نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۸، ص. ۶۴۵-۶۳۵

Journal of Water and Soil
Vol. 33, No. 4, Sep-Oct. 2019, p. 635-645

تأثیر مدیریت مصرف منابع پتاسیمی بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی گندم پائیزه

محمد جعفر ملکوتی[۱]- عزیز مجیدی[۲]- سیما افرا[۳*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۱/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۲۶

چکیده

بمنظور بررسی تأثیر مدیریت مصرف منابع پتاسیمی در زراعت گندم‌آبی، آزمایشی در دو مزرعه (۱ و ۲) به ترتیب با مقادیر پتاسیم قابل‌دسترس ۱۲۵ و۴۱۲ میلی‌گرم برکیلوگرم، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تیمار و چهار تکرار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در ارومیه انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل: (۱) شاهد (مصرف عناصر پایه برمبنای آزمون خاک به‌جز پتاسیم)؛ (۲) شاهد+ مصرف پتاسیم از منبع سولفات‌پتاسیم قبل از کاشت؛ (۳) شاهد+ مصرف ۵۰٪ پتاسیم از منبع سولفات‌پتاسیم قبل از کاشت و ۵۰٪ باقیمانده از منبع کلرورپتاسیم؛ (۴) شاهد+ مصرف ۵۰٪ پتاسیم از منبع سولفات‌پتاسیم قبل از کاشت و ۵۰٪ باقیمانده از منبع سولوپتاس؛(۵) شاهد+ مصرف ۵۰٪ پتاسیم از منبع سولفات‌پتاسیم قبل از کاشت و ۵۰٪ باقیمانده از منبع سولفات‌پتاسیم حاوی کلات‌روی بودند. نتایج نشان داد که در مکان (۱) پتاسیم، اثر بخشی معنی‌داری بر عملکرد و پروتئین دانه گندم داشت. در این مکان، تیمار پنجم در مقایسه با سایر تیمارها، باعث افزایش بیشتر عملکرد دانه، پروتئین دانه و غلظت روی دانه گندم شد. مصرف تقسیطی پتاسیم، نسبت به مصرف قبل از کاشت، میزان کارایی کود پتاسیمی را افزایش داد. درحالی‌که کارایی پتاسیم در تیمار دوم برابر پنج کیلوگرم بر کیلوگرم بود، در تیمارهای سوم و چهارم به شش و در تیمار پنجم به هشت کیلوگرم بر کیلوگرم بهبود یافت. در مکان (۲) مصرف کودهای حاوی این عنصر بر عوامل مذکور کم تأثیر بود. بطور کلی، چنین نتیجه‌گیری می‌شود که در مکان (۱)، با اعمال مصرف بهینه‌کودی (تیمار ۳) عملکرد هکتاری گندم ۱۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار نسبت به شاهد، افزایش یافت. درحالی‌که، سولفات‌پتاسیم حاوی کلات‌روی در تیمار (۵)، افزایش ۱۱ درصدی عملکرد و ۶۰ درصدی کارایی کود را حتی نسبت به تیمار (۳) موجب شد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین دانه گندم، سولفات‌پتاسیم حاوی کلات‌روی، عملکرد دانه، کارایی کود

مقدمه

گندم[۴] سهم عمده‌ای در تأمین کالری، پروتئین مورد نیاز جامعه و تحکیم زیربنای اقتصادی کشور دارد. تولید ناخالص جهانی گندم ۷۴۹ میلیون تن در سال۲۰۱۶ بوده و ایران با تولید ۱۱میلیون تن در رده پانزدهم تولید جهانی گندم قرار دارد (۱۳) و استان آذربایجان‌غربی با ۱۱/۷ درصد سطح زیرکشت گندم و میزان تولید ۴۰۵۶ کیلوگرم بر هکتار، رتبه چهارم را در کشور دارد (۲).

پتاسیم (K) و روی (Zn) دو عنصر کلیدی در تولید بهینه گندم در اراضی مزروعی کشور محسوب می‌گردند. در گندم بیش از ۷۰ درصد پتاسیم برداشتی در کاه و کلش تجمع می‌یابد (۲۷). بنابراین مدیریت بقایای گیاهی در حفظ ذخیره پتاسیم قابل جذب خاک بسیار مؤثر است (۲۰). نگاهی به میزان جذب پتاسیم و روی به ازاء هر تن عملکرد دانه و کلش برای محصول گندم (۵/۹ کیلوگرم K_2O و ۵۰ گرم Zn در دانه و ۱۸/۲ کیلوگرم K_2O در کلش) اهمیت این دو عنصر را در تولید بهینه گندم آشکار می‌سازد (۱۷).

پتاسیم فراوان‌ترین کاتیون در سیتوپلاسم گیاهی بوده و در داخل سلول‌ها به شکل یونی وجود دارد. این عنصر در گیاه بسیار پویا بوده و در بسیاری از اعمال فیزیولوژیکی گیاه، سوخت‌وساز کربوهیدرات‌ها و فعال‌سازی آنزیم‌ها حضور فعال دارد (۲۶ و ۴۲). کمبود آن عملکرد کمی و کیفی را در محصولات زراعی کاهش می‌دهد (۲۹).این عنصر جزء ضروری در مراحل اصلی بیوسنتز پروتئین است. کمبود آن منجر به کاهش مقدار پروتئین گندم می‌شود (۳۱). پتاسیم با تحریک جذب نیترات و انتقال آن درون گیاه در متابولیسم پروتئین دانه گندم نقش دارد (۱۱). علاوه‌بر این، در شرایط کمبود این عنصر جذب و انتقال

۱ و ۳- استاد و دانش آموخته علوم خاک گرایش مدیریت حاصلخیزی و زیست فناوری، شیمی خاک و تغذیه گیاه، گروه خاک‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس تهران
۲- استادیار پژوهش بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی آذربایجان‌غربی
(*- نویسنده مسئول: (Email: sima.acer@yahoo.com
DOI: 10.22067/jsw.v0i0.79599
4- *Triticum aestivum* L.

www.SID.ir

Archive of SID

نیترات در گیاه کاهش می‌یابد (۲۸). عَلَم و همکاران (۳) دریافتند که با مصرف پتاسیم در گندم، تعداد دانه در سنبله، تعداد پنجه، وزن کلش و عملکرد زیستی گندم بطور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. ریشی و همکاران (۳۲) گزارش کردند عملکرد دانه از طریق افزایش طول دوره پر شدن دانه، با مصرف پتاسیم بهبود می‌یابد. بررسی‌ها نشان داده است که پتاسیم باعث افزایش کارایی آب در اقلیم خشک و حفظ تعادل بین کربوهیدرات‌ها و پروتئین گیاه می‌شود (۳۸). آلدرفاسی و همکاران (۶) گزارش کردند پتاسیم، میزان تبخیر از سطح برگ‌ها را کاهش داده و کارایی مصرف آب را به‌ویژه در شرایط تنش خشکی به‌دلیل نقش آن در افزایش تعداد پنجه و تکثیر ریشه و در نتیجه جذب آب و مواد مغذی افزایش می‌دهد. ارشداله و همکاران (۷) در رابطه با مقایسه منابع پتاسیم (سولفات و نیترات‌پتاسیم) نشان دادند که با مصرف سرک پتاسیم، تعداد پنجه، وزن هزاردانه و میزان عملکرد دانه گندم را ۳۱ درصد افزایش داد ولی تفاوتی بین دو منبع پتاسیم وجود نداشت. مشیری و همکاران (۲۴) گزارش کردند در بسیاری موارد بین سولفات‌پتاسیم و کلرورپتاسیم تفاوتی از نظر اثربخشی در تولید گندم‌آبی وجود ندارد و تنها در خاک‌های شور، کلرورپتاسیم توصیه نمی‌شود. در ایران، معمولا مصرف پتاسیم همزمان با کشت گندم صورت می‌گیرد. تحت چنین شرایطی، احتمال تثبیت پتاسیم به‌ویژه در خاک‌های تخلیه از پتاسیم، قوت می‌گیرد. پدیده تثبیت پتاسیم در خاک، بطور معنی‌داری کارائی کودهای پتاسیمی را در تولید محصول کاهش می‌دهد (۳۷). در پدیده تثبیت، پتاسیم قابل استفاده به بخش غیرقابل استفاده منتقل شده و از دسترس ریشه گیاهان خارج می‌شود (۳۵). مصرف تقسیطی پتاسیم، موجب افزایش کارایی کود پتاسیم و کاهش هدرروی پتاسیم از طریق آبشویی و تثبیت می‌شود (۲۷ و ۳۳). نتایج بررسی‌ها نشان داده است که مقدار اندکی از پتاسیم در مرحله استقرار و زمستان‌گذرانی گندم مورد نیاز بوده و بخش عمده آن در مراحل بعدی رشد در بهار جذب گیاه شده و در مرحله گلدهی به حداکثر مقدار خود می‌رسد (۱۰). در مرحله ساقه رفتن، گندم روزانه ۳/۵ تا ۸ کیلوگرم بر هکتار پتاسیم جذب می‌نماید (۲۴). همین امر اهمیت مصرف تقسیطی پتاسیم را نمایان می‌سازد. مصرف تقسیطی پتاسیم همچنین می‌تواند جذب نیتروژن را افزایش دهد (۲۳). علاوه بر این، با تأمین ساکارز و تجمع نشاسته در دانه، منجر به افزایش عملکرد دانه می‌شود (۲۱). لو و همکاران (۲۳) بیان کردند که مصرف تقسیطی پتاسیم موجب، افزایش وزن هزاردانه، عملکرد دانه و افزایش درصد پروتئین دانه نسبت به مصرف تمامی پتاسیم مورد نیاز گیاه همزمان با کاشت شد. در میان عناصر غذایی کم‌مصرف، روی (Zn) مهمترین عنصری است که کمبود آن در خاک‌های آهکی به‌وضوح مشاهده می‌شود. مجیدی و همکاران (۲۵) نشان دادند که با مصرف سولفات‌روی در مزارع گندم آبی، علاوه‌بر افزایش ۵۰۰ کیلوگرمی عملکرد دانه بر هکتار، افزایش دو درصدی پروتئین و غنی‌سازی دانه‌های گندم (حدود سه برابر) را میسر شد گزارش نمودند. ثواقبی و همکاران (۳۴) در تحقیق به‌منظور بررسی بر هم‌کنش پتاسیم و روی بر غلظت و جذب سایر عناصر غذایی در گندم گزارش دادند که مصرف پتاسیم و روی بطور معنی‌داری موجب افزایش جذب و غلظت عناصر پتاسیم، فسفر، منگنز، آهن و مس کاه و دانه گردید. همچنین پتاسیم، درصد انتقال روی به دانه را افزایش داد. مصرف بهینه کود بویژه سولفات‌پتاسیم و سولفات‌روی؛ باعث بهبود کیفیت و خوش خوراکی گندم می‌گردد (۴۳). وجود روی برای فعالیت‌های آنزیمی، تولید هورمون‌های رشد، تلقیح و باروری ضروری است و آهکی بودن خاک‌ها، ماده آلی کم و عدم توجه به تغذیه بهینه گیاه، قابلیت استفاده این عنصر را برای گیاه محدود کرده و در نهایت منجر به کاهش کیفیت و میزان تولید محصول می‌گردد (۱). افزایش جذب سایر عناصر غذایی و افزایش عملکرد، با مصرف کود روی در آزمایش وجیها و همکاران (۴۰) مشاهده گردید. افزایش مقدار روی در گیاه به میزان یک میلی‌گرم بر کیلوگرم، در آغاز ساقه‌روی گندم، افزایش عملکرد دانه را بطور متوسط به میزان ۱۹۵ کیلوگرم بر هکتار سبب می‌شود (۱۴). روی باعث افزایش پروتئین، کربوهیدرات و گلوتن دانه گندم می‌گردد (۱۹). محلولپاشی روی، علاوه‌بر ارتقا ویژگی کمی و کیفی گندم در پر شدن دانه و افزایش عملکرد، در بهبود شاخص امنیت غذایی مؤثر است. همچنین براساس تحقیقات انجام شده توسط بهرامی (۹) بر روی ذرت و حمیدی (۱۵) بر روی برنج مصرف تلفیقی روی و پتاسیم افزایش عملکرد گیاه را در مقایسه با مصرف فقط عنصر پتاسیم بطور معنی‌داری افزایش داده است. نتایج بررسی‌ها نشان داد عنصر روی موجب افزایش کارایی جذب پتاسیم در گیاه و افزایش عملکرد گندم گردید (۳۶). بر این اساس هدف از اجرای این پژوهش بررسی مدیریت مصرف پتاسیم از نظر تأثیر منابع پتاسیم و زمان مصرف آن‌ها در بهبود برخی ویژگی‌های کمی و کیفی دانه گندم و تأثیر مصرف تلفیقی سرک پتاسیم و روی بر گندم پاییزه بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در دو مزرعه هاشم آباد (۱) و زیوه (۲) ، اولی با میزان پتاسیم قابل جذب کمتر از سطح بحرانی (K_{ava}=125 $mg.kg^{-1}$)، و دومی با میزان پتاسیم قابل جذب بیشتر از سطح بحرانی (K_{ava}=412 $mg.kg^{-1}$)، (۲۷) در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در استان آذربایجان‌غربی و در شهرستان ارومیه به اجرا گذاشته شد. مشخصات جغرافیایی و طبقه‌بندی خاک براساس سیستم طبقه‌بندی امریکایی (USDA, 1999) در جدول ۱ آورده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- مختصات جغرافیائی و سری‌های خاک (USDA) محل‌های اجرای تحقیق آذربایجان‌غربی، ۹۷-۱۳۹۶

Table 1- Geographical coordinates and soil series (USDA) characteristics of experimental West Azarbayjan, 2017-18

Properties	Location	طول جغرافیایی Longitude			عرض جغرافیایی Latitude		
		degree	min.	Sec.	degree	min.	Sec.
UTM	1	37	15	2.43	44	54	5.16
	2	37	15	2.12	44	54	4.78
Soil series	1	Fine loamy active, mixed, mesic typic haploxerepts					
	2	Coares loamy, super active, mixed, mesic typic hoploxeripts					

جدول ۲- میانگین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل‌های اجرای آزمایش آذربایجان‌غربی، ۹۷-۱۳۹۶

Table 2– Soil physical&chemical characteristics of the experimental sites (WestAzarbayjan, 2017-18)

Field مزرعه	pH	EC	Sand	Clay	Tex.	O.C	SP	K_{ava}	P_{ava}	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
		($dS.m^{-1}$)	(%)			(%)		($mg.kg^{-1}$)							
1*	8.08	0.86	51	22	SCL	1.37	44	125	2.50	0.81	23.0	11.37	4.62	0.98	21
2*	7.90	0.92	29	42	C	1.03	51	412	19.8	1.24	8.75	19.95	2.02	1.20	24

* Each number is the average of four replications.

* هر عدد میانگین ۴ تکرار می‌باشد.

آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با پنج تیمار و چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل **تیمار اول:** شاهد (مصرف عناصر پایه برمبنای نتایج تجزیه خاک بجز پتاسیم)؛ **تیمار دوم:** مصرف عناصر پایه برمبنای نتایج تجزیه خاک + مصرف کل پتاسیم مورد نیاز از منبع سولفات‌پتاسیم قبل از کاشت؛ **تیمار سوم:** مصرف عناصر پایه برمبنای نتایج تجزیه خاک + مصرف ۵۰ درصد پتاسیم مورد نیاز از منبع سولفات‌پتاسیم قبل از کاشت و۵۰ درصد باقیمانده از منبع کلورپتاسیم در دو تقسیط همزمان با مصرف سرک اوره؛ **تیمار چهارم:** مصرف عناصر پایه برمبنای نتایج تجزیه خاک + مصرف ۵۰ درصد پتاسیم مورد نیاز از منبع سولفات‌پتاسیم قبل از کاشت و۵۰ درصد باقیمانده از منبع سولوپتاس در دو تقسیط همزمان با مصرف سرک اوره؛ **تیمار پنجم:** مصرف عناصر پایه برمبنای نتایج تجزیه خاک + مصرف ۵۰ درصد پتاسیم مورد نیاز از منبع سولفات‌پتاسیم قبل از کاشت و۵۰ درصد باقیمانده از منبع سولفات‌پتاسیم محلول ساخت ایران حاوی کلات‌روی در دو تقسیط همزمان با مصرف سرک اوره. عناصر پایه براساس نتایج تجزیه خاک (در مکان یک شامل ۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار کود پتاسیم، ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار سوپرفسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار کود اوره قبل کاشت؛ در مکان دو پتاسیم و اوره مشابه مکان یک و سوپرفسفات تریپل ۷۵ کیلوگرم بر هکتار قبل کاشت)، سرک اوره ۱۲۰ کیلوگرم بر هکتار در دو مرحله اولین گره ساقه و ظهور خوشه در هر دو مکان استفاده گردید. مقدار پتاسیم مصرفی شامل ۱۲۵ کیلوگرم بر هکتار پتاسیم خالص از منابع سولفات‌پتاسیم (۵۰٪ اکسید پتاسیم)، کلورپتاسیم (۶۰٪ اکسیدپتاسیم)، سولوپتاس (۵۰٪ اکسیدپتاسیم) و سولفات پتاسیم محلول+Zn-EDTA (۵۰٪ اکسید پتاسیم و ۰/۶درصد Zn-EDTA) بودند که مطابق تیمارها مصرف شدند. عملیات آماده‌سازی بستر بذر شامل شخم، تسطیح، مرزبندی در مهرماه ۹۶ انجام شد. اندازه کرت‌ها چهار متر مربع و فواصل تکرارها دو متر درنظر گرفته شد. رقم مورد استفاده میهن با تراکم ۵۰۰ بذر بر متر مربع و میزان بذر ۱۸۰ کیلوگرم بر هکتار با استفاده از دستگاه خطی‌کار غلات کشت شد. آبیاری در پنج مرحله، پس از کشت، پنجه‌زدن، تولید اولین و دومین گره ساقه نیز ظهور خوشه انجام شد. برداشت بصورت کف‌بُر از سطح دو متر مربع به انجام رسید. پس از تعیین پارامترهای عملکرد، نمونه‌های مرکب خاک و گیاه تهیه و به آزمایشگاه ارسال شد. سپس تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی لازم بر روی خاک با استفاده از روش‌های متداول در مؤسسه تحقیقات خاک و آب انجام گرفت. مقدار پتاسیم قابل جذب آن‌ها به روش استات آمونیوم (۴)، نیتروژن به روش کجلدال و روی (Zn) به روش DTPA (۲۲) و با دستگاه جذب اتمی[1] اندازه‌گیری شدند. هضم گیاه به روش سوزاندن خشک[2] انجام و غلظت پتاسیم در کاه و دانه مطابق روش‌های استاندارد مؤسسه تحقیقات خاک و آب اندازه‌گیری شدند. کارایی زراعی کودهای پتاسیم از فرمول ذیل محاسبه گردید.

$$KUE = \frac{(Kf) - (Kc)}{R}$$

در این فرمول KUE کارایی زراعی کود بر حسب کیلوگرم بر کیلوگرم، K_f عملکرد در قطعه تیمار شده بر حسب کیلوگرم بر هکتار، K_C عملکرد در قطعه شاهد بر حسب کیلوگرم بر هکتار و R مقدار

1- Perkin ELEMER2380
2- Dry Ashing

www.SID.ir

Archive of SID

پتاسیم مصرفی بر حسب کیلوگرم بر هکتار بود. شاخص برداشت حاصل تقسیم عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار) بر عملکرد زیستی (کیلوگرم بر هکتار)، با واحد درصد می‌باشد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها برای صفات مختلف برای دو مکان با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ انجام گرفت. مقایسات میانگین تیمارها با استفاده از روش چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد، وزن هزاردانه و پروتئین دانه

نتایج نشان داد که میزان عملکرد دانه در مزرعه ۲ نسبت به مزرعه ۱، ۱۶/۴ درصد بیشتر بود (جدول ۳) که با توجه به یکسان بودن شرایط اقلیمی دو منطقه مطابق جدول ۱ این تفاوت محصول می‌تواند متأثر از تفاوت ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک دو منطقه باشد. براساس نتایج آزمون خاک در جدول ۲، مقدار پتاسیم و روی قابل جذب خاک در مزرعه ۱، کمتر از سطح‌بحرانی و در مزرعه ۲، بیشتر از سطح‌بحرانی بود که نشان می‌دهد حاصلخیزی خاک یکی از مهمترین عوامل تولید محصول در منطقه بوده است. بدین معنی که در مزرعه ۲ که وضعیت حاصلخیزی خاک در شرایط بهینه‌ای قرار داشته، میزان عملکرد دانه نسبت به مزرعه ۱، ۱۰۳۹ کیلوگرم بر هکتار بیشتر بوده است. اثرات تیمارهای مدیریت مصرف کودی بر عملکرد دانه در جدول ۳ نشان داد که مصرف سولفات‌پتاسیم قبل از کاشت (تیمار ۲) با مصرف سرک کلرورپتاسیم در دو نوبت (تیمار ۳) و مصرف سولوپتاس در دو نوبت (تیمار ۴) بر عملکرد دانه گندم، در هر دو مزرعه، اثرات تقریبا یکسانی داشته است ولیکن مصرف سولفات‌پتاسیم محلول حاوی کلات‌روی (تیمار ۵) موجب افزایش قابل توجه عملکرد دانه گندم به میزان ۳۹ درصد نسبت به تیمار شاهد در مزرعه ۱ و پنج درصد نسبت به تیمار شاهد در مزرعه ۲ شده است. نتایج تجزیه و تحلیل آماری طرح در جدول ۳ نشان داد که تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای بین دو مزرعه از نظر اثرات تیمارها وجود داشته است همچنان‌که در جدول مذکور مشاهده می‌گردد هیچکدام از تیمارها در مزرعه ۲ تأثیر معنی‌دار بر عملکرد دانه نداشته است. در مزرعه ۱، در تمامی تیمارها مصرف پتاسیم باعث افزایش عملکرد دانه گردید با این تفاوت که تیمارهای ۴ و ۵ در کلاس آماری بالاتری نسبت به تیمارهای ۲ و ۳ قرار داشتند. نتایج نشان داد که مصرف تقسیطی پتاسیم از منبع سولوپتاس هرچند باعث افزایش عملکرد دانه شد ولی تفاوتی نسبت به منبع کلرورپتاسیم نشان نداد. نکته قابل تعمق اینکه مصرف کود سولفات‌پتاسیم محلول حاوی کلات‌روی، میزان عملکرد محصول را بطور قابل توجهی نسبت به تیمار شاهد و حتی نسبت به تیمار سولوپتاس (تیمار ۴) در هر دو مزرعه (هشت درصد در مزرعه اول و چهار درصد در مزرعه دوم) افزایش داد. بدین معنی؛ مطابق جدول ۳ در حالی‌که کلاس آماری تیمارهای ۴ و ۵ در مزرعه ۲ در یک سطح قرار داشت، ولیکن در مزرعه ۱ شاهد ارتقا کلاس آماری bc در تیمار ۴ به ab در تیمار ۵ بوده و این مطلب ممکن است ناشی از اثرات مثبت توام عناصر پتاسیم و روی در رابطه با تولید محصول دانه گندم بوده و مصرف کلات‌روی به‌همراه پتاسیم توانسته باشد میزان اثربخشی آن را بر روی عملکرد دانه افزایش دهد. بنظر می‌رسد پتاسیم محلول خاک در اوایل کاشت تا پنجه‌زنی که نیاز گیاه به پتاسیم کم است، با مصرف نیمی از کود پتاسیم قبل از کاشت تأمین شده و سپس در مراحل حساس فنولوژیکی ساقه رفتن و ظهور سنبله، با مصرف سرک پتاسیم به‌همراه نیتروژن توانسته نقش مهمی در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصول داشته باشد. نتایج مذکور با نتایج عباس و همکاران (۱) و جان و همکاران (۱۸) مطابقت دارد

وزن هزاردانه در مزرعه ۲ بیشتر از مزرعه ۱ بود (جدول ۳). بیشترین وزن هزاردانه با مصرف سولفات‌پتاسیم محلول حاوی کلات‌روی (تیمار ۵) مشاهده شد. نتایج فوق در ارتباط با نقش پتاسیم بر وزن هزار دانه، عملکرد دانه، غلظت روی در دانه، غلظت پتاسیم دانه و میزان پروتئین دانه با نتایج بهمنیار و همکاران (۸) مطابقت داشت. میزان پروتئین دانه در مزرعه ۲ بیشتر از مزرعه ۱ بود که احتمالا ناشی از شرایط خوب خاک مزرعه (۲) از نظر کیفیت و سطح حاصلخیزی و تغذیه بهینه گیاه می‌باشد. کمترین میزان پروتئین دانه در تیمار شاهد و بیشترین مقدار با نه درصد افزایش با مصرف سولفات‌پتاسیم محلول حاوی کلات‌روی در تیمار ۵ بدست آمد (جدول ۳). افزایش مقدار پروتئین دانه، می‌تواند متأثر از اثرات مثبت پتاسیم و روی در تأمین نیاز غذایی گندم به این عناصر و در نتیجه بیوسنتز پروتئین دانه باشد. نتایج بدست آمده با تحقیقات وانگ و همکاران (۴۱) در کاربرد توام سرک پتاسیم و روی و همچنین نتایج تحقیقات رنجبر و همکاران (۳۰) در تأثیر کاربرد عنصر روی در افزایش غلظت روی در دانه، میزان پروتئین دانه، وزن هزاردانه و عملکرد دانه مطابقت دارد.

عملکرد زیستی، وزن کلش و شاخص برداشت

براساس نتایج بدست آمده عملکرد زیستی (مجموع وزن دانه و کاه و کلش) در مزرعه ۲ نسبت به مزرعه ۱، ۱۷ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). لیکن دامنه افزایش عملکرد در مزرعه ۱ که خاک از نظر حاصلخیزی در سطح ضعیف‌تری قرار داشت، با تأمین پتاسیم مورد نیاز گیاه بیشتر از دامنه افزایش مزرعه ۲ بود. بطوری‌که بیشترین عملکرد زیستی در مزرعه ۱ با مصرف سولفات‌پتاسیم محلول حاوی کلات‌روی (تیمار ۵) با ۲۱/۵ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد بدست آمد. وزن کلش در مزرعه ۲ نسبت به مزرعه ۱، ۱۶/۸ درصد

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش داشت که معادل ۱۴۱۰ کیلوگرم بر هکتار بود، نتایج فوق با نتایج مطالعات سوئینی و همکاران مطابقت دارد (۳۸). هیچکدام از تیمارها در مزرعه ۲ تأثیری بر وزن کلش نداشته و همگی در یک کلاس آماری قرار گرفتند که به احتمال قوی ناشی از غلظت بهینه پتاسیم قابل‌جذب بومی خاک است. در مزرعه ۱ تأثیر کاربرد هر یک از تیمارهای کودی بر افزایش وزن کلش مثبت و یکسان مشاهده شد.

براساس نتایج بدست آمده مقادیر شاخص برداشت در هر دو مزرعه معادل ۰/۴۳ درصد بود که بیشترین میزان آن مربوط به تیمار مصرف پتاسیم همراه کلات‌روی (تیمار ۵) بود که نسبت به تیمار شاهد هفت درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). در نبود پتاسیم میزان انتقال ماده خشک از ساقه و اندام‌های بوته گندم به دانه کاهش یافته و این روند در نهایت موجب شده وزن کل بوته نسبت به وزن دانه افزایش بیشتری داشته و موجب کاهش شاخص برداشت شود. افزایش شاخص برداشت در نتیجه اعمال تیمارهای کودی بیانگر نقش مهم عناصر پتاسیم و روی در افزایش بیشتر عملکرد دانه نسبت به وزن کلش بود. نتیجه مذکور موید این مطلب است که هر چه میزان پتاسیم و روی قابل جذب خاک کمتر باشد، تأثیر مصرف منابع کودی محتوی این دو عنصر در افزایش عملکرد دانه نسبت به وزن کلش بیشتر است.

غلظت و جذب پتاسیم و روی در دانه و کلش و کل گیاه

نتایج بدست آمده طبق جدول ۳ نشان داد که غلظت پتاسیم دانه و کلش در مزرعه ۲ نسبت به مزرعه ۱ به ترتیب میزان شش و هشت درصد افزایش داشت که مربوط به حاصلخیزی خاک مزرعه ۲ بود. برداشت پتاسیم توسط دانه در مقایسه با کاه بسیار کمتر است ولی از آنجا که عموما کلش گندم بعد از برداشت به‌منظور مصارف دام و غیره از مزرعه خارج می‌شود، عدم مصرف کودهای پتاسیمی سبب تخلیه پتاسیم خاک گردیده و این امر سبب بروز کمبود پتاسیم در گیاه و در نهایت کاهش عملکرد آن می‌گردد (۲۷). در هر دو مزرعه بیشترین غلظت و جذب پتاسیم دانه و کلش با مصرف سولفات‌پتاسیم محلول حاوی کلات‌روی (تیمار۵) بدست آمد که می‌تواند به‌دلیل حلالیت زیاد و سهولت جذب پتاسیم محلول این کود و اثرات مثبت پتاسیم و روی موجود در ذرات کودی باشد که نشان از قابلیت جذب متفاوت منابع مختلف کودی تیمارها دارد (جدول ۳). نتایج مشابهی در رابطه با میزان جذب پتاسیم بدست آمد. بطوریکه مقادیر افزایش جذب برای دانه و کلش (جذب کل پتاسیم) در مزرعه ۱ و مزرعه ۲ به ترتیب معادل ۳۴ و ۱۸ درصد نشان داد. با توجه به آزمون خاک در جدول۲، این اختلاف‌ها می‌تواند ناشی از تفاوت‌های ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک به‌ویژه از نظر پتاسیم و روی قابل‌جذب خاک دو مزرعه باشد. (ابتدا جذب پتاسیم دانه گزارش شده بود الان جذب کل محاسبه گردید)

با توجه به میزان برداشت ۱۵۰ گرم روی در هر هکتار توسط محصول گندم به ازای تولید ۳ تن دانه و ۳/۵ تن کلش در هر هکتار در طول یک فصل زراعی به گزارش هاولین و همکاران (۱۶) و همچنین مشاهده میزان روی خاک در مزرعه‌های۱ و ۲، طبق جدول ۲ و قابلیت خاک برای آزادسازی عناصر غذایی و میزان تثبیت عناصر غذایی در خاک‌های زراعی، مصرف هر ساله کودهای ریزمغذی بالاخص روی با توجه به نقش آن در بهبود کیفیت دانه گندم و افزایش سطح سلامت جامعه در اراضی زراعی ضروری بنظر می‌رسد. براساس نتایج بدست آمده مطابق جدول ۳، غلظت روی دانه در مزرعه ۱ با مصرف کود سولفات‌پتاسیم محلول حاوی کلات‌روی، به میزان ۳۴ درصد افزایش نشان داد و این افزایش در مزرعه ۲ در تیمار مشابه ۲۳ درصد بود که این مطلب مبین این نکته است که کود سولفات‌پتاسیم محلول حاوی کلات‌روی توانسته است اثربخشی مناسبی در جبران کمبود میزان روی خاک داشته است. در تیمار پنج غلظت روی دانه در هر دو مزرعه، در بهترین کلاس آماری قرار گرفت و اثربخشی روی در مزرعه ۱ که میزان روی خاک کمتر از سطح بحرانی بود، بیشتر از مزرعه ۲ بود. براساس نتایج بدست آمده میزان جذب عنصر روی از خاک برای به حد کفایت رساندن غلظت روی دانه در هر دو مزرعه افزایش داشته که موارد فوق با نتایج سلیمان (۳۶) در بهبود کیفیت دانه گندم مطابقت دارد.

کارایی کود پتاسیم در دانه و کل گیاه

بیشترین میانگین کارایی پتاسیم در دانه در مزرعه ۱، ۸/۳۵ کیلوگرم بر کیلوگرم و در مزرعه ۲، ۱/۵۱ کیلوگرم بر کیلوگرم بود (جدول ۳). خاک مزرعه ۲ با کمبود پتاسیم مواجه نبوده؛ بنابراین کم بودن کارایی کود پتاسیم در مزرعه ۲ در مقایسه با مزرعه دیگر کاملا منطقی و قابل پیش‌بینی است. بیشتر بودن کارایی پتاسیم در مزرعه ۱ علی‌رغم کمتر بودن مقدار پتاسیم قابل جذب خاک به احتمال زیاد به روابط شدت— کمیت پتاسیم خاک در دو مزرعه ارتباط دارد. خاک مزرعه ۱ با ۲۲درصد رس، دارای بافت لوم رسی شنی و خاک مزرعه زیوه با ۴۲ درصد رس دارای بافت رسی بود. هر چند خاک‌های رسی نسبت به خاک‌های شنی دارای کمیت پتاسیم بیشتری هستند ولی میزان شدت پتاسیم که بیانگر غلظت پتاسیم محلول خاک است، در شرایط مشابه نسبت به خاک‌های با بافت سبک کمتر است. از این‌رو میزان جذب پتاسیم و در نتیجه میزان کارایی آن در مزرعه ۱ با بافت سبک نسبت به مزرعه ۲ بطور قابل توجهی بیشتر بود (شکل ۵). میزان کارایی پتاسیم دانه در کرت‌هایی که کود پتاسیمی دریافت کرده بودند در محدوده ۸/۳۵-۰/۲۱ کیلوگرم بر کیلوگرم بودند. در تمامی کرت‌هایی که کود پتاسیمی مصرف شد مقدار کارایی پتاسیم در دانه افزایش یافت ولی مقدار افزایش آن یکسان نبود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده در گندم پاییزه (آذربایجان‌غربی، ۹۷-۱۳۹۶)

Table 3- Mean comparison of measured characteristics in winter wheat(West Azarbayjan, 2017-18)

موقعیت Location	تیمارها Treatment	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	وزن هزاردانه Kernel weight (gr)	پروتئین دانه Protein con. Grain (%)	وزن کلش Straw weight ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد زیستی Bio.Yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت Harvest Index (%)	غلظت پتاسیم دانه K conc.(grain) (%)	غلظت پتاسیم کلش Kconc.(straw) (%)
مزرعه یک Field 1	T_1 تیمار اول	5122 d	37 g	12.69 e	7447 c	12570 d	0.41 d	0.39 d	1.14 f
	T_2 تیمار دوم	6390 c	41 f	13.18 d	8215 b	14605 c	0.44 b	0.42 cd	1.22 e
	T_3 تیمار سوم	6412 c	42.3 e	13.27 cd	8562 b	14975 c	0.43 c	0.46 bc	1.27 d
	T_4 تیمار چهارم	6580 bc	43 de	13.33 bcd	8702 b	15282 bc	0.43 c	0.49 b	1.34 c
	T_5 تیمار پنجم	7125 ab	44.8 b	13.83 bc	8940 b	16065 b	0.44 a	0.49 b	1.41 a
مزرعه دو Field 2	T_1 تیمار اول	7255 a	43.5 cd	13.41 bcd	9710 a	16965 a	0.43 c	0.45 bc	1.28 d
	T_2 تیمار دوم	7335 a	43.5 cd	13.44 bc	9820 a	17155 a	0.43 c	0.46 bc	1.35 bc
	T_3 تیمار سوم	7315 a	44.5 bc	13.52 bc	9647 a	16962 a	0.43 c	0.47 bc	1.39 ab
	T_4 تیمار چهارم	7315 a	45 b	13.55 b	9730 a	17045 a	0.43 c	0.49 b	1.41 a
	T_5 تیمار پنجم	7607 a	45.5 a	13.83 a	1007 a	17615 a	0.43 c	0.56 a	1.44 a

Table 3. Continued

موقعیت Location	تیمارها Treatment	جذب پتاسیم دانه K uptake grain ($kg.ha^{-1}$)	جذب پتاسیم کلش K uptake straw ($kg.ha^{-1}$)	جذب کل پتاسیم Total uptake ($kg.ha^{-1}$)	کارایی پتاسیم دانه K use effeciency grain ($kg.kg^{-1}$)	کارایی پتاسیم کلش K use effeciency straw ($kg.kg^{-1}$)	جذب روی دانه Zn uptake grain ($kg.ha^{-1}$)	جذب روی کلش Zn uptake straw ($kg.ha^{-1}$)
مزرعه یک Field 1	T_1 تیمار اول	19.56 e	84.54 g	104.1 h	0	0	24.62 c	3.54 c
	T_2 تیمار دوم	27.49 d	99.73 f	127.2 g	5.05 c	3.07 d	–	–
	T_3 تیمار سوم	28.36 d	108.91 e	137.3 f	5.85 c	4.46 c	–	–
	T_4 تیمار چهارم	31.43 c	116.57 d	147.9 e	6.29 b	5.02 ab	–	–
	T_5 تیمار پنجم	34.27 b	124.80 c	159.1 cd	8.38 a	5.97 ab	33.11 a	8.97 b
مزرعه دو Field 2	T_1 تیمار اول	31.03 c	124.27 c	155.3 de	0	0	28.03 b	8.54 b
	T_2 تیمار دوم	32.81 bc	132.80 b	165.6 bc	0.21 d	0.32 e	–	–
	T_3 تیمار سوم	33.68 bc	134.38 b	168.1 b	0.23 d	0.34 e	–	–
	T_4 تیمار چهارم	35.08 b	138.59 b	173.7 b	0.25 d	1.44 de	–	–
	T_5 تیمار پنجم	38.36 a	145.96 a	184.3 a	1.51 c	2.36 cd	34.66 a	16.58 a

www.SID.ir

Archive of SID

بیشترین میزان کارایی، با مصرف سولفات‌پتاسیم محلول حاوی کلات‌روی در هر دو مزرعه بدست آمد. هر چند مصرف سایر منابع کودی طرح، میزان کارایی پتاسیم را افزایش داد ولی نسبت به تیمار ۵ بسیار کمتر بود. استفاده از منبع سولفات‌پتاسیم محلول بصورت تقسیطی در مراحل تولید اولین گره ساقه و ظهور خوشه نیز میزان کارایی پتاسیم را نسبت به تیمارهای ۲ و ۳ افزایش داد ولی مقدار تأثیر آن کمتر از تیمار ۵ بود. نتایج مذکور مؤید این مطلب است که اولا در اراضی دارای بافت سبک ضرورت دارد که مصرف پتاسیم در گندم پاییزه بصورت تقسیطی، متناسب با مراحل رشد فنولوژیک گندم به انجام برسد.

ثانیا مصرف یکباره پتاسیم قبل از کاشت نه تنها موجب کاهش کارایی مصرف کود شده بلکه تأثیر آن بر عملکرد محصول نیز کاهش یافته و هزینه‌های تولید را افزایش می‌دهد. موارد فوق با نتایج تحقیقات ملکوتی و همکاران (۲۶) و آلکوز و همکاران (۵) در ارتباط با افزایش کارایی کودها در مصرف تقسیطی کود مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد در مزرعه اول که میزان پتاسیم قابل‌جذب خاک کمتر از سطح‌بحرانی (۱۲۵ $mg.kg^{-1}$) در خاک بود، با اعمال مصرف سرک کلرورپتاسیم در دو تقسیط همزمان با مصرف سرک اوره، عملکرد هکتاری گندم ۱۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار نسبت به تیمار شاهد، افزایش نشان داد. درحالی‌که مصرف کود سولفات پتاسیم محلول حاوی کلات روی در دو تقسیط همزمان با مصرف سرک اوره در دو مرحله، به نوبه خود، افزایش ۱۱ درصدی عملکرد را حتی نسبت به تیمار سوم سبب شد که این امر بیانگر ارجحیت مصرف سولفات‌پتاسیم محلول حاوی کلات روی نسبت به کود کلرورپتاسیم بود. در مزرعه دوم که میزان پتاسیم قابل‌جذب خاک بیشتر از سطح‌بحرانی (۴۱۲ $mg.kg^{-1}$) در خاک بود، این افزایش معنی‌دار نگردید.

کارایی پتاسیم در گیاه بسته به نوع منبع و زمان مصرف آن متغیر بوده و در محدوده ۸/۰۱ – ۰/۲۱ درصد بدست آمد و مصرف تقسیطی پتاسیم همزمان با مصرف کود اوره در مراحل تولید اولین گره ساقه و ظهور خوشه نسبت به مصرف یکباره آن در مرحله قبل از کشت ضمن تأثیر معنی‌دار بر عملکرد و پروتئین دانه، کارایی پتاسیم را بطور قابل توجهی افزایش می‌دهد. در بررسی کارایی کودها، براساس نتایج ارائه گردیده، مصرف سرک سولفات‌پتاسیم محلول حاوی کلات‌روی، افزایش ۶۰ درصدی کارایی کود را نسبت به مصرف سرک کلرورپتاسیم نشان داد که این امر، بازخورد مثبت مصرف سرک کود سولفات‌پتاسیم محلول حاوی کلات‌روی در افزایش کارایی کود، علاوه بر تأثیر آن در افزایش عملکرد هکتاری گندم، را دوچندان می‌کند. از طرف دیگر در این آزمایش ارجحیت مصرف سولفات‌پتاسیم حاوی کلات‌روی بر سولفات پتاسیم محلول مشخص گردید که عمدتا به دلیل داشتن روی قابل استفاده در زمان گلدهی بود. نتایج بیانگر این واقعیت است که دو عنصر پتاسیم و روی دارای اثرات متقابل مثبت بوده و همراهی عنصر روی با پتاسیم در مصرف تقسیطی تأثیر بیشتری بر افزایش عملکرد کمی و کیفی محصول می‌گذارد. از این‌رو، پیشنهاد می‌نماید به منظور افزایش عملکرد دانه، شاخص برداشت، پروتئین دانه، غنی‌سازی دانه با عناصر پتاسیم و روی نیز ارتقاء میزان کارایی پتاسیم در گندم پائیزه، در اراضی مواجه با کمبود پتاسیم نسبت به مصرف سولفات پتاسیم محتوی کلات Zn-EDTA به جای مصرف یکباره سولفات پتاسیم در قبل از کشت اقدام نمود. تحقیقات بعدی باید در زمینه مقایسه روش‌های مصرف پتاسیم و روی در مراحل مختلف فنولوژیکی رشد گندم تداوم یابد.

قدردانی

سپاس بیکران پروردگار یکتا را که هستی‌مان بخشید و به طریق علم و دانش رهنمون‌مان شد و تشکر صمیمانه از جناب آقای مهندس سید حمید حیدری که با راهنمایی‌های بی دریغ‌شان همواره یاری‌بخش من در مراحل تحصیل و زندگی بوده‌اند.

منابع

1- Abbas G., Khattak J.Z.K., Abbas G., Ishaque M., Aslam M., Abbas Z., Amer M., and Khokhar M.B. 2013. Profit maximizing level of potassium fertilizer in wheat production under arid environment. Pak. J. Bot, 45(3): 961-965.
2- Ahmadi K., Gholizadeh H., Ebadzadeh H., Husein pour R., Abdeshah H., Kazemiam A., and Rafiee M. 2016. Agricultural statistics in crop, 2015-16. Tehran Ministry of Agriculture. Deputy Director of Economic Planning and Economic Development. Information and Communication Center 2016.
3- Alam M.R., Ali M.A., Molla M.S.H., Momin M.A., and Mannan M.A. 2009. Evaluation of different levels of potassium on the yield and protein content of wheat in the high Ganges river floodplain soil. Bangladesh Journal of Agricultural Research 341: 97-104.
4- Ali Ehyaei M., and Behbahani-zadeh A. 1993. Descriptions of methods for soil chemical analysis. first volume. No. 893. Soil and Water Research Institute, Tehran, Iran.
5- Alcoz M.N., Hons F.M., and Haby V.A. 1993. Nitrogen Fertilization, Timing Effect on Wheat Production, Nitrogen Uptake Effeciency and Residual Soil Nitrogen. Agron. J., 85: 1198-1203.

www.SID.ir

Archive of SID

6- Alderfasi A.A., and Refay Y.A. 2010. Integrated use of potassium fertilizer and water schedules on growth and yield of two wheat genotypes under arid environment in Saudi Arabia 1-Effect on growth characters. American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci, 9(3): 239-247.
7- Arshadullah M., Ali A., Hyder S.I., and Mahmood I.A. 2015. Effect of K_2SO_4 and KNO_3 Foliar Application on Wheat Growth. Biological Sciences-PJSIR, 581: 19-22.
8- Bahmanyar M.A., and Ranjbar G.A. 2008. The Role of Potassium in Improving Growth Indices and Increasing. Journal of Applied Sciences 8(7): 1280-1285.
9- Bahrami B. 2018. Efficiency of Consumption of Potassium and Zinc Fertilizers on Potassium Performance and Efficiency in Two Soils with Different Potassium in Kermanshah Province. Iran. Soil Sci. Department, Tarbiat Modares University. Tehran, Iran. (In Persian with English abstract)
10- Bar-Tal A., Yermiyahu U., Beraud J., Keinan M., Rosenberg R., Zohar D., Rosen V., and Fine P. 2004. Nitrogen, phosphorus, and potassium uptake by wheat and their distribution in soil following successive, annual compost applications. J. Environ .Qual. 33: 1855-1865.
11- Blevins D.G. 1985. Role of potassium in protein metabolism in plants. In: R.D Munson, editor, Potassium in agriculture. ASA, CSSA, and SSSA, Madison WI. p. 413–424.
12- Emami A. 1996. Plant decomposition methods. First volume. Publication No. 982. Soil and Water Research Institute. Tehran. Iran.
13- FAO, 2016. FAO cereal supply and demand brief. Food and agriculture organization of the United Nations. URL. http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en/ (Accessed 16.09.2016).
14- Gaj R., Górski D., and Przybyl J. 2013. Effect of differentiated phosphorus and potassium fertilization on winter wheat yield and quality. Journal of Elementology 18(1).
15- Hamidi M. 2017. The role of functional increase and efficiency of potassium fertilizers in two soils with different levels of potassium in Mazandaran province. Iran. Soil Sci. Department, Tarbiat Modares University. Tehran, Iran. (In Persian with English abstract)
16- Havlin J.L., Beaton J.D., Tisdale S.L., and Nelson W.L. 2004. Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management. 7th eds. Pearson and prentice-Hall Upper Saddle River. New Jersaey, USA.515p.
17- Ismail Zadeh Moghadam M., Amini A., Pirayesh far B., Khodarahmi M., Mehrvar M., Najafi Mirak T., Najafian G., Yazdan Sepas A., Eskandari A., Rostaei M., Valizadeh Gh., Asadi Rahmani E., Khademi Z., Khavazi K., Khogar Z., Rashidi N., Sedri M.H., Sa'dat S., Samawat S., Shahabi A., Tehrani M.M., Gheibi M.N., Feyzi Asl V., Keshavarz P., Moshiri F., Rahimian M.H., Ranjbar M.H., Hashemi Nejad Y., Amir Ma'ani M., Tanha Moafi Z., Heidari A., Rezabeigi M., Rezapur R., Farzadfar R., Kazemi E., Mohammadpour A., Marouf A., Momeni H., Minbashi M., Ashrafizadeh S.R., Amir Shaghaghi R., Afzalinia P., Taki A., Javadi A., Sharifi A., Sadegh nejad H.R., Safari M., Gerami K., Mostofi M.R., Younesi al-Moti M., Osrush S., Zareyan A., Afshar A.H., Mohammadi M., and Naseri Maleki Z. 2014. Guide for wheat (planting, harvesting, harvesting). Agriculture education publication, 426 pages– Karaj. Iran.
18- Jan M.T., Khan M.J., Ullah F., Arif M., Afridi M.Z., Khan A., and Akbar H. 2012. Integrated management of crop residue and N fertilizer for wheat production. Pak. J. Bot ,.44(6): 2015-2019.
19- Keram K.S., Sharma B.L., Sharma G.D., and Thakur R.K. 2013. Impact of zinc application on its translocation into various plant parts of wheat and its effect on chemical composition and quality of grain. Scientific Research and Essays 8(45): 2218-2226.
20- Laegrid M., Backman OC., and Kaarstad O. 1999. Agriculture fertilizer and the envoirment. Norskhydro ASA. CABI Publishing, Norway.
21- Liang X.F., and Yu Z.W. 2004. Effect of potassium application stage on photosynthetic characteristics of winter wheat flag leaves and on starch accumulation in wheat grains. (In Chinese with English abstract.) Chin. J .Appl. Ecol. 18: 1349–1352.
22- Lindsay W.L., and Norvell W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Science Society of America Journal 42(3): 421-428.
23- Lu Q., Jia D., Zhang Y., Dai X., and He M. 2014. Split application of potassium improves yield and end-use quality of winter wheat. Agronomy Journal 106(4): 1411-1419.
24- Moshiri F., Shahabi A., Keshavarz P., Asadi H., Samavat S., and Tehrani M. 2014. Integrated Management Guidelines for Soil Management and Nutrition of Wheat.
25- Majidi A., and Malakouti M.J. 1998. The effects and sources of Zn fertilizers on yield and enrichment. Scientific and Research Journal of Soil and Water Research Institute, No. 123, No.
26- Malakouti M.J., Shahabi A., and Bazarghan K. 2016. Potassium in agriculture: Role of potassium in safe agricultural productions. Second Publish. Morvarid Aras Baran Company, 364 pages, Mobalegan Publishers.
27- Malakouti M.J. 2018. Optimum use of fertilizers for the production of healthy crops: Determining the amount, type and timing of fertilizer use to achieve relative self-sufficiency, food security and increased incomes of the Kaisers. Fourth edition with overall revision. House of Farmer, No. 104, Mobalegan Publishers.

www.SID.ir

Archive of SID

28- Marschner H., Kirkby E., and Cakmak J. 1996. Effect of mineral nutritional status on shoot-root partitioning of photo assimilates and cycling of mineral nutrients. J. Exp. Bott., 47: 1255-1263.
29- Pettigrew W.T. 2008. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. Physiologia Plantarum 133(4): 670-681.
30- Ranjbar G.A., and Bahmaniar M.A. 2007. Effects of soil and foliar application of Zn fertilizer on yield and growth characteristics of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Asian J. Plant Sci, 6(6): 1000-1005.
31- Rice R. 2007. The physiological role of minerals in the plant. 9-30. In: Mineral nutrition and plant disease. APS, Minnesota, USA, 278 pp.
32- Rishi M., Singh Lal C., Prasad M., Abdin Z., and Arun K. 2007. Combining ability analysis for grain filling duration and yield traits in spring wheat (*Triticum aestivum* L. em. Thell.). Genet. Mol. Biol. 302: 411-416.
33- Römheld V., and Kirkby E.A. 2010. Research on potassium in agriculture: Needs and prospects. Plant Soil 335: 155–180.
34- Savaghebi Gh., Malakouti M.J., and Moez A. 2000. The interaction of potassium and zinc on the concentration and absorption of nutrients in wheat.
35- Simonsson M., Hillier S., and Oborn I. 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.
36- Solayman M. 2017. The role of different sources of zinc fertilizers on wheat yield and increasing its efficiency on the farm land of Solaimaniyah Province, Iran. Soil Sci. Department, Tarbiat Modares University. Tehran, Iran (In Persian with English abstract)
37- Sparks D.L. 2000. Bioavailability of soil potassium, Pp: 38 -52. In M.E. Sumner (ed.) Handbook of Soil Science, CRC Press, Boca Raton, FL.
38- Sweeney D.W., Granada G.V., Everomey M.G., and Whitney D.A. 2000. Phosphorus, Pota Chloride and fungicide effect on wheat yield an rust severity. J. Plant Nutr., 23(9): 1267-1281.
39- Szczepaniak W. 2004.The response of crops to potassium fertilization. Journal of Elementol 9(4): 57-66.
40- Wajiha A., Mohammad A., Shaukat A., Shahid F., Zahed M., and Umer R. 2010-2011. Effect of oxognously applied Zn on the growth, yield, chlorophyll contents and nutrient accumulation in wheat Line L-5066 IJCBS, 5(2014): 11-15.
41- Wang Sh., Li M., Liu K., Tian X., Li Sh., Chen Y., and Jia Zh. 2017. Effects of Zn macronutrients and their interactions through foliar applications on winter wheat grain nutritional quality. PLoSONE 12(7): e0181276. https://do i.org/10.1371/journal.
42- Wakeel A., Gul M., and Zorb Ch. 2016. Potassium for sustainable agriculture. Pp:159-192. Hakeem et al. (Eds). Soil sience: Agricultural and Envirronmental Prospective. Springer International Publishing.
43- Welch RM. 2003. Farming for nutritious foods: Agricultural technologies for improved human health. IFA-FAO Agricultural Conference on Global Food Security and the Role of Sustainable Fertilization. Rome, Italy.

www.SID.ir

Journal of Water and Soil
Vol. 33, No. 4, Sep-Oct. 2019, p. 635-645

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۸، ص. ۶۴۵-۶۳۵

Effect of Potassium Fertilizers Management on Some Quantitative and Qualitative Characteristics of Wheat

M.J. Malakouti[1]- A. Majidi[2]- S. Afra[3]*

Received: 15–04-2019
Accepted: 17-09-2019

Introduction: Among growth factors, proper nutrition plays an important role in increasing yield and the quality of wheat grain. Wheat in most human societies is a strategic product and the main supplier of protein and calories needed by communities. Among growth factors, proper nutrition plays an important role in increasing yield and the quality of wheat grain. Potassium (K) is the most abundant cation in the cytoplasm of the plant and plays an important role in plant physiological functions. Its deficiency reduces the qualitative and quantitative yield of crops. It is an essential component in the basic stages of protein biosynthesis. Its deficiency results in a decrease in wheat protein. The results showed that a small amount of potassium was needed in the establishment and wintering stages of wheat and it was highly required at the later stages of plant growth and the plant requirement reached its maximum in flowering stage. This illustrates the importance of taking potassium partition. Among the low nutrient elements, Zinc (Zn) is the most important element that is clearly deficient in calcareous soils. Zinc is essential for enzymatic activities and increases the protein, carbohydrate and gluten of wheat grains.

Materials and Methods: In order to investigate the effect of different sources of potassium (K) fertilizers management on some qualitative and quantitative characteristics of wheat, two experiments were conducted in two fields with lower and higher critical level of K (K_{ava}=125 and K_{ava}= 412mg kg^{-1}) in a randomized complete block design with five treatments and four replications in West Azarbayjan province in 2017-18. Treatments were as follows: T_1 = control (use of all essential nutrients based on soil test except K-fertilizer) ; T_2 = T_1 + whole sulfate of potassium (SOP) before planting; T_3 = T_1 + consumption of 50% K from (SOP) before planting and 50% from muriate of potassium (MOP) in two topdressing; T_4 = T_1 + consumption of 50% K from SOP before planting and 50% from soluble sulfate of potassium (SSOP) in two topdressing; T_5 = T_1 + consumption of 50% K from SOP before planting and 50% from SSOP + Zn-EDTA in two topdressing periods during the first stem elongation and wheat heading. Basal elements based on soil analysis results were as follows: at site one, containing 250 kg ha^{-1} potassium fertilizer, 150 kg ha^{-1} triple superphosphate and 100 kg ha^{-1} pre-planting urea fertilizer, and at site two potassium and urea similar to site one and 75 kg ha^{-1} triple phosphate. Topdressing 120 kg urea ha^{-1} was used in two stages i.e. the first stem node and the emergence of cluster at both locations. The size of the plots was 4 m^2 and the interval was 2 m. Mihan cultivar was planted at a density of 500 seeds m^{-2} and 180 kg ha^{-1} using a linear grain harvesting machine. After determination of yield parameters, soil and plant composite samples were prepared and taken to the laboratory. Physical and chemical analysis of soil was performed using conventional methods at the Soil and Water Research Institute. Statistical analysis of data for different traits at two locations was performed using SAS statistical software version 9.1. Mean comparisons were undertaken using Duncan's multiple range test at the 5% level of probability.

Results and Discussion: The results of this study revealed that in the field (1), K-fertilizers increased grain yield and protein content. In this field, T5 was the best treatment in comparison with the other treatments. Split application of SSOP+Zn-EDTA was the best treatment and increased potassium fertilizer efficiency (KUE). Topdressing of SSOP+Zn-EDTA compared to other K-fertilizers, due to having available K and Zn, increased the kernel, grain yield, grain protein, straw weight and Zn content. While KUE in T2 was 5 kg kg^{-1}, it became 6 kg kg^{-1} in T3 and T4 , and increased up to 8 kg kg^{-1} in T5. However, in the field (2) due to its higher content of available K, application of K-fertilizers had no significant effects in all treatments. In the field (1), applying the optimum amount of fertilizer (T3), increased wheat yield by 1300 kg ha^{-1} compared to the control treatment. However, T5 increased the yield and fertilizer efficiency by 11% and 60%, respectively, even with respect to T3.

1 and 3- Professor and Graduate of Soil Science Fertility Management and Biotechnology, Soil Chemistry and Plant Nutrition, Faculty of Soil Science, Tarbiat Modares University, Tehran
(*- Corresponding Author Email: sima.acer@yahoo.com)
2- Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Agricultural Research and Education Center of West Azerbaijan

www.SID.ir

Archive of SID

Therefore, split application of K-fertilizers should be conducted based on the soil analysis result.

Conclusion: Topdressing of soluble sulfate potassium +Zn-EDTA compared to other K-fertilizers, due to having available K, Zn and SO_4, increased grain yield, protein, straw weight and Zn content, and fertilizer efficiency.

Keywords: Fertilizer use efficiency, Grain protein, Grain yield, Potassium (K), SSOP+Zn-EDTA

www.SID.ir