

## اثر سطوح مختلف سولفات پتاسیم بر صفات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه ارقام گندم دیم

رامین لطفی<sup>۱\*</sup>، امین عباسی<sup>۲</sup>، ایرج اسکندری<sup>۱</sup>، وحید صدقیه<sup>۳</sup>، هادی خرسندی<sup>۱</sup>

۱-موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران

۲-گروه مهندسی ژنتیک و تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

۳-جهاد کشاورزی شهرستان مراغه، استان آذربایجان شرقی، مراغه، ایران

### چکیده

پتاسیم به عنوان عنصر کلیدی در شرایط تنش های محیطی، نقش اساسی در رشد و نمو گیاهان دارد. جذب این عنصر در شرایط کمبود آب خاک کاهش می یابد. با توجه به اهمیت عنصر پتاسیم در گذر گیاهان از شرایط تنش رطوبتی این پژوهش با هدف ارزیابی تاثیر سولفات پتاسیم (شاهد، ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) بر تغییرات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه ارقام مختلف گندم (باران، هما و هشتروند) در شرایط دیم سردسیر به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی در ۳ تکرار طی سال های ۹۷-۹۶ و ۹۸-۹۷ انجام شد. بر اساس نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر می توان چنین اذعان نمود که با کاربرد سولفات پتاسیم تجمع عنصر پتاسیم در همه ارقام مورد بررسی به صورت معنی داری افزایش یافت و بیشترین میزان تجمع این عنصر در رقم هشتروند ثبت گردید. محتوای رطوبت نسبی، میزان کلروفیل و شاخص نرمال شده سبزینگی رقم هشتروند از ارقام دیگر مورد بررسی بیشتر بود. از طرفی، با کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم محتوای رطوبت نسبی و شاخص کلروفیل برگ و تبادلات روزنه برگ، حداکثر کارایی فتوشیمیایی PSII و کارایی فتوسنتزی برگ افزایش معنی داری نشان دادند. بیشترین میزان وزن هزار دانه در رقم هما و بیشترین تعداد دانه در متر مربع در رقم هشتروند مشاهده شد. به عنوان نتیجه نهایی می توان چنین اظهار نمود که علی رغم حد کفایت عنصر پتاسیم در خاک های مورد مطالعه، تیمار کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم سبب افزایش میزان تجمع عنصر پتاسیم برگ و به دنبال آن بهبود برخی از صفات مورد مطالعه و نهایتاً افزایش عملکرد دانه گردید.

**واژه های کلیدی:** گندم دیم، کود پتاسیم، مقاومت به خشکی، فتوسنتز

## مقدمه

ایران با متوسط بارندگی ۲۴۰ میلی‌متر در سال در زمره مناطق خشک و نیمه خشک جهان قرار دارد. در مناطق دیم، دما و بارش تا مرحله گلدهی برای گندم مناسب است و در مراحل زایشی گیاهان در معرض تنش گرما و کمبود آب قرار می‌گیرند (Ahmadi and Judi, 2007; Acosta *et al.*, 2008; Abeledo *et al.*, 2008). حداکثر مصرف آب و تعرق گندم در مرحله سنبله رفتن و شروع تشکیل دانه است و کمبود آب در این مرحله همراه با خشکی اتمسفر و درجه حرارت بالا باعث عدم تعادل گردش آب در گیاه می‌گردد (نور محمدی و همکاران، ۱۳۷۵). تنش کمبود آب بر جذب عناصر غذایی موثر بوده و رشد و عملکرد کمی و کیفی را نیز متاثر می‌سازد.

از مهمترین پارامترهای فیزیولوژیکی مرتبط با تنش خشکی می‌توان به تبادلات گازی و فتوسنتز اشاره کرد. تنش خشکی در شدت‌های ملایم فعالیت روزنه‌ها را تغییر داده و در شدت‌های بالا تغییرات متابولیکی و ساختاری در گیاهان ایجاد می‌کند (Kalaji *et al.*, 2016). ارزیابی عملکرد دانه گیاهان زراعی تحت شرایط بروز تنش خشکی همواره به عنوان مهمترین شاخص در برنامه‌های اصلاحی استفاده می‌گردد، اما برای شناسایی ارقام مقاوم از صفات مختلف فیزیولوژیکی به عنوان شاخص‌گزینی مناسب استفاده می‌گردد. ارزیابی پارامترهای مهم فلورسانس کلروفیل روش مناسبی برای بررسی واکنش گیاهان به تنش خشکی است (Guha *et al.*, 2013). ژنوتیپ‌های مقاوم و حساس به تنش خشکی در فعالیت فتوسیستم II

تفاوت عمل می‌کنند (Kalaji *et al.*, 2016). ارقام مقاوم به خشکی با وجود هدایت روزنه ای و تعرق بیشتر محتوای نسبی آب بیشتری داشتند. محتوای نسبی آب یکی از پارامترهای فیزیولوژیکی مهم است که همبستگی خوبی با مقاومت به خشکی دارد (Colom and Vazzana, 2003). پایداری کلروفیل به عنوان معیاری برای ارزیابی مقاومت به خشکی ارقام شناسایی شده است (Lotfi *et al.*, 2015).

تغذیه صحیح گیاه یکی از عوامل مهم در بهبود کمی و کیفی محصولات است (تدین و رستگار، ۱۳۸۳). پتاسیم به عنوان عنصر کیفیت در گیاهان مطرح بوده و جزو عناصر ضروری به شمار می‌آید. پتاسیم در ایجاد فشار آماس و باز و بسته شدن روزنه‌ها، تجمع و انتقال هیدرات‌های کربن تولید شده و تعادل آبی در گیاهان موثر است (Daneshian *et al.*, 2002). هیکل و مودایش (۱۹۹۰) در مطالعه‌ای روی گندم و جو بیان نمودند که با کاهش دسترسی به آب در گیاه، عمل فتوسنتز نقصان یافته و در نهایت از میزان محصول به نحو چشمگیری کاسته می‌شود، با این وجود مقادیر مناسب پتاسیم می‌تواند از کاهش عملکرد جلوگیری نماید، زیرا پتاسیم کافی (۲۰۰ میلی گرم در کیلوگرم) سبب ایجاد تعادل در پتانسیل آب در گیاه و افزایش ساخت ترکیبات آلی می‌شود. تحت شرایط تنش خشکی، ژن‌های مربوط به فعالیت کانال‌های آبی تنظیم می‌شود (Tyerman *et al.*, 2002; Lian *et al.*, 2004) و به گیاهان کمک می‌کند تا پتانسیل آبی را در خود حفظ کنند (Tyerman *et al.*, 2002). کانای و همکاران

زارعین دیمکار شهرستان هشتروند-آذربایجان شرقی اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل سطوح سولفات پتاسیم (صفر، ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و سه رقم گندم (باران، هما و هشتروند) بود. ارقام گندم دیم از موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور و سولفات پتاسیم از شرکت قیزل توپراق سهند-مراغه تهیه شدند. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده بعد از نمونه برداری از عمق ۰ تا ۲۵ سانتی متری تعیین گردید (جدول ۱). همچنین وضعیت هواشناسی سال‌های زراعی ۹۶-۹۷ و ۹۷-۹۸ در جدول شماره ۲ آورده شده است.

(۲۰۱۱) ارتباط بین فعالیت کانال‌های آبی و کانال‌های انتقال پتاسیم را نشان دادند. پتاسیم به عنوان برجسته‌ترین عنصر معدنی، نقش کلیدی در تنظیم روابط آبی در گیاه دارد و مطالعه حاضر با هدف ارزیابی اثر سطوح مختلف سولفات پتاسیم بر تغییرات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه ارقام گندم در شرایط دیم سردسیر انجام گرفت.

### مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر مصرف سولفات پتاسیم روی واکنش‌های فیزیولوژیکی و عملکرد دانه سه رقم گندم دیم، آزمایشی طی سال‌های زراعی ۹۶-۹۷ و ۹۷-۹۸ بصورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در شرایط

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خاک محل آزمایش

بافت خاک	رس	سیلت	شن	نیترژن کل	مواد آلی	درصد آهک	پتاسیم فسفر	اسیدیته خاک	هدایت الکتریکی *
شنی لومی	۲۶	۳۶	۳۸	۳,۵	۰,۶۶	۶,۲۵	۳۶۳,۴	۷,۳۶	۱۰,۳
							۱۷		۰,۶۹

جدول ۲- آمار هواشناسی سال زراعی ۹۶-۹۷ و ۹۷-۹۸ سایت اجرای آزمایش

ماه	بارندگی mm		متوسط دما °C		تعداد روز یخبندان		رطوبت نسبی %		تبخیر mm	
	۹۷-۹۶	۹۸-۹۷	۹۷-۹۶	۹۸-۹۷	۹۷-۹۶	۹۸-۹۷	۹۷-۹۶	۹۸-۹۷	۹۷-۹۶	۹۸-۹۷
مهر	۰,۲	۹,۷	۱۱,۴	۱۳,۷۶	۴	۰	۴۳	۵۲,۷	۱۸۶,۵	۱۷۵,۳
آبان	۳۶,۴	۴۷	۸,۵	۵,۵۷	۹	۷	۵۷,۶	۷۳,۶	۸۴,۹	۵۸,۳
آذر	۴۷,۵	۹۱,۴	-۰,۸۳	۲,۳	۲۶	۱۶	۶۸,۱	۸۳,۵	۰	۰
دی	۲۸,۷	۴۰,۸	۱,۴	-۲,۵	۲۱	۲۸	۶۷,۵	۷۸,۴	۰	۰
بهمن	۸۵,۲	۸۶,۴	-۰,۹۸	-۱,۲	۲۵	۲۵	۷۰,۹	۷۷,۷	۰	۰
اسفند	۷۹,۹	۵۵,۶	۴,۳	۰,۲۷	۱۳	۲۳	۷۱	۷۵,۵	۰	۰
فروردین	۵۴,۸	۱۱۶,۱	۸,۶	۵,۲۲	۳	۵	۵۷,۴	۷۱,۳	۰	۰
اردیبهشت	۶۷,۴	۴۳,۴	۱۰,۵	۹,۹	۱	۷	۶۷,۴	۵۹,۱	۱۴۷,۷	۱۰۱,۳
خرداد	۲۳,۱	۴,۲	۱۶,۷	۱۸,۱۴	۰	۰	۵۰,۷	۴۰,۷	۲۳۲,۵	۲۹۰,۸
تیر	۰	۰	۲۴,۶۲	۲۲,۵۲	۰	۰	۲۵	۳۰,۸۴	۱۷,۳۵	۳۷۵,۵

کاشت با استفاده از کارنده کشت مستقیم (آسکه-۲۲۰۰) در نیمه دوم مهر ماه هر دو سال در تناوب نخود انجام شد. ابعاد هر کرت‌های آزمایشی در هر دو سال ۴۴ متر مربع (۲/۲ × ۲۰ متر)، ۱۳ ردیف کشت با فاصله خطوط ۱۷ سانتی‌متر و تراکم ۳۸۰ دانه در متر مربع در نظر گرفته شد. با توجه به اینکه کود سولفات پتاسیم بصورت پودری می‌باشد، برای کود دهی همزمان با کاشت کود سولفات پتاسیم مخلوط با کود نیتروژن و فسفر به شکل جایگذاری در زیر بستر بذر انجام شد. بدین منظور به طور مداوم کود در مخزن کودی دستگاه مخلوط می‌شد تا با اطمینان کافی تیمارها اعمال گردند. کود نیتروژن و فسفر به ترتیب به میزان ۸۷ و ۳۲ کیلوگرم در هکتار از منابع اوره و سوپرفسفات تریپل در نظر گرفته شد. بعد از سبز شدن گیاهان، کنترل علف‌های هرز با استفاده از علف کش‌های گرانستار و تاپیک انجام شد. صفات فیزیولوژیکی در هر دو سال آزمایش به شرح زیر اندازه‌گیری شدند:

شاخص کلروفیل برگ، شاخص نرمال شده سبزیگی کانویی، کارایی فتوسنتزی و هدایت روزنه‌ای برگ در مرحله اوایل شیری دانه (مرحله ۷۱ مقایس زادوکس) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری شاخص کلروفیل برگ از سه قسمت فوقانی، میانی و پایینی بوته در دو گیاه از هر کرت با استفاده از دستگاه پرتابل کلروفیل سنچ (SPAD) تعیین گردید. این دستگاه کلروفیل را به روش غیر تخریبی در محدوده‌ای به اندازه ۲×۳ میلی‌متر از سطح برگ به وسیله دو منبع دیودی انتشار نور در طول موج‌های قرمز و قرمز دور برآورد می‌نماید.

شاخص نرمال شده سبزیگی کانویی (NDVI) با استفاده از دستگاه گرین سیکر (Trimble® GreenSeeker handheld crop sensor) اندازه‌گیری شد. بین ساعات ۱۱ تا ۱۴ و با قرار دادن و حمل کردن دستگاه در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری بالای کانویی میانگین عددی این شاخص ثبت گردید. حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II و کارایی فتوسنتزی گیاهان با استفاده از دستگاه فلوریمتر (Handy-PEA) انجام گرفت. قبل از اندازه‌گیری این پارامترها با استفاده از کلیپس‌های مخصوص برگ گیاهان به مدت ۲۰ دقیقه در تاریکی قرار داده شد و سپس به طور مستقیم این صفات قرائت گردید. هدایت روزنه‌ای در برگ‌های دو بوته از هر کرت توسط دستگاه پرومتر (AP4 Porometer) با قرار دادن برگ پرچم داخل کابین مخصوص این دستگاه اندازه‌گیری شد. برای تعیین محتوای رطوبت نسبی برگ، نمونه‌های برگ پرچم از هر کرت بطور جداگانه در مرحله اوایل شیری دانه برداشته شد و نمونه‌ها بلافاصله درون جعبه یخ قرار داده شد و در آزمایشگاه توسط لوله‌ای با شعاع نیم سانتی‌متر ۱۵ عدد دیسک برگی تهیه و وزن تر آن‌ها با ترازوی دقیق اندازه‌گیری شد. سپس تمامی دیسک‌های برگی نمونه‌ها در داخل آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. بعد از آن وزن اشباع برگ‌ها اندازه‌گیری گردید. سپس دیسک‌های برگی به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شد و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. محتوای نسبی آب برگ توسط فرمول زیر تعیین گردید (Turner, 1981).

۱۰۰ × (وزن خشک - وزن اشباع) / (وزن خشک - وزن تر) = محتوای رطوبت نسبی (درصد)

اثر متقابل دو جانبه پتاسیم × رقم و سه جانبه سال × پتاسیم × رقم روی شاخص نرمال شده سبزی‌نگی کانوپی و تبادلات روزنه برگ معنی‌دار بود (جدول ۳).

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد میزان تجمع پتاسیم در برگ ارقام مورد مطالعه با افزایش سطح کاربرد آن بیشتر شد. بطوریکه، میزان آن با کاربرد ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم در مقایسه با شاهد به ترتیب ۵۰ و ۶۵ درصد افزایش یافت (شکل ۱ الف). در مقایسه ارقام بیشترین تجمع پتاسیم مربوط به رقم هشترود بود و اختلاف آماری معنی‌داری (سطح احتمال ۱ درصد) بین ارقام هما و باران از این نظر وجود نداشت (شکل ۱ ب).

بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل سال × سولفات پتاسیم شاخص کلروفیل برگ در سال اول آزمایش نسبت به سال دوم بطور معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بیشتر بود (شکل ۲ الف). در هر دو سال آزمایش، حداکثر شاخص کلروفیل در سطح کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم ثبت شد. با این وجود، در سال اول بین سطح مختلف کاربرد سولفات پتاسیم با شاهد اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت، ولی در سال دوم شاخص کلروفیل بین سطوح ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از نظر آماری مشابه بود و به طور معنی‌داری ( $p \leq 0.05$ ) بیشتر از عدم کاربرد آن بود (شکل ۲ الف). مقایسه میانگین اثر متقابل سال × رقم نشان داد که از نظر آماری

در مرحله اوایل شیری دانه دو بوته از هر کرت برداشت گردیده و در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشکانیده شد. سپس نیم گرم نمونه برگ برداشته شد و در کوره الکتریکی در دمای ۵۶۰ درجه سانتی‌گراد خاکستر گردید. روی هر نمونه ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک یک نرمال اضافه شد. سپس غلظت پتاسیم در این محلول‌ها توسط دستگاه فلیم فتومتر اندازه‌گیری شد. به هنگام رسیدن محصول، از هر کرت آزمایشی پنج نمونه تصادفی به اندازه ۱ متر مربعی برداشته شد و عملکرد و اجزای عملکرد دانه تعیین گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها بر اساس طرح آزمایشی فاکتوریل توسط نرم افزار Genstat انجام شد و مقایسات میانگین به روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از نرم افزار Mstat-C صورت گرفت.

## نتایج

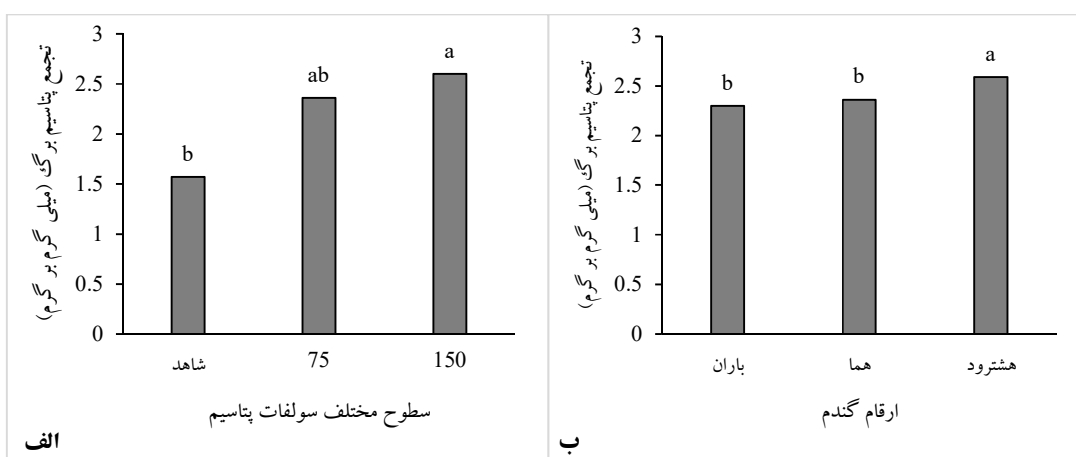
جدول تجزیه واریانس مرکب داده‌های آزمایش فاکتوریل نشان داد که اثر سال و اثر متقابل سال × پتاسیم بر روی شاخص کلروفیل برگ، شاخص نرمال شده سبزی‌نگی کانوپی، محتوای رطوبت نسبی برگ و تبادلات گازی برگ معنی‌دار بود (جدول ۳). اثر پتاسیم بر شاخص نرمال شده سبزی‌نگی کانوپی، تبادلات گازی برگ، حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II و کارایی فتوسنتزی برگ گیاهان معنی‌دار بود (جدول ۳). تنها شاخص کلروفیل برگ، شاخص نرمال شده سبزی‌نگی کانوپی و محتوای رطوبت نسبی برگ تحت تاثیر رقم و اثر متقابل سال × رقم قرار گرفتند.

بیشتری داشتند (شکل ۲ب). حداکثر شاخص کلروفیل از رقم هما در سال اول آزمایش به ثبت رسید (شکل ۲ب).  
 (p≤0.01) شاخص کلروفیل برگ رقم باران در هر دو سال مشابه بود، ولی ارقام هما و هشترو در سال اول نسبت به سال دوم بطور معنی داری به ترتیب حدود ۱۳ و ۶ درصد شاخص کلروفیل برگ

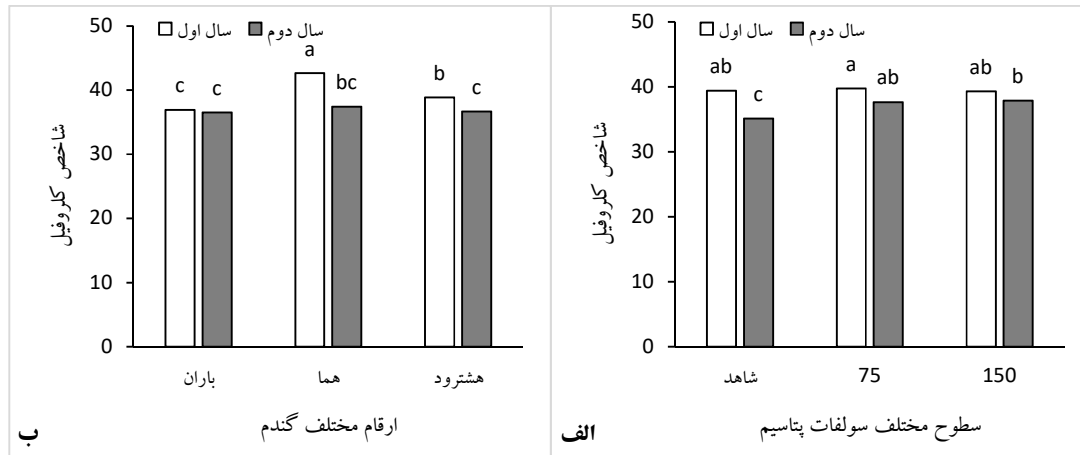
جدول ۳: تجزیه مرکب تجمع پتاسیم در برگ و برخی صفات فیزیولوژیکی ارقام گندم دیم با کاربرد سطوح مختلف سولفات پتاسیم

کارایی فتوسنتزی برگ	حداکثر کارایی فتوشیمیایی PSII	تبادلات روزنه برگ	محتوای رطوبت نسبی برگ	شاخص نرمال شده سبزیگی کانویی	شاخص کلروفیل	تجمع پتاسیم در برگ	درجه آزادی	منبع تغییرات
۰,۶۵ns	۰,۰۰۵ns	۸۸,۳۹**	۷۰,۶۵**	۱۲۰,۰۰**	۹۱,۳۶**	۰,۰۰۹	۱	سال
۱۹,۹۷**	۰,۰۱۶**	۱۹,۹۲ns	۹,۰۹ns	۲۱,۴۷*	۷,۴۴ns	۰,۴۱۷ns	۴	تکرار (سال)
۳۲,۵۲**	۰,۰۲۲**	۱۱۶۶**	۲۰,۹۷ns	۹۵,۹۴**	۷,۳۱ns	۰,۴۶۵**	۲	پتاسیم
۰,۸۴ns	۰,۰۰۶ns	۸,۶۵ns	۶۰,۸۴*	۶۱,۰۶**	۵۱,۸۴**	۰,۴۱۴**	۲	رقم
۰,۲۴ns	۰,۰۰۳ns	۲۷۸,۵۶**	۷,۱۲ns	۴۴,۰۷**	۴,۷۹ns	۰,۰۱۴ns	۴	پتاسیم × رقم
۰,۳۶ns	۰,۰۰۲ns	۷۳۵,۸۰**	۲۵۷,۰۸**	۱۲۴,۳۹**	۱۴,۲۴*	۰,۰۱۶ns	۲	سال × پتاسیم
۰,۳۳ns	۰,۰۰۳ns	۳,۰۵ns	۶۵,۲۳*	۲۶,۱۱*	۲۷,۱۷**	۰,۰۴۰ns	۲	سال × رقم
۰,۵۰ns	۰,۰۰۱ns	۲۳۲,۰۴**	۸,۲۶ns	۴۳,۸۷**	۵,۵۲ns	۰,۰۱۱ns	۴	سال × پتاسیم × رقم
۱,۱۱	۰,۰۰۳	۲۴,۶۰	۱۴,۵۵	۸,۷۴	۳,۵۷	۰,۰۲۲	۳۲	خطا
۲۱,۰۱	۷,۷۹	۱۸,۶۳	۵,۳۲	۵,۹۶	۴,۹۸	۶,۱۶		ضریب تغییرات (درصد)

ns، \* و \*\* به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد



شکل ۱: مقایسه میانگین میزان تجمع پتاسیم تحت سطوح مختلف کاربرد آن (الف) در برگ ارقام گندم (ب) حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد (p≤0.05)

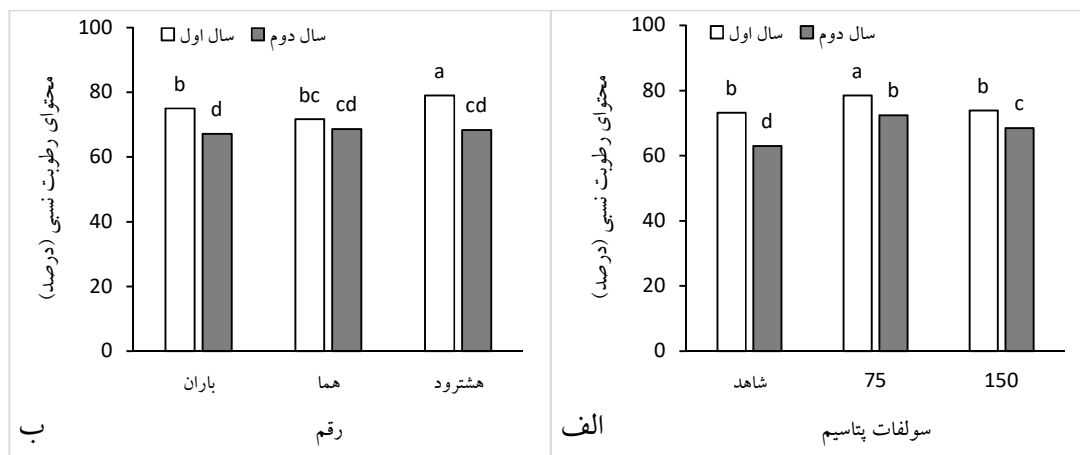


شکل ۲: مقایسه میانگین اثر متقابل سال در سطوح مختلف سولفات پتاسیم (الف) و اثر متقابل سال در ارقام مختلف گندم (ب) بر تغییرات شاخص کلروفیل برگ

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد ( $P \leq 0.05$ ) می باشد

رقم، محتوای رطوبت نسبی برگ رقم هشتگرد در مقایسه با ارقام باران و هما به ترتیب حدود ۵ و ۱۰ درصد بطور معنی داری در سال اول آزمایش بیشتر بود و ارقام باران و هما از این نظر اختلاف آماری معنی داری نداشتند (شکل ۳ب). در سال دوم آزمایش، بین ارقام از نظر محتوای رطوبت نسبی برگ اختلاف آماری معنی داری ( $p \leq 0.05$ ) وجود نداشت (شکل ۳ب).

بر اساس مقایسه میانگین اثر متقابل سال × سولفات پتاسیم و سال × رقم، محتوای رطوبت نسبی برگ در سال اول آزمایش نسبت به سال دوم به ترتیب در سطح آماری ۱ و ۵ درصد بیشتر بود (شکل ۳). بیشترین محتوای رطوبت نسبی برگ در هر دو سال آزمایش، مربوط به سطح کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم بود (شکل ۳ الف). بر اساس مقایسه میانگین اثر متقابل سال در



شکل ۳: مقایسه میانگین محتوای رطوبت نسبی برگ تحت اثر متقابل سال در سطوح مختلف سولفات پتاسیم (الف) و اثر متقابل سال در ارقام مختلف گندم (ب)

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد ( $P \leq 0.05$ ) می باشد

داشتند. بین سطح شاهد و کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسه برای تمامی ارقام اختلاف آماری معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود نداشت (جدول ۴). بر اساس جدول مقایسه میانگین اثر متقابل سه جانبه سال × سولفات پتاسیم × رقم، در هر دو سال آزمایش تبادلات گازی روزنه ای هشتروند با کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم بیشتر از سایر تیمارها بود. در سال دوم آزمایش بین ارقام در شرایط شاهد و همچنین سطوح مختلف کاربرد کود پتاسه اختلاف آماری معنی داری وجود نداشت و تمام ارقام در سال دوم با کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم هدایت روزنه ای بیشتری داشتند (جدول ۴).

مقایسه میانگین اثر متقابل سه جانبه سال × سولفات پتاسیم × رقم روی شاخص نرمال شده سبزینگی کانویی نشان داد که در سال اول آزمایش این شاخص با کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم در باران به طور معنی داری افزایش یافت در حالیکه رقم هما در شرایط عدم کاربرد کود پتاسه و هشتروند در سطح کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار از این نظر در سال اول آزمایش از نظر آماری در سطح احتمال ۱ درصد برتر بودند (جدول ۴). در سال دوم آزمایش تمامی ارقام با کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم در مقایسه با سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و شاهد شاخص نرمال شده سبزینگی کانویی مطلوبتری

جدول ۴: میانگین شاخص نرمال شده سبزینگی کانویی و تبادلات گازی روزنه ارقام گندم در طی دو سال آزمایش تحت

کاربرد سولفات پتاسیم

سال	سولفات پتاسیم	رقم	شاخص نرمال شده سبزینگی کانویی	تبادلات گازی روزنه (سانتی متر بر ثانیه)
اول	شاهد	باران	۴۶,۱ d	۳۲,۷ b
		هما	۶۰,۵ a	۱۸,۷ cd
		هشتروند	۵۴,۰ b	۱۵,۳ d
	۷۵	باران	۴۵,۳ d	۱۴,۶ d
		هما	۵۳,۱ b	۲۱,۲ cd
		هشتروند	۵۴,۸ b	۴۱,۷ a
	۱۵۰	باران	۵۱,۸ bc	۱۸,۹ cd
		هما	۴۷,۳ cd	۲۷,۳ bc
		هشتروند	۴۶,۶ cd	۱۲,۶ d
دوم	شاهد	باران	۴۴,۶ d	۱۶,۱ d
		هما	۴۵,۳ d	۱۶,۲ d
		هشتروند	۴۵,۰ d	۱۵,۹ d
	۷۵	باران	۵۲,۰ bc	۴۲,۵ a
		هما	۵۴,۰ b	۴۵,۷ a
		هشتروند	۵۳,۰ b	۴۵,۲ a
	۱۵۰	باران	۴۶,۰ d	۳۰,۱ b
		هما	۴۷,۶ cd	۳۲,۲ b
		هشتروند	۴۵,۳ cd	۳۱,۷ b

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد ( $P \leq 0.05$ ) است



درصد و اثر متقابل پتاسیم × رقم در سطح احتمال ۵ درصد قرار گرفت. اثرات اصلی سال در سطح احتمال ۱ درصد، پتاسیم در سطح احتمال ۵ درصد و رقم در سطح احتمال ۱ درصد روی وزن هزار دانه و عملکرد دانه معنی دار بود. اثر متقابل دو جانبه سال × پتاسیم در سطح احتمال ۵ درصد روی وزن هزار بذر و اثر متقابل دو جانبه سال × ژنوتیپ در سطح احتمال ۱ درصد روی عملکرد دانه معنی دار بود (جدول ۶).

کارایی فتوسنتزی برگ و حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II در سطح کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم نسبت به سایر شرایط بطور معنی داری بیشتر بودند. بین شرایط عدم کاربرد کود و سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از نظر آماری اختلاف معنی داری از جهت این صفات دیده نشد (جدول ۵). تجزیه مرکب داده‌های عملکرد و اجزای عملکرد دانه نشان داد که تعداد دانه در متر مربع به طور معنی داری تحت تاثیر سال در سطح احتمال ۱

جدول ۵: کارایی فتوسنتزی گیاه و حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II گندم در سطوح مختلف سولفات پتاسیم

سطوح سولفات پتاسیم	حداکثر کارایی	
	کارایی فتوسنتزی برگ	فتوشیمیایی فتوسیستم II
شاهد	۳,۵۸ b	۰,۶۹ b
75	۶,۲۵ a	۰,۷۵ a
150	۵,۲۲ ab	۰,۶۹ b

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد ( $P \leq 0.05$ ) است

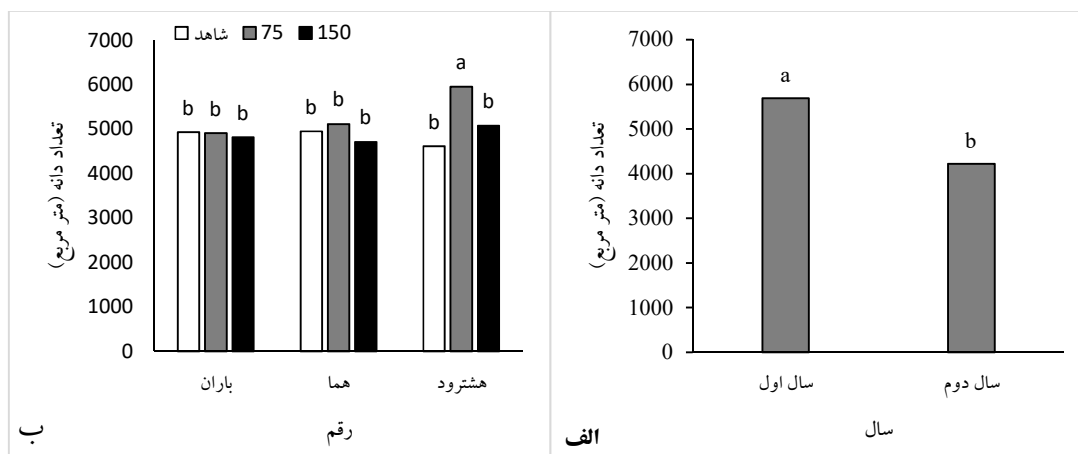
جدول ۶: تجزیه مرکب عملکرد و اجزای عملکرد دانه ارقام گندم با کاربرد سطوح مختلف سولفات پتاسیم

منبع تغییرات	درجه آزادی	تعداد دانه	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
سال	۱	۲۹۲۲۰**	۷۰,۴۹**	۰,۱۴۶**
تکرار (سال)	۴	۵۷۸۱**	۰,۶۰ns	۰,۰۰۱*
پتاسیم	۲	۵۵۰ns	۱۱,۸۰*	۰,۰۰۵*
رقم	۲	۱۱۵۰ns	۱۶,۶۴**	۰,۰۰۳**
پتاسیم × رقم	۴	۱۴۶۵*	۵,۷۵ns	۰,۰۰۰۳ns
سال × پتاسیم	۲	۱۲۶۰ns	۸,۹۴*	۰,۰۰۰۶ns
سال × رقم	۲	۷۵۵ns	۰,۳۰ns	۰,۰۰۲**
سال × پتاسیم × رقم	۴	۸۳۵ns	۳,۷۶ns	۰,۰۰۰۵ns
خطا	۳۲	۴۴۶	۲,۵۲	۰,۰۰۰۱
ضریب تغییرات (درصد)		۱۳,۴۸	۴,۱۹	۸,۶۵

ns، \* و \*\*: به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

نداشت. تعداد دانه رقم هشترود در شرایط شاهد و سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم از نظر آماری مشابه با ارقام باران و هما در تیمارهای مختلف سولفات پتاسیم بود. بیشترین تعداد دانه از رقم هشترود با کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم حاصل شد (شکل ۴ب).

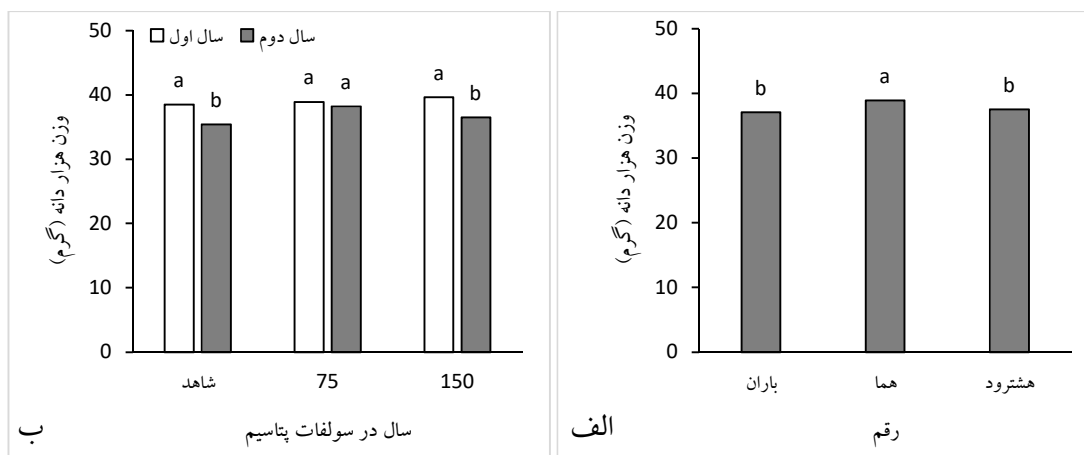
بر اساس مقایسه میانگین در سال اول آزمایش تعداد دانه در متر مربع بیشتر از سال دوم بود (شکل ۴الف). اثر متقابل پتاسیم در رقم مشخص کرد بین ارقام باران و هما در شرایط شاهد و کاربرد سطوح مختلف سولفات پتاسیم اختلاف آماری معنی داری از نظر تعداد دانه در متر مربع وجود



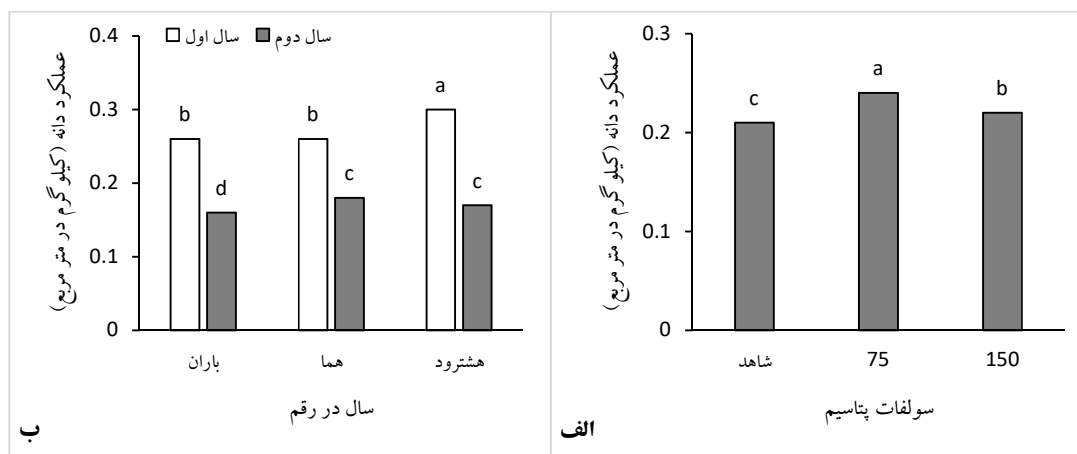
شکل ۴: میانگین تعداد دانه در متر مربع ارقام گندم در طی دو سال (الف) با کاربرد سطوح مختلف سولفات پتاسیم (ب) حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد ( $P \leq 0.05$ ) است

مقایسه میانگین عملکرد دانه برای تیمار کاربرد سولفات پتاسیم مشخص کرد که عملکرد دانه در سطح کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار نسبت به شاهد و سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب ۱۴ و ۹ درصد بیشتر بود (شکل ۴الف). عملکرد دانه ارقام مختلف در سال اول آزمایش نسبت به سال دوم آزمایش به طور معنی داری در سطح احتمال درصد بیشتر بود. رقم هشترود در سال اول آزمایش در مقایسه با ارقام باران و هما حدود ۱۵ درصد عملکرد دانه بیشتری تولید کرد. در سال اول بین ارقام باران و هما و در سال دوم بین ارقام هما و هشترود اختلاف آماری معنی داری وجود نداشت (شکل ۴ب).

مقایسه میانگین وزن هزار دانه ارقام مختلف نشان داد که هما در مقایسه با باران و هشترود دانه‌های درشت‌تری تولید کرد و اختلاف آماری معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد بین ارقام باران و هشترود وجود نداشت (شکل ۴الف). اثر متقابل سال در سولفات پتاسیم برای وزن هزار بذر نیز نشان داد که در سال اول آزمایش بین تیمارهای مختلف سولفات پتاسیم از نظر وزن هزار دانه اختلاف آماری معنی داری وجود نداشت ولی در سال دوم وزن هزار بذر با کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار نسبت به عدم کاربرد آن و کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بیشتر بود (شکل ۴ب).



شکل ۵: مقایسه میانگین وزن هزار دانه ارقام گندم (الف) تحت اثر متقابل سال در سطوح مختلف سولفات پتاسیم (ب) حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد ( $P \leq 0.05$ ) می باشد



شکل ۶: مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت سطوح مختلف سولفات پتاسیم (الف) و اثر متقابل سال در ارقام مختلف گندم (ب) حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد ( $P \leq 0.05$ ) می باشد

## بحث

در شرایط کمبود آب خاک کاهش می یابد (Bruck *et al.*, 2000). در این پژوهش کاربرد سطوح مختلف سولفات پتاسیم منجر به افزایش تجمع این عنصر در برگ گیاهان شد (شکل ۱) و به دنبال آن صفات فیزیولوژیکی مربوط به فتوسنتز به ویژه در سطح کاربرد ۷۵ کیلوگرم در در مقایسه

پتاسیم با افزایش کارایی مصرف آب، بهبود شرایط رشد گیاه، تقسیم سلولی و ساخت هیدروکربن ها و انتقال سریع آن به طرف دانه موجب افزایش وزن و عملکرد دانه می گردد (Daneshian *et al.*, 2002). پتاسیم دارای نقشی اساسی و مهم در رشد گیاهان است که جذب آن

با عدم کاربرد و سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار آن بهبود یافت و عملکرد دانه بیشتر شد.

تجزیه مرکب داده‌های فیزیولوژیکی و عملکرد دانه مشخص کرد که در سال اول آزمایش ارقام مختلف گندم میزان کلروفیل بیشتری از سال دوم داشتند (شکل ۲ب). در سال اول آزمایش ارقام مختلف تعداد دانه (۳۴ درصد) (شکل ۴) و وزن دانه (شکل ۵) بیشتر داشتند و در نهایت عملکرد دانه (شکل ۶) بیشتری از سال دوم تولید کردند. مطابق جدول ۲، در سال اول آزمایش با وجود مقدار کمتر بارندگی (۴۲۳،۲ میلی‌متر) در مقایسه با سال دوم (۴۹۴،۶ میلی‌متر)، در بهار شرایط مساعدتری برای رشد گیاهان بوجود آمد. در سال دوم در ابتدای بهار تعداد روزهای یخبندان بیشتری (۱۲ روز) از سال اول (۴ روز) وجود داشت و به یکباره دمای هوا افزایش یافت و رطوبت نسبی افت پیدا کرد و میزان تبخیر نیز بیشتر شد و گیاهان که در ابتدای بهار رشد مطلوبی نداشتند در ادامه نیز با تنش دمایی مواجه شدند. بارندگی و درجه حرارت از جمله دو عامل بسیار مهم آب و هوایی هستند که از طریق تحت تأثیر قرار دادن میزان رطوبت و دمای خاک می‌توانند در تولید عملکرد و اجزای عملکرد گندم دیم بسیار مؤثر واقع شوند. این دو عامل به غیر از تحت تأثیر قرار دادن اندام‌های رویشی و زایشی گندم، بر رشد و نمو ریشه این گیاه و میزان جذب آب و مواد غذایی نیز مؤثر می‌باشند (فیضی اصل و همکاران، ۱۳۸۹).

در تنش خشکی ابتدا هدایت روزنه‌ای کاهش می‌یابد، سپس محتوای آب نسبی و فتوسنتز شروع به افت می‌کند. نتایج نشان داد که محتوای رطوبت

نسبی رقم هشترود از ارقام باران (۵،۳ درصد) و هما (۱۰ درصد) بیشتر است (شکل ۳) و این رقم میزان کلروفیل بیشتری نیز همراه با رقم هما تولید کرد (شکل ۲). با کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم محتوای رطوبت نسبی و شاخص کلروفیل برگ افزایش یافت (شکل ۲ و ۳). عباسی مقدم و همکاران (۱۳۹۳) نشان دادند که بیشترین میزان کلروفیل و رطوبت نسبی برگ نخود با کاربرد ۹۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم در شرایط دیم تولید می‌شود.

با کاربرد سولفات پتاسیم به میزان ۷۵ کیلوگرم در هکتار و افزایش محتوای رطوبت نسبی و شاخص کلروفیل برگ (شکل ۲ و ۳)، شاخص نرمال شده سبزیگی کانوپی رقم هشترود نسبت به دو رقم هما و باران در هر دو سال بیشتر شد (جدول ۴). نتایج نشان داد که در همین سطح از سولفات پتاسیم تبدلات گازی رقم هشترود حدود ۹۰ درصد بیشتر از رقم هما و حدود ۱۸۶ درصد بیشتر از رقم باران در سال اول بود، اگرچه در سال دوم اختلاف بین ارقام از این نظر در سطح کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار معنی‌دار نبود (جدول ۴). با کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود پتاسه کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II و کارایی کلی فتوسنتزی گیاهان نیز نسبت به عدم کاربرد و سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بیشتر گردید (جدول ۵). کاهش هدایت روزنه‌ای با تغییر محتوای نسبی آب بیانگر آن است که احتمالاً سیگنال‌های ارسالی از ریشه (ABA) در شرایط تنش خشکی، عامل بسته شدن روزنه و کاهش فتوسنتز می‌باشد (Taize and Zaiger, 2007). بسته شدن روزنه‌ها در

اثر شدت نور را متعادل کرده و غلظت کلروفیل و عملکرد کربن گیری را بیشتر کرده ( Taize and Zaiger, 2007) و عملکرد کوانتومی فتوسیستم II و کارایی فتوسنتزی را بیشتر می کند (جدول ۵). عملکرد دانه گندم از فتوستتزر جاری برگ پرچم و کربوهیدرات های ذخیره شده در ساقه تامین می شود (Kobata et al., 1992). کاربرد پتاسیم با بهبود فتوستتزر جاری و بازگسیل مواد پرورده عملکرد دانه را در شرایط دیم بهبود می بخشد. به عنوان نتیجه نهایی می توان چنین اذعان داشت با کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم با بهبود پارامترهای روزنه ای و غیر روزنه ای مربوط به فتوستتزر در گندم تعداد دانه در مترمربع بیشتر شد (شکل ۴) و وزن هزار دانه نیز افزایش یافت و در نتیجه با کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم حداکثر عملکرد دانه تولید گردید (جدول ۸).

### تشکر و قدردانی

این مقاله مربوط به نتیجه پروژه مصوب موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور به شماره ۱۵-۲-۱۵۵۳-۰۱۴-۹۶۱۱۰۰ و مشترک با پروژه ارتقای امنیت غذایی وزارت جهاد کشاورزی بوده و لازم است بر اساس اخلاق پژوهش از این موسسه در جهت تامین امکانات لازم در اجرای این پژوهش، از دانشگاه مراغه در جهت فراهم ساختن دستگاه های اندازه گیری صفات فیزیولوژیکی و همکاران وزارت جهاد کشاورزی در اجرای پروژه سپاسگزاری نمایم.

شرایط تنش علاوه بر تولید ABA در ریشه و ارسال آن به برگ ها، کاهش پتانسیل آماسی در برگ نیز موثر بوده و به احتمال زیاد از طریق ABA تولید شده در خود برگ ها عمل می کند ( Cornic, 2000). حسینی و همکاران (۲۰۱۶) مشخص کردند که ژنوتیپ های جو با سطح بالای پتاسیم در برگ پرچم میزان مقاومت به خشکی بیشتری با افزایش تخریب ABA و کاهش تخریب نشاسته و تاخیر انداختن پیری برگ پرچم برخوردارند.

تنش خشکی با ممانعت از سنتز کلروفیل باعث کاهش مقدار پروتئین های متصل به رنگدانه های مربوط به فتوسیستم II در حالت روشنایی می شود (Sayed, 2003). حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II تبدیل نور جذبی به انرژی شیمیایی را نشان می دهد و پارامتر معتبری برای نشان دادن اختلال ناشی از تنش در مراکز فتوشیمیایی و بازدارندگی نوری می باشد. در زمان تنش کم آبی کاهش فتوستتزر مستلزم کاهش سرعت مصرف NADPH و ATP برای تثبیت CO<sub>2</sub> است (Lotfi et al., 2015). در شرایط تنش خشکی مصرف پتاسیم باعث بهبود فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز و افزایش محتوای کلروفیل شده و در نتیجه فرایند فتوستتزی و دوام سطح برگ بیشتر می شود که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. پتاسیم با تنظیم حرکات روزنه ای نقش موثری در فتوستتزر برگ در شرایط تنش دارد این در حالی است که هیچ سلول اپیدرمی به غیر از سلول محافظ روزنه قادر به انجام فتوستتزر نیست. همچنین پتاسیم

## منابع

- تدین محمد سعید، رستگار حمید. ۱۳۸۳. تاثیر محلول پاشی سولفات روی، منگنز و منیزیم بر عملکرد کمی و کیفی میوه پرتقال محلی جهرم. مجله علوم و فنون باغبانی، ۵: ۲۰۱-۲۰۱۴.
- عباسی مقدم امین، عبادی علی، شهبازی حسین. ۱۳۹۳. اثر پتاسیم و روی بر عملکرد اجزای عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک نخود در شرایط دیم. مجله بوم شناسی گیاهان زراعی ۱۰: ۱۱-۲۵.
- فیضی اصل ولی، جعفرزاده جعفر، عبدالرحمنی بهمن، موسوی سید بهمن، کریمی اسماعیل. ۱۳۸۹. مطالعه اثرات عوامل اقلیمی بر روی عملکرد دانه گندم دیم رقم سرداری در منطقه مراغه. پژوهش‌های زراعی ایران ۸: ۱-۱۱.
- نور محمدی قربان، سیادت سید عطاء الله، کاشانی علی. ۱۳۷۶. زراعت غلات. انتشارات دانشگاه شهید چمران. ۴۴۶.

- Abeledo L, Savin GR, Slafer GA. 2008. Wheat productivity in the Mediterranean Ebro Vally; Analysis the gap between attainable and potential yield whit a simulation model. *Europ. J. Agron.* 28: 541-550.
- Acosta B, Sanchez Jardon L, Pozo A, Garcia E. 2008. Grassland species composition and morpho functional traits along an altitudinal gradient. *Acta. Ecol.* 73: 1-12.
- Ahmadi A, Judi M. 2007. Effects of timing and defoliation intensity on growth yield and gas exchange rate of wheat grown under well and drought condition. *Pakistan J. Biol. Sci.* 10: 3794-3800.
- Benlloch-Gonzalez M, Romera J, Cristescu S, Harren F, Fournier JM, Benlloch M. K+ starvation inhibits water-stress-induced stomatal closure via ethylene synthesis in sunflower plants. *J. Exp. Bot.* 2010, 61, 1139-1145.
- Bruck H, Payne WA, Sattelmacher B. 2000. Effects of phosphorus and water supply on yield, tranpirational water-use efficiency, and carbon isotope discrimination of pearl millet. *Crop Sci.* 40: 120-125.
- Colom MR, Vazzana C. 2003. Photosynthesis and PSII functionality of drought-resistant and drought-sensitive weeping lovegrass plants. *Envir. Exp. Bot.* 49: 135-144.
- Cornic G .2000. Drought stress inhibits photosynthesis by decreased stomatal aperture – not by affecting ATP synthesis. *TIBS* 5:187-188.
- Daneshian J, Majidi Hrvan A, Jonoubi P. 2002. the effect of drought stress and different amounts of potassium on quantitative and qualitative characteristics of soybean. *J. Agric. Sci.* 8: 108-95.
- Guha A, Sengupta D, Reddy AR. 2013. Polyphasic Chl F kinetics and leaf protein analysis to trach dynamics of photosynthesis performance during progressive drought. *J. Photochem. Photobiol.* 119: 71-83.
- Heakal L, Modaish K. 1990. Combined effects of leaching fraction salinity and potassium content of water on growth and WUE of wheat and barley. *Plant and Soil* 125: 177-184.

- Hoseini SA, Hajirezaei MR, Seiler C, Sreenivasulu N, Wiren NV. 2016. A Potential Role of Flag Leaf Potassium in Conferring Tolerance to Drought-Induced Leaf Senescence in Barley. *Front. Plant Sci.* 7: 1-12.
- Kalaji HM, Jajoo A, oukarrum A. 2016. ChlF as a tool to monitor physiological status of plant under abiotic stress conditions. *Act. Physiol. Plant.* 38: 102-115.
- Kanai S, Moghaieb RE, El-Shemy HA, Panigrahi R, Mohapatra PK, Ito J, Nguyen NT, Saneoka H, Fujita K. 2011. Potassium deficiency affects water status and photosynthetic rate of the vegetative sink in green house tomato prior to its effects on source activity. *Plant Sci.* 180: 368–374.
- Karrou M, Maranville JW. 1995. Response of wheat cultivars to different soil nitrogen and moisture regimes: II. Leaf water content, stomatal conductance and photosynthesis. *J. Plant Nutr.* 4:777–791.
- Kobata T, Palta JA, Turner NC. 1992. Rate of development of postanthesis water deficits and grain filling of spring wheat. *Crop Sci.* 32: 1238-1242.
- Lian HL, Yu X, Ye Q, Ding XS, Kitagawa Y, Kwak SS, Su WA, Tang ZC. 2004. The role of aquaporin RWC3 in drought avoidance in rice. *Plant Cell Physiol.* 45: 481–489.
- Lotfi R, Pessaraki M, Gharavi P, Khoshvaghti H. 2015. Physiological responses of *Brassica napus* to fulvic acid under water stress: chlorophyll a fluorescence and antioxidant enzyme activity. *The Crop J.* 3: 434-439.
- Sayed OH. 2003. Chlorophyll fluorescence as a tool in cereal crop research. *Photosynthetica*, 41 (3): 321-330.
- Taize L, Zaiger, E. 2007. ABA and drought adaptation. Chapter 25. P: 671-682.
- Tanaka Y, Sano T, Tamaoki M, Nakajima N, Kondo N, Hasezawa S. 2005. Ethylene inhibits abscisic acid-induced stomatal closure in *Arabidopsis*. *Plant Physiol.* 138: 2337–2343.
- Turner NC. 1981. Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water stress. *Plant Soil* 58: 339-366.
- Tyerman SD, Niemietz CM, Bramley H. 2002. Plant aquaporins: Multifunctional water and solute channels with expanding roles. *Plant Cell Environ.* 25: 173–194.

## Different levels of potassium sulfate effects on some physiological and grain yield of dryland wheat varieties

Ramin Lotfi<sup>\*1</sup>, Amin Abbasi<sup>2</sup>, Iraj Eskandari<sup>1</sup>, Vahid Sedghieh<sup>3</sup>, Hadi Khorsandi<sup>1</sup>

*1-Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran*

*2-Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Maragheh University, Maragheh, Iran*

*3-Agricultural Jihad of Maragheh, East Azarbaijan, Iran*

### Abstract

Potassium as a key element in environmental stress conditions, had fundamental role in plants growth and development. Under water deficit stress conditions, absorption of this element decreases. For this purpose, to evaluate changes in physiological parameters and grain yield of dryland wheat (Baran, Homa, Hashtrood) with application of different levels of potassium sulfate (control, 75 and 150 kg/ha), a factorial experiment based on randomized complete block design (RCBD) with 3 replications was conducted during 2017-18 and 2018-19 growing sessions. Accumulation of potassium (K) increased in varieties by application of potassium sulfate so that, maximum K content was recorded in Hashtrood than other varieties. Also, relative water content, chlorophyll content and NDVI of Hashtrood was more than others. Relative water content and chlorophyll content index of all varieties was increased by application of 75 kg/ha potassium sulfate. Stomatal conductance of Hashtrood by application of 75 kg/ha potassium sulfate was more than Baran and Homa. Photochemical efficiency of PSII and photosynthesis efficiency of studied varieties by application of 75 kg/ha potassium sulfate was higher than other treatments and as a result, grain number, weight and yield was improved. Based on the results, application of the 75 kg/ha potassium sulfate by improving plant tolerance to the water stress, could increase grain yields under dryland areas.

**Keywords:** Dryland wheat, K fertilizer, drought tolerant, photosynthesis

---

\* Corresponding author: r.lotfi1988@gmail.com Submit date:2020/02/22 Accept date: 2021/03/14