDA*) محل‌های اجرای آزمایش

ردیف	عرض جغرافیایی			طول جغرافیایی			سری خاک
	ثانیه	دقیقه	درجه	ثانیه	دقیقه	درجه	
۱	۳۰	۵۰	۳۶	۴۵	۱۰	۴۵	M-Fine Loamy mixed mesic Fluventic Haploxerepts
۲	۳۸	۴۱	۳۶	۰	۹	۴۵	M-Fine Loamy mixed mesic Fluventic Haploxerepts
۳	۱	۵۰	۳۶	۲۴	۸	۴۵	M-Fine Loamy mixed mesic Fluventic Haploxerepts

طرح تحقیقاتی در قالب بلوک‌های کامل تصادفی شامل سه تیمار در چهار تکرار به انجام رسید. تیمارهای آزمایشی شامل شاهد (عدم مصرف پتاسیم)، مصرف سرک ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم کلرید در هکتار و مصرف سرک ۲۰۰ کیلوگرم پتاسیم کلرید در هکتار بودند. نمونه‌های مرکب خاک از هر تکرار تهیه و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن بر طبق استانداردهای مؤسسه تحقیقات خاک و آب اندازه‌گیری شد (علی احیایی، ۱۳۷۷). بافت خاک به روش هیدرومتر، pH به‌وسیله الکترود شیشه‌ای در گل اشباع، هدایت الکتریکی با دستگاه هدایت سنج الکتریکی در عصاره‌ی گل اشباع، کربن آلی به روش دی کرومات پتاسیم، نیتروژن به روش کجلدال، فسفر قابل‌جذب به روش اولسن و پتاسیم قابل‌جذب با روش استات آمونیوم یک نرمال اندازه‌گیری شدند. میانگین نتایج ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل‌های اجرای آزمایش در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- میانگین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل‌های اجرای آزمایش

سال	هدایت الکتریکی	*pH* گل اشباع	کربنات کلسیم معادل	کربن آلی	رس	شن	ظرفیت تبادل کاتیونی	فسفر قابل‌جذب	پتاسیم قابل‌جذب	بافت خاک
	($dS.m^{-1}$)		———	(%)	———		($cmol.\ kg^{-1}$)	———	($mg.kg^{-1}$)	———
۱	۰/۷۵	۷/۶۸	۷/۰۰	۱/۵۶	۳۱	۲۴	۱۴/۹۳	۱۲/۳	۱۷۸	CL
۲	۰/۸۷	۷/۵۶	۵/۵	۱/۱۵	۲۸	۴۳	۱۱/۳۵	۱۵/۴	۱۲۷	L
۳	۰/۸۷	۷/۸۷	۶/۲۵	۱/۲۶	۲۳	۱۷	۱۱/۰۵	۱۸/۷	۲۱۵	SiL

*هر عدد میانگین چهار تکرار است

خاک‌های مذکور غیر شور با pH قلیایی، آهک متوسط، مقدار مواد آلی کم تا متوسط و بافت متوسط بوده و ازنظر فسفر قابل‌جذب در محدوده متوسط تا زیاد و ازنظر پتاسیم در شرایط کمبود بودند. کودهای پایه شامل نیتروژن و فسفر بر اساس نتایج آزمون خاک برآورد و تمامی کود فسفره همراه با نصف نیتروژن موردنیاز به‌طور یکنواخت در کلیه کرت‌ها در زمان کاشت به مصرف رسیدند. اندازه هر کرت ۱۰ مترمربع، عرض کرت‌ها ۲/۵ متر و طول آنها چهار متر در نظر گرفته شد. در آبان ماه هر سال نسبت به کاشت گندم اقدام و در طول فصل رشد یادداشت‌برداری های لازم انجام شد. رقم گندم مورد کاشت زرین با تراکم ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار بود. تمامی کود پتاسیمی مطابق تیمارهای مربوطه به همراه نصف دیگر نیتروژن در مرحله تشکیل اولین گره ساقه (GS_{31}) (زادوکس و همکاران، ۱۹۷۴) در بهار به‌صورت سرک همراه با آب آبیاری در کرت‌های بسته مصرف شدند. در طول مرحله داشت نسبت به انجام مراقبت‌های زراعی لازم اقدام گردید. نیاز آبی با استفاده از روش پنمن-مانتیث محاسبه گردید. میزان آب آبیاری بر اساس راندمان کاربرد آب در مزرعه برابر ۹۰٪ تعیین گردید. مقدار آب محاسبه‌شده برای هر کرت توسط دبلیو اس سی فلوم اندازه‌گیری شد. آبیاری به‌صورت یکنواخت و در مراحل بعد از کاشت، رشد فنولوژیکی ظهور اولین گره ساقه، شکم خوش، ظهور سنبله و شیری شدن دانه گندم به‌انجام رسید. مقادیر آب مصرفی در مراحل مذکور به ترتیب معادل ۴۵۶، ۵۲۶، ۶۷۴، ۸۲۴ و ۵۲۵ متر مکعب در هکتار بودند. در زمان برداشت محصول نسبت به اندازه‌گیری اجزای عملکرد شامل تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در مترمربع و وزن هزار دانه اقدام شد. پس از رسیدن محصول نسبت به برداشت آن به‌صورت کف‌بر از سطح چهار مترمربع اقدام و عملکرد کاه و دانه تعیین گردید. پس از برداشت محصول، نمونه‌های مرکب خاک از هر کرت تهیه و مقدار پتاسیم قابل‌جذب آنها به روش استات آمونیوم (علی احیائی، ۱۳۷۷) اندازه‌گیری شد. همچنین غلظت پتاسیم در کاه و دانه مطابق استانداردهای موسسه تحقیقات خاک و آب (امامی، ۱۳۷۵) اندازه‌گیری شدند. درصد بازیابی ظاهری کود پتاسیم در تیمارهای کودی از فرمول (۱) محاسبه گردید:

$$Prf = \frac{(KF)-(KC)}{R} \times 100 \qquad (۱)$$

در این فرمول، KF جذب کل پتاسیم گندم در کرت کود داده‌شده برحسب کیلوگرم در هکتار، KC جذب

کل پتاسیم گندم در کرت شاهد و R مقدار پتاسیم مصرفی برحسب کیلوگرم در هکتار و Prf درصد بازیابی ظاهری کود بود. آزمون نرمال بودن داده‌ها با استفاده از دو آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و شاپیرو-ویلکو به کمک نرم‌افزار SPSS موردبررسی قرار گرفت. تمامی تجزیه‌های بعدی با داده‌های نرمال انجام شد. تحلیل آماری داده‌ها برای صفات مختلف بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی به‌صورت تجزیه مرکب برای سه سال با استفاده از نرم‌افزار آماری SASنسخه ۹/۱ انجام گرفت. مقایسات میانگین تیمارها با استفاده از روش حداقل تفاوت معنادار (LSD) برای سطوح احتمال یک و پنج درصد انجام گرفت.

مرحله دوم

بررسی نفوذ عمقی پتاسیم در خاک: برای بررسی میزان نفوذ عمقی پتاسیم در خاک، از ستون‌هایی محتوی نمونه‌های خاک محل‌های اجرای آزمایش مزرعه‌ای استفاده گردید. ابتدا در قسمت انتهایی ستون‌ها، توری‌های آلومینیومی قرار داده‌شده و بر روی آن، نوارهایی از پنبه قرار گرفت. سپس بر روی آن، دو عدد کاغذ صافی قرارگرفته و درنهایت ماسه شسته شده با اسیدکلریدریک غلیظ به ضخامت پنج سانتی‌متر بر روی آن ریخته و سطح آن با کاردک صاف گردید. مجدداً دو عدد کاغذ صافی بر روی آن قرارگرفته و درنهایت نمونه‌های خاک عبور داده‌شده از الک پنج میلی‌متری به ضخامت ۲۰ سانتی‌متر بر روی آن قرار گرفت. مقادیر درجه‌بندی از پتاسیم از صفرتا ۵۰۰ کیلوگرم پتاسیم کلرید در هکتار به بخش سطحی ستون‌های خاک افزوده شد. سپس به ستون‌های خاک، حجم مساوی آب مقطر افزوده شد. مقدار آب مقطر مصرفی بر اساس نیاز آبی گندم و متوسط نزولات جوی در استان محاسبه و به‌طور یکنواخت در زمان‌های متوالی به ستون‌های خاک اضافه شدند. پس از مدت یک هفته، نسبت به لایه‌برداری خاک ستون‌ها باضخامت دو سانتی‌متر اقدام و میزان پتاسیم قابل‌جذب آنها اندازه‌گیری شد.

مرحله سوم

ظرفیت تثبیت پتاسیم خاک: برای اندازه‌گیری ظرفیت تثبیت پتاسیم خاک محل‌های اجرای تحقیق، از روش جکسون (۱۹۷۴) استفاده شد. برای این کار، مقدار ۱۰ گرم از نمونه‌های خاک الک شده (۲mm) توزین و ۱۰ میلی‌لیتر محلول ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر پتاسیم کلرید به آن‌ها اضافه‌شده و ۱۰ مرتبه به‌طور متناوب خشک و مرطوب گردیدند. خشک‌کردن نمونه‌ها در داخل انکوباتور در دمای ۴۰ درجه سلسیوس انجام شد. برای مرطوب کردن مجدد نمونه‌های خاک، ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر دیونیزه در هر مرتبه به نمونه‌های خاک اضافه می‌گردید. پس از طی این مدت، نمونه‌ها با محلول استات سدیم نرمال عصاره-گیری و مقدار پتاسیم قابل‌جذب آن‌ها با استفاده از فلم فوتومتر مدل Jenway-PFP7 اندازه‌گیری شد. پتاسیم اندازه‌گیری شده در این مرحله را به‌عنوان پتاسیم باقیمانده مرحله اول (K-Stage A) در نظر می‌گیرند. نمونه دیگری از همان خاک‌ها با ۱۰ میلی‌لیتر محلول ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر پتاسیم تیمار شده و بلافاصله با استات‌آمونیم نرمال عصاره‌گیری و مقدار پتاسیم آنها اندازه‌گیری گردیدند. پتاسیم اندازه‌گیری شده در این مرحله به‌عنوان پتاسیم باقیمانده مرحله دوم (K-Stage B) محسوب می‌گردد. تفاوت بین این دو حالت به‌عنوان ظرفیت تثبیت پتاسیم در نظر گرفته شد (جکسون، ۱۹۷۴).

نتایج

عملکرد و اجزای عملکرد: نتایج مربوط به تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در این آزمایش و مقایسات میانگین سطوح پتاسیم کلرید بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم به ترتیب در جداول ۳ و ۴ آورده شده است. همچنان که در جداول مذکور مشاهده می‌گردد اثر تیمارها بر هیچ‌کدام از صفات عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در متر مربع معنادار نگردید ($p\leq 0.05$).

درصد بازیابی ظاهری پتاسیم در گندم: نتایج تجزیه‌وتحلیل آماری طرح نشان داد که اثرهای تیمارها بر غلظت و جذب پتاسیم دردانه و کلش گندم معنادار نگردید ($p\leq0.05$) (جدول ۳). درصد بازیابی ظاهری پتاسیم در تیمارهای سطوح پتاسیم کلرید به ترتیب معادل ۶/۲۸ و ۱/۵ درصد محاسبه گردیدند (جدول ۵).

اثرهای تیمارها بر پتاسیم قابل‌جذب خاک پس از برداشت محصول: با افزایش سطوح پتاسیم، مقدار پتاسیم قابل‌جذب خاک پس از برداشت محصول به‌طور کاملاً معناداری افزایش یافت ($p\leq0.01$) (جدول ۳). بیشترین میزان پتاسیم قابل‌جذب خاک از سطح سوم پتاسیم کلرید حاصل شد که با سطح دوم آن در یک کلاس آماری قرار گرفتند (شکل ۱).

نفوذ عمقی پتاسیم در خاک: اندازه‌گیری پتاسیم قابل‌جذب خاک در ستون‌های خاک نشان داد که با افزایش سطوح کودی پتاسیم، مقادیر پتاسیم قابل‌جذب خاک نیز افزایش یافت. در هر سه خاک، مقادیر افزایش پتاسیم قابل‌جذب تقریباً در یک محدوده ولی مقدار آن در تیمار ۵۰۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار در خاک ۳ کمتر از خاک‌های ۱ و ۲ بود. بخش اعظم پتاسیمی مصرفی در بخش فوقانی ستون خاک (صفرتا شش سانتی‌متری) تجمع یافته و بانفوذ آب به لایه‌های زیرین منتقل نشد (شکل ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب صفات مورد بررسی در آزمایش مزرعه‌ای گندم آبی

منبع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبله در مترمربع	پتاسیم قابل‌جذب خاک پس از برداشت	غلظت پتاسیم دردانه	غلظت پتاسیم در کلش	جذب کل پتاسیم
سال (Y)	۲	۱۰۶۶۸۶/۱ ns	۰/۷۲ ns	۶/۷۸ ns	۲۱۲/۳۳ ns	۱۰۴۶۶/۸ **	۱۴/۷۸ ns	۳۱/۶۹ ns	۱۹۹/۰۴ ns
خطا	۹	۷۳۲۳۶/۱	۳/۳۸	۱۲/۶۳	۲۱۹/۷۰	۱۳۱/۴۱	۸/۰۰	۱۲۸/۹۲	۸۷/۵۵
پتاسیم (K)	۲	۱۰۳۶۷۷/۸ ns	۱/۹۴ ns	۲۷/۵۳ ns	۸۵/۷۵ ns	۷۸۹۵۸/۸ **	۳۴/۱۱ ns	۱۴۶/۶۹ ns	۴۴/۲۱ ns
K× Y	۴	۱۱۰۹۶۹/۴ ns	۰/۵۴ ns	۵/۴۸ ns	۱۲۴/۵۸ ns	۹۵۴/۸ **	۶/۲۳ ns	۲۸/۹۴ ns	۶۳/۰۰ ns
خطا	۱۸	۹۷۲۰۵/۶	۳/۰۶	۱۰/۴۶	۲۰۸/۵۷	۱۱۰/۷۴	۲۳/۶۷	۹۳/۹۷	۵۴/۰۷
CV (%)		۱۴/۷۳	۴/۷۴	۵/۹۲	۴/۱۰	۴/۳۲	۹/۳۶	۱۱/۳۹	۸/۲۳

ns: غیر معنادار؛ **: معنادار در سطح یک درصد

جدول ۴- اثر سطوح مختلف کود پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم

سطوح پتاسیم کلرید ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$)	وزن هزار دانه (g)	تعداد دانه در خوشه	تعداد سنبله در مترمربع
0	۶۵۸۰a*	۳۶/۹۱a	۵۲/۹۲a	۳۵۴/۳a
100	۶۶۸۹a	۳۷/۲۷a	۵۵/۰۸a	۳۴۹/۶a
200	۶۵۰۵a	۳۶/۴۶a	۵۵/۸۳a	۳۵۴/۱a

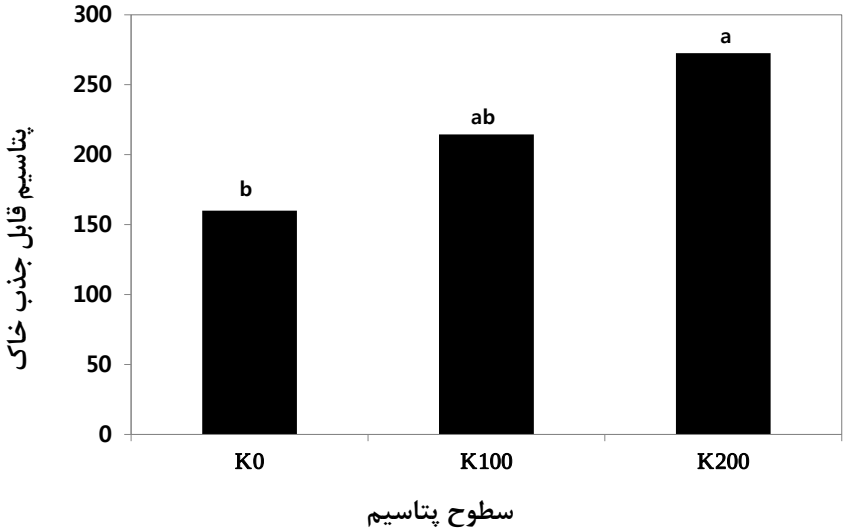
*حروف لاتین مشابه بیانگر عدم تفاوت معنادار در سطح پنج درصد است

جدول ۵- اثر سطوح مختلف کود پتاسیم بر غلظت پتاسیم و درصد بازیافت ظاهری پتاسیم گندم

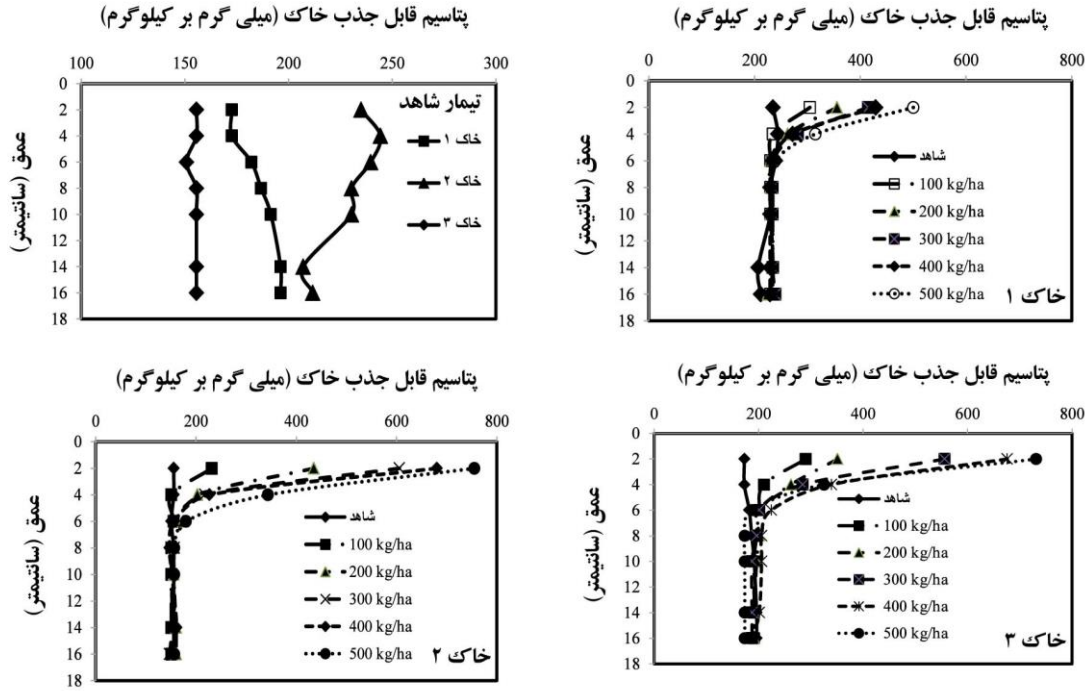
سطوح پتاسیم کلرید ($kg.ha^{-1}$)	غلظت پتاسیم دانه (٪)	غلظت پتاسیم کلش (٪)	جذب کل ($kg.ha^{-1}$)	بازیابی (٪)
0	۰/۵۳a*	۰/۸۱a	۸۸/۳a	–
100	۰/۵۲a	۰/۸۸a	۹۱/۵۹a	۶/۲۸
200	۰/۵۱a	۰/۸۷a	۸۸/۲۱a	۱/۵

*حروف لاتین مشابه بیانگر عدم تفاوت معنادار در سطح پنج درصد است

ظرفیت تثبیت پتاسیم: ظرفیت تثبیت پتاسیم خاک در محدوده ۴۸۳/۸ تا ۷۶۵/۱۱ با میانگین ۶۲۴/۴۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. بیشترین مقدار تثبیت در خاک ۱ و کمترین آن در خاک ۳ مشاهده شد. در تمامی خاک‌های موردمطالعه درصد تثبیت پتاسیم بالا و به‌طور متوسط معادل ۴۸/۸۶ درصد بود (جدول ۴).



شکل ۱- میانگین اثرهای تیمارها بر غلظت پتاسیم قابل‌جذب خاک (K_{ava}) پس از برداشت محصول



شکل ۲- مقادیر نفوذ کود سرک پتاسیم کلرید در خاک در سه بافت لومی، لوم رسی و لوم رسی سیلتی

بحث

نتایج این تحقیق نشان داد که علیرغم کمبود پتاسیم در خاک، مصرف سرک آن تأثیری بر عملکرد گندم نداشت (جدول ۳). همچنین غلظت و میزان جذب پتاسیم در گندم تحت تأثیر مصرف سرک پتاسیم قرار نگرفت. میزان جذب کل پتاسیم در کلیه تیمارها به‌طور متوسط در حدود ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بوده (جدول ۵) و مقدار آن در کلش بیشتر از دانه و به ترتیب معادل ۵/۳ و ۸/۵ کیلوگرم به ازای هر تن دانه و کلش بودند. بیتون و سکون (۱۹۸۵) گزارش کردند که جذب پتاسیم در گندم تحت تأثیر شرایط محیطی قرارگرفته و در شرایط کمبود آن در خاک در حدود ۵۰ کیلوگرم در هکتار و در شرایط بهینه رشد تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیز می‌رسد.

جدول ۶- پتاسیم محلول (K_{so})، پتاسیم تبادلی (K_{ex})، پتاسیم قابل‌جذب (K_{ava}) و ظرفیت تثبیت پتاسیم خاک‌های مورد مطالعه

شماره خاک	K_{so}	K_{ex}	K_{ava}	K-Stage A	K-Stage B	K_{fix} Capacity	K_{fix} Capacity (٪)
	($mg\ l^{-1}$)			($mg\ Kg^{-1}$)			
۱	۹/۱۲	۱۶۵	۱۶۹	۸۸۴/۲۴	۴۰۰/۲۷	۴۸۳/۹۷	۵۴/۴۸
۲	۷/۸۰	۱۲۰	۱۱۹	۱۱۵۰/۶۴	۶۲۳/۹۵	۵۲۶/۶۹	۴۵/۵۸
۳	۲۵/۹۴	۲۰۱	۲۲۹	۱۶۰۰/۷۵	۸۳۵/۶۴	۷۶۵/۱۱	۴۶/۵۲

محققان مذکور مقدار برداشت پتاسیم به ازای هر تن دانه و کلش گندم را به ترتیب معادل پنج و ۱۰ تا ۲۰ کیلوگرم در هکتار گزارش نمودند. در تحقیق حاضر، میزان جذب پتاسیم کمتر از مقادیر فوق بود. کاهش جذب پتاسیم احتمالاً ناشی از پائین بودن مقدار پتاسیم قابل‌جذب خاک در محدوده توسعه ریشه بوده است. کملر (۱۹۸۳) دریافت که عرضه ناکافی پتاسیم منجر به کاهش عملکرد گندم شده و کمبود آن در مراحل اولیه رشد نسبت به مرحله گلدهی، عملکرد گندم را بیشتر کاهش می‌دهد. نتایج مربوط به مطالعات ستون خاک نشان داد که بیش از ۹۰ درصد پتاسیم مصرفی در هر سه نمونه موردبررسی در عمق کمتر از شش سانتی‌متری تجمع یافته و انتقال آن به لایه‌های زیرین بسیار کم بود. مشاهدات مزرعه‌ای نیمرخ خاک در محل انجام آزمایش‌های مزرعه‌ای نشان داد که ریشهٔ گندم در عمق‌های زیر ۱۲ سانتی‌متری تجمع یافته و از این‌رو می‌توان دریافت که امکان جذب پتاسیم از لایه‌های بالاتر میسر نگردیده است (شکل ۲). مقایسه نفوذ عمقی پتاسیم تیمارهای شاهد در ستون‌های خاک نشان داد که در هر سه خاک، میزان نفوذ عمقی پتاسیم رفتارهای متفاوتی داشتند. در خاک ۱ با بافت لوم رسی، میزان پتاسیم قابل‌جذب در لایه‌های فوقانی بیشتر و با افزایش عمق خاک به‌طور نسبی کاهش یافت. بنابراین می‌توان استنباط نمود که میزان پویایی پتاسیم در این خاک کمتر بوده است. در خاک ۲ با بافت لوم، میزان پتاسیم قابل‌جذب خاک با افزایش عمق افزایش یافت. احتمالاً در این خاک آبشوئی منجر به نفوذ عمقی پتاسیم بومی خاک از لایه‌های سطحی به لایه‌های زیرین و تجمع آن در لایه‌های زیرین گردیده است. در خاک ۳ با بافت لوم رسی سیلتی، تغییرات پتاسیم قابل‌جذب خاک تحت تأثیر آب آبشویی قرار نگرفت و در تمامی عمق‌ها نسبتاً یکسان بود. به‌عبارت‌دیگر، آبشویی تأثیری بر نفوذ عمقی پتاسیم نداشت. می‌توان پیش‌بینی نمود که عواملی مانند مقدار پتاسیم اولیه بومی در خاک، شدت تخلیه خاک‌ها از پتاسیم و متفاوت بودن ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک به‌ویژه بافت خاک به احتمال قوی بر رفتار خاک‌ها در این رابطه تأثیرگذار بوده است. مقایسه خاک‌های ۱ و ۲ نشان داد که میزان نفوذ عمقی پتاسیم در خاک با بافت لوم به‌مراتب بیشتر از خاک با بافت لوم رسی بود. بازرگان و همکاران (۱۳۸۰) طی تحقیقی تأثیر عوامل مختلف بر پویایی پتاسیم در ستون‌های خاک را مورد بررسی

قراردادند. آنان دریافتند که اگرچه کودهای پتاسیمی کاملاً در آب محلول‌اند ولی ذرات خاک به‌شدت با پتاسیم موجود در محلول واکنش داده و با توجه به بافت خاک، مقدار پتاسیم اولیه، غلظت پتاسیم موجود در محلول، مقدار محلول کودی و حضور سایر یون‌ها در این محلول از ۴۰ تا بیش از ۷۰ در صد کل پتا سیم موجود در محلول کودی در لایه ۲/۵ سانتی‌متری اول خاک نگه داشته می‌شود (بازرگان و همکاران، ۲۰۰۱). نتایج مذکور با توجه به افزایش مقدار پتاسیم قابل‌جذب خاک اندازه‌گیری شده پس از برداشت محصول (شکل ۱) و عدم نفوذ آن به لایه‌های زیرین مشاهده‌شده در این آزمایش (شکل ۲) تأیید می‌گردد.

درصد بازیابی ظاهری پتاسیم محاسبه‌شده در این تحقیق خیلی کم و حتی در سطح سوم تیمار پتاسیم معادل صفر بود (جدول ۵). این امر بیانگر جذب بسیار کم و یا عدم جذب پتاسیم مصرفی توسط ریشه گندم بود. بررسی‌ها نشان داده است که عدم عکس‌العمل محصول در سطوح پائین پتاسیم مصرفی غالباً در خاک‌های با مقادیر کم پتاسیم قابل‌جذب صورت می‌گیرد و می‌تواند با تثبیت بالای پتاسیم در این خاک‌ها مرتبط باشد (نیو و همکاران، ۲۰۱۱). نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق نشان داد که ظرفیت تثبیت پتاسیم در نمونه‌های خاک بالا بوده و بیشترین میزان تثبیت در خاک ۲ با بیشترین میزان رس و کربنات کلسیم معادل و کمترین مقدار پتاسیم قابل‌جذب مشاهده شد. نتایج مذکور با نتایج تحقیقات منگل و اوهلنبکر (۱۹۹۳) مطابقت داشت. آنان دریافتند که هرچه خاک‌ها از پتاسیم بیشتری تخلیه شود، ظرفیت تثبیت پتاسیم در آنها افزایش می‌یابد. تخلیه خاک‌ها از پتاسیم در صورت کشت‌های مکرر بدون افزودن کود نیز تشدید می‌گردد. مهتا و همکاران (۱۹۹۵) تخلیه پتاسیم را در خاک‌های مناطق نیمه‌خشک هند بررسی و نتیجه گرفتند که میزان پتاسیم قابل‌جذب خاک در طی ۱۲ سال کشت متراکم ارزن گندم از ۶۲۰ به ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کاهش پیدا کرد. تخلیه پتاسیم خاک منجر به کاهش پتاسیم بین لایه‌ای و ایجاد حفرات خالی بین لایه‌ای شده و در صورت بالا رفتن پتاسیم محلول در خاک درنتیجه مصرف کود، بخش عمده آن صرف پر کردن این فضاها شده و درنتیجه پتاسیم تثبیت می‌گردد (سیمون سون و همکاران، ۲۰۰۹). بر اساس نتایج تحقیقات به انجام رسیده، مقادیر پتاسیم تثبیت‌شده در خاک‌ها با مقدار رس خاک و کربنات کلسیم در خاک‌های آهکی همبستگی مثبت معناداری را نشان داده است (جلالی و کلاهی، ۱۳۸۶). اسپارکس و هاونگ (۱۹۸۵) گزارش کردند که تثبیت پتاسیم خاک‌ها به مفهوم انتقال پتاسیم قابل‌جذب به بخش پتاسیم غیر قابل‌جذب، تأثیر مستقیم بر قابلیت و میزان جذب پتاسیم توسط گیاهان دارد. نتایج این تحقیق نشان داد که تمامی خاک‌های محل‌های انجام آزمایش‌های مزرعه‌ای از ظرفیت تثبیت نسبتاً بالایی برخوردار بودند (جدول ۴). این عامل به همراه پدیده جذب سطحی دو عامل مهم در عدم جذب کود پتاسیمی به‌وسیله ریشه گندم بوده‌اند.

پیشنهادهای ترویجی

نتایج این تحقیق نشان داد که علیرغم حاکمیت کمبود پتاسیم در خاک‌های متوسط بافت محل‌های اجرای آزمایش، مصرف سرک آن قادر به تأمین نیاز به پتاسیم گندم نبود؛ بنابراین، درصورتی‌که مصرف آن قبل از کشت صورت گیرد، مقادیر بیشتری پتاسیم مورداحتیاج است تا ضمن پر کردن فضاهای بین لایه‌ای، نیاز غذایی گندم را نیز تأمین نماید. خاک‌های منطقه در اثر بارندگی زیاد در طول زمان از پتاسیم تخلیه‌شده و ظرفیت بالای تثبیت پتاسیم این خاک‌ها مانعی جدی برای تأمین پتاسیم موردنیاز گندم از طریق مصرف خاکی است. از طرفی، مصرف سرک پتاسیم قادر به تأمین نیاز گندم به این عنصر نیست زیرا بخش عمده آن (بیش از ۹۰٪) در لایه سطحی تا عمق شش سانتیمتری تثبیت و یا جذب ذرات خاک گردیده و مانع انتقال آن به محیط گسترش ریشه نبات می‌شوند. با توجه به اهمیت این موضوع و توجه به این نکته که غلات در مرحله ساقه رفتن نیاز بیشتری به پتاسیم دارند، پیشنهاد می‌گردد تحقیقات درزمینهٔ مقایسه روش‌های مصرف پتاسیم برای تأمین نیاز

غذایی گندم آبی در خاک‌های با خصوصیات مشابه ادامه یابد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از مسئولین محترم سازمان جهاد کشاورزی آذربایجان غربی به خاطر تأمین اعتبار انجام این تحقیق و همچنین از همکاران محترم آزمایشگاه بخش تحقیقات خاک و آب برای انجام تجزیه‌های آزمایشگاهی تشکر و قدردانی می‌گردد.

فهرست منابع

۱. الفتی، م.، م. ج. ملکوتی، و م. ر. بلالی. ۱۳۷۹. تعیین حد بحرانی پتاسیم برای محصول گندم در ایران. ص ۹۸-۸۵. در م. ج. ملکوتی. تغذیه متعادل گندم راهی به‌سوی خودکفائی در کشور و تأمین سلامت جامعه (مجموعه مقالات)، نشر آموزش کشاورزی، سازمان تات، وزارت جهاد کشاورزی، کرج، ایران.

۲. امامی، ع. ۱۳۷۵. روش‌های تجزیه گیاه. جلد اول، موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه شماره ۹۸۲، ۱۱۶ صفحه.

۳. بازرگان، ک.، م. ج. ملکوتی، ح. اسدی، و م. فیض اله زاده اردبیلی.۱۳۸۰. بررسی تأثیر عوامل مختلف بر حرکت پتاسیم در ستون‌های خاک. هفتمین کنگره علوم خاک ایران (مجموعه مقالات کوتاه)، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

۴. بلالی، م. ر.، پ. مهاجر میلانی، ز. خادمی، م. س. درودی، ح. ح. مشایخی، و م. ج. ملکوتی. ۱۳۷۹. مدل جامع کامپیوتری تو صیه کودهای شیمیائی در را ستای تولیدات ک شاورزی پایدار(گندم). ن شر آموزش ک شاورزی، سازمان تات، وزارت جهاد کشاورزی، کرج، ایران.

۵. موسسه تحقیقات خاک و آب.۱۳۴۲. گزارش خاکشناسی نیمه تفصیلی پروژه مهاباد. نشریه شماره ۷۱، تهران، ایران.

۶. بی‌نام. ۱۳۷۴. مطالعات خاک شنا سی نیمه تف صیلی د شت‌های پ سوه، جلدیان و پیران شهر در ا ستان آذربایجان غربی، مهندسی مشاور آب‌ورزان، ایران.

۷. رم ضان پور، م.، م. د ستفال، و م. ج. ملکوتی. ۱۳۸۳. ارزیابی سه ساله اثر پتا سیم در کاهش تنش خ شکی در گندم در داراب فارس.ص: ۵۰۰-۴۸۷. در تغذیه نوین گندم (مجموعه مقالات) توسط: م. ج. ملکوتی، ز. خوگر، و ز. خادمی، انتشارات سنا به سفارش دفتر طرح خودکفائی گندم، وزارت جهاد کشاورزی، تهران، ایران.

۸. علی احیائی، م. ۱۳۷۶. شرح روش‌های تجزیه شیمیائی خاک. جلد ۲، نشریه شماره ۱۰۲۴، موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.

۹. غنی شایسته، ف و. م. فلاح. ۱۳۷۶. برر سی بالانس (توازن) پتا سیم در خاک‌های زیر ک شت گندم آذربایجان غربی. گزارش پژوهشی، مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان غربی، صفحات: ۱۴۹-۱۴۲.

۱۰. لطف الهی، م.، و م. ج. ملکوتی. ۱۳۸۴. تأثیر سطوح مختلف پتاسیم و عناصر کم‌نیاز بر روی ارقام پیشرفته گندم نان. مجله علمی-پژوهشی علوم خاک و ، دوره ۱۹، شماره ۱، ص: ۸-۱.

۱۱. مشایخی، پ و م. صلحی. ۱۳۸۹. چشم‌انداز مصرف کود در ایران و جهان. اولین چالش‌های کود در ایران. قابل دسترس در: https://www.civilica.com/Paper-FERTILIZER01-FERTILIZER01_078.html

۱۲. ملکوتی، م. ج.، و م. ر. بلالی. ۱۳۸۲. مصرف بهینه کود راهی برای پایداری در تولیدات کشاورزی (مجموعه مقالات). نشر آموزش کشاورزی، معاونت آموزش و تجهیز نیروی انسانی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، کرج، ایران.

۱۳. وکیل، ر.، ه. میرزاپور، ا. ح. خوش‌گفتار، ا. ح. کوچه‌باغی، م. ر. نائینی، و س. سعادت. ۱۳۸۲. تأثیر مقادیر و منابع مختلف کودهای پتاسیمی بر غلظت عناصر غذایی در گندم در شرایط شور. مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه گیلان و موسسه تحقیقات برنج کشور، رشت، ایران.

14. Abaslou, H., and A. Abtahi. 2008. Potassium quality-intensity parameters and it's correlation with selected soil properties in some soils of Iran. Journal of applied Science. 8: 1875-1882.

15. Bar-Tal, A., U. Yermiyahu, J. Beraud, M. Keinan, R. Rosenberg, D. Zohar, V. Rosen, and P. Fine. 2004. Nitrogen, phosphorus, and potassium uptake by wheat and their distribution in soil following successive, annual compost applications. Journal of Environmental Quality. 33: 1855-1865.

16. Beaton, J. D., and G. S. Sekon. 1985. Potassium nutrition of wheat and other small grains. p. 701- 798. In R. D. Munson (ed.). Potassium in Agriculture. American Society of Agronomy. WI.

17. Jackson, M. L. 1974. Soil chemical analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs.

18. Jalali, M. 2007. A study of the Quality/Intensity relationships of potassium in some calcareous soils of Iran. Arid Land Research Management. 21: 133-141.

19. Jalali, M., and Z. Kolahchi. 2007. Short-term potassium release and fixation in some calcareous soils. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 170: 530–537.

20. Kemmeler, G. 1983. Modern aspects of wheat maturing (2nd rev. ed.). IPI- BULL. No. 1. Berene, Switzerland.

21. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic press. 890 P.

22. Mehta, S. C., P.K. Meel, K. S. Grewal, and M. Singh. 1995. Release of nonexchangeable potassium in Entisols. Journal of the Indian Society of Soil Science. 43: 351-356.

23. Mengel, K. I., and K. Uhlenbecker. 1993. Determination of available interlayer potassium and its uptake by reyegrass. Soil Science Society of America Journal. 57: 761-766.

24. Niu, J., W. Zhang, S. Ru, X. Chen, K. Xiao, X. Zhang, M. Assaraf, P. Imas, H. Magen, and F. Zhang. 2011. Effects of potassium fertilization on winter wheat under different production practices in the North China Plain. Field Crops Research. 140: 69-76.

25. Ravichandran, M., and M. V. Sripamachandrasekharan. 2011. Optimizing timing of potassium application in productivity enhancement of crops. Karnataka. Journal of Agricultural Science. 24: 75-80.

26. Simonsson, M., S. Andersson, Y. Andrist-Rangel, S. Hillier, L. Mattsson, and I. Oborn. 2007. Potassium release and fixation as a function of fertilizer application rate and soil parent material. Geoderma. 140: 188-198.

27. Simonsson, M., S. Hillier, and I. Oborn, 2009. Changes in clay minerals and potassium fixation capacity as a result of release and fixation of potassium in long-term field experiments. Geoderma. 151: 109-120.

28. Sparks, D. L. 1987. Potassium dynamics in soils. Advances in Soil Science. 6: 1-63.

29. Sparks, D. L. 2000. Bioavailability of soil potassium. p: 38 -52. In M.E. Sumner (ed.) Handbook of Soil Science. CRC Press, Boca Raton, FL.

30. Sparks, D. L., and P. M. Huang, 1985. Physical chemistry of soil potassium. p: 201-276. In R. D. Munson (ed.) Potassium in agriculture. American Society of Agronomy, Madison, WI.

31. Zadoks, J. C., T.T. Chang, and C.F. Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Research. 14: 415-421.

32. Zhang, H. M., X.H. Yang, M.G. Xu, S.M. Huang, H. Liu, and R. W. B. 2011. Effect of long-term potassium fertilization on crop yield and potassium efficiency and balance under wheat-maize rotation in China. Pedosphere. 21: 154-163.

Effect of potassium chloride topdressing on irrigated wheat in medium texture soils

A. Majidi [1]

Assistant Professor, Soil and Water Research Dept., West Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO[2]

Az.majidi89@gmail.com

Received: June 2019 and Accepted: October 2020

Abstract

The method potassium (K) fertilizer is applied in agricultural soils with a high K fixation capacity has a considerable effect on its use efficiency. To determine the effects of K fertilizer topdressing on irrigated wheat (*Triticum aestium* L.), experiments were performed during the years 2010, 2011, and 2013 under both field and experimental conditions in West Azerbaijan Province characterized by loamy soils as the dominant soil series with available K ($K_{ava.}$) levels below 250 mg kg^{-1} (critical level). The experiments were arranged in a randomized complete block design with three treatments and four replications. Wheat was grown in early spring with varying topdressing K fertilizer levels (control, 100, and 200 kg ha^{-1} KCl) applied at the stem elongation stage. The results indicated that K fertilizer had no significant effects on either grain yield or its components. K concentration and uptake by the grain and straw were not affected by the treatments in which apparent K recoveries were measured below 7%. In contrast, soil K_{ava} was significantly affected by K topdressing application. Lab tests revealed that more than 90% of the applied K fertilizer accumulated in the first six cm of the topsoil without being transferred to subsoil layers. A K fixation capacity of 45.5–54.5% with an average value of 51% was recorded for the soils in the region. Finally, it was concluded that both K sorption and fixation phenomena prevented K transfer from the surface layer to the plant root zone in the soils studied; hence, K topdressing in similar loamy soils would not be effective in meeting wheat K requirements.

Keywords: Apparent recovery, Deep penetration, Potassium fixation, Wheat

[1] Corresponding author: Soil and Water Research Dept., West Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Urmia, Iran

[2] Agricultural Research, Education, and Extension Organization