

تأثیر زمان کاربرد پتاسیم بر عملکرد و محتوای پروتئین دانه ارزن دم‌روباهی در رژیم‌های متفاوت آبیاری

امین حیاتی، محمود رمرودی* و محمد گلوی^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۱/۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۸/۱۱)

چکیده

بررسی امکان کاهش مصرف آب در کشت‌های رایج مناطق مختلف از اولویت‌های مهم تحقیقاتی به منظور افزایش کارایی مصرف آب در بخش کشاورزی می‌باشد. به منظور بررسی تأثیر زمان مصرف کود پتاسیم و دور آبیاری بر عملکرد دانه و میزان جذب نیتروژن در ارزن دم‌روباهی، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۸۸ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی یاسوج، به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. دور آبیاری شامل فواصل آبیاری ۷، ۱۴ و ۲۱ روز در کرت‌های اصلی و زمان کاربرد کود پتاسیم در مراحل کاشت، پنجه‌زنی، ساقه‌دهی و گل‌دهی در کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که تأثیر دور آبیاری بر وزن هزار دانه، عملکرد دانه و بیولوژیک، تعداد دانه در خوشه، شاخص برداشت، میزان پروتئین دانه و محتوای کلروفیل a، b و کل برگ معنی‌دار بود. با افزایش فواصل آبیاری، مقادیر مربوط به صفات مورد بررسی کاهش، ولی درصد پروتئین دانه افزایش یافت. وزن هزار دانه، عملکرد دانه و بیولوژیک، شاخص برداشت و میزان پروتئین تحت تأثیر زمان کاربرد کود پتاسیم معنی‌دار شد. بیشترین عملکرد دانه از برهمکنش تیمار فاصله آبیاری ۷ روز با کاربرد پتاسیم در مرحله ساقه‌دهی حاصل شد. بیشترین میزان پروتئین دانه به تیمار کاربرد پتاسیم در مرحله گل‌دهی تعلق داشت. به طور کلی، با افزایش فواصل آبیاری و ایجاد تنش خشکی ناشی از آن، میزان رشد و اجزای عملکرد به شدت کاهش یافت. کاربرد کود پتاسیم در مراحل اولیه رشد تأثیر معنی‌دار افزایشی بر عملکرد و اجزای آن داشت، در حالی که در مراحل زایشی سبب افزایش کیفیت دانه گردید.

واژه‌های کلیدی: کلروفیل برگ، گل‌دهی، عملکرد بیولوژیک، فواصل آبیاری

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیاران زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: m_ramroudi@yahoo.com

مقدمه

بخش کشاورزی یکی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی کشور می‌باشد که از لحاظ ابعاد اجتماعی نیز حائز اهمیت فراوان است. این بخش با مصرف ۸۱/۵ میلیارد مترمکعب (۹۴ درصد)، سهم عمده منابع آب را به خود اختصاص داده است. لذا بهینه‌سازی مصرف آب کشاورزی و هم‌چنین افزایش تولید محصولات در واحد سطح اراضی فاریاب ضروری است. کمبود آب یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید گیاهان زراعی است (۲۵). زیاد بودن میزان تبخیر و تعرق و محدودیت منابع آب سبب کاهش طول دوره رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌شود و این امر لزوم توجه بیشتر به مطالعه در مورد اثر تنش خشکی و انتخاب ارقام مقاوم و مصرف کارآمد آب را طلب می‌کند (۲۹). در شرایط محدودیت منابع آب، تغییر الگوی کشاورزی به سمت کشت گیاهان سازگار به خشکی می‌تواند راهکار بسیار مناسبی باشد. ژنوتیپ‌های مختلف ارزن به دلیل برخورداری از فصل رشد کوتاه و برخی خصوصیات ویژه، به آب کمتری نیاز دارند و می‌توانند در شرایط مساعد محیطی نسبت به سایر غلات محصول بیشتری تولیدکنند (۱۴). ارزن به دلیل رشد سریع، مقاومت نسبی بالا به خشکی، چهار کربنه بودن، توانایی بالای تولید آن در نواحی گرم و خشک و کارایی بالاتر مصرف آب نسبت به گونه‌های سه کربنه، باعث شده است که به صورت گیاهی مطلوب جهت کشت در نواحی با محدودیت آب محسوب گردد (۱۲ و ۱۴).

بیدینگر و همکاران (۵) گزارش کردند که تنش آبی باعث کاهش عملکرد دانه، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه ارزن مروارید گردید؛ اما محتوی پروتئین دانه را افزایش داد. هم‌چنین تأثیر معنی‌دار تنش خشکی در رشد و اجزای عملکرد ارزن مروارید توسط ابراهیم و همکاران (۱۲) و خزایی و همکاران (۱۵) گزارش شده است. کمبود آب، میزان ماده خشک برگ‌ها، وزن خوشه‌ها و تعداد دانه در بوته را کاهش می‌دهد، به‌طوری‌که افزایش نسبی وزن هزاردانه قادر به جبران کامل افت عملکرد نخواهد بود (۲۴ و ۲۷). مقصود و اعظم علی (۱۸)

گزارش نمودند که تنش خشکی ناشی از افزایش فواصل بین آبیاری‌ها از طریق کاهش تعداد خوشه در بوته و تعداد دانه در خوشه، عملکرد دانه ارزن را کاهش می‌دهد. تنش خشکی در دوره پرشدن دانه نیز سبب کاهش عملکرد دانه می‌شود (۳۰). آنتولین و همکاران (۳) گزارش کردند که در اثر شرایط خشکی، محتوای کلروفیل برگ کاهش می‌یابد. کمبود آب سبب آسیب‌رساندن به رنگدانه‌ها و پلاستیدها می‌گردد، به‌طوری‌که محتوای کلروفیل را کاهش می‌دهد و کاهش کلروفیل b بیشتر از کلروفیل a است. ولی تداوم تنش، سرعت تجزیه کلروفیل a را افزایش می‌دهد (۹). گرایش جدید جامعه جهانی به سمت کشاورزی پایدار در راستای کاهش استفاده از نهاده‌ها و تعیین زمان دقیق مصرف آنها به ویژه کودهای شیمیایی می‌باشد. دستیابی به کشاورزی دارای ثبات در عملکرد و کمترین اثرات سوءزیست محیطی راهکاری است که در گذشته‌های دور ابداع شده و به دلیل مسائل و مشکلات کشاورزی رایج، امروزه دوباره مطرح شده است (۱۶).

نتایج تحقیقات حاکی از آن است که ارزن نیاز زیادی به پتاسیم دارد و مصرف آن عملکرد دانه، تعداد و وزن هزاردانه ارزن را افزایش می‌دهد (۶). در اثر تغذیه ناکافی پتاسیم، ساقه‌های ارتجاعی محکم به وجود نمی‌آیند و خطر ورس افزایش می‌یابد. بیشترین نیاز گیاهان به پتاسیم در زمان رشد شدید آن می‌باشد (۲۸). کاربرد این عنصر بعد از گل‌دهی برای تولید محصول اهمیت چندانی ندارد، بلکه در کیفیت آن مؤثر است. پتاسیم نقش ویژه‌ای در حیات و بقای گیاهان تحت تنش محیطی بازی می‌کند. در شرایط کمبود پتاسیم، حساسیت به تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد (۸). یومار (۲۵) گزارش نموده است که با مصرف مقادیر بیشتر پتاسیم در شرایط تنش رطوبتی عملکرد دانه، ماده خشک و شاخص برداشت سورگوم افزایش یافت. نتایج آزمایش مزرعه‌ای در مصر نشان داد که با مصرف پتاسیم در شرایط تنش کمبود آب، می‌توان از کاهش عملکرد دانه گیاهان جلوگیری کرد (۱۰). پتاسیم علاوه بر افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصول، مقاومت گیاهان به تنش کم‌آبی

میزان ۱۰۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار و کود نیتروژن خالص به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار در موقع کاشت و ۵۰ کیلوگرم در هکتار قبل از گل دهی به زمین داده شد. کشت بذرها در اواسط تیر ماه با فاصله ۸ سانتی متر روی ردیف انجام شد. هر کرت آزمایشی دارای ۴ ردیف کشت به طول ۵ متر بود. پس از کشت، زمین آبیاری گردید. کنترل علف‌های هرز در طول دوره رشد با دست انجام شد. عملکرد دانه و بیولوژیک پس از رسیدگی فیزیولوژیک با حذف اثر حاشیه، و در سطح یک مترمربع از دو ردیف میانی هر کرت محاسبه گردید. تعداد دانه در خوشه و وزن هزاردانه از پنج بوته که به طور تصادفی انتخاب شده بودند، تعیین گردید. محتوای کلروفیل در برگ تازه براساس روش میهالوویچ و همکاران (۲۱) و درصد پروتئین دانه براساس روش جعفری و همکاران (۱۳) اندازه‌گیری شد. تجزیه واریانس داده‌ها با نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ انجام گرفت.

نتایج و بحث

محتوای کلروفیل برگ (a, b و a+b)

تأثیر دور آبیاری، زمان کاربرد کود پتاسیم و برهمکنش آنها بر محتوای کلروفیل a، b و کلروفیل کل برگ در سطح ۱٪ معنی دار بود (جدول ۱). بیشترین محتوای کلروفیل a، b و کلروفیل کل برگ‌ها در فاصله آبیاری ۷ روز و کاربرد کود پتاسیم در مرحله ساقه‌دهی و کمترین آن در فاصله آبیاری ۲۱ روز و کاربرد کود پتاسیم همزمان با کشت به‌دست آمد (جدول ۲). کاهش غلظت کلروفیل در شرایط تنش به‌واسطه اثر کلروفیل‌از، پراکسیداز، تنش اکسیداتیو و ترکیبات فنلی و هم‌چنین گاهی اوقات در شرایط تنش طولانی مدت تا حدودی به دلیل کاهش ورود نیتروژن به بافت‌ها و فعالیت نیتروژن ریداکتاز می‌باشد که منجر به تجزیه و کاهش کلروفیل می‌گردد (۱). لی و همکاران (۱۷) در مورد برنج به نتایج مشابهی دست یافتند. تنش ناشی از افزایش فواصل آبیاری سبب تولید اکسیژن نوزاد و ایجاد تنش اکسیداتیو و افزایش فعالیت آنزیم‌های کلروفیل‌از و پراکسیداز

و کارایی مصرف آب را نیز افزایش می‌دهد (۲۶). این عنصر برای تشکیل و انتقال کربوهیدرات‌ها، انجام فتوسنتز و ساخت پروتئین در گیاه ضروری است. در شرایط رطوبتی، اثر پتاسیم بر افزایش عملکرد و کاهش اثرات منفی تنش به مراتب نسبت به شرایط مساعد رطوبتی بالاتر است (۱۱). مصرف کود پتاسیم در تعدیل خسارات ناشی از تنش خشکی از طریق حفظ فشار آماس و کاهش تعرق بسیار مؤثر خواهد بود (۲). با توجه به نقش مثبت پتاسیم در کاهش اثرات سوء تنش خشکی بر رشد گیاهان و اطلاعات قابل دسترس کم در مورد تأثیر ترکیب مصرف کود پتاسیم و دور آبیاری روی ارزن در منطقه مورد مطالعه، این تحقیق به منظور تعیین زمان مناسب مصرف کود پتاسیم در شرایط کم آبی در ارزن دمروباهی انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش مزرعه‌ای در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی یاسوج با طول جغرافیایی ۴۱° ۵۱' شرقی و عرض جغرافیایی ۵۰° ۳۰' شمالی و ارتفاع ۱۸۷۰ متر از سطح دریا در سال ۱۳۸۸ اجرا شد. خاک محل آزمایش لوم شنی، دارای $pH=7/8$ و $EC=0/58$ دسی‌زیمنس بر متر و میزان پتاسیم قابل استفاده آن ۲۶۲ میلی‌گرم در لیتر بود. آزمایش به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. دور آبیاری به‌عنوان کرت اصلی شامل فواصل آبیاری ۷، ۱۴ و ۲۱ روز و زمان مصرف کود پتاسیم به میزان ۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار در چهار مرحله به‌عنوان کرت‌های فرعی شامل: کاربرد پتاسیم در زمان کشت (شاهد)، در مراحل پنجه‌دهی، ساقه‌دهی و گل‌دهی بود. ارزن دمروباهی رقم k-f.m.9 از مؤسسه تهیه نهال و بذر کرج، که مناسب با شرایط اقلیمی منطقه مورد مطالعه بود، تهیه گردید. زمین محل آزمایش در اوائل بهار، قبل از کاشت در عمق ۳۰-۲۰ سانتی‌متر شخم و بلافاصله دو دیسک عمود برهم زده شد و عملیات تسطیح زمین انجام گرفت. سپس به‌وسیله شیارکن، جوی و پشته‌هایی با فاصله ۳۵ سانتی‌متر ایجاد گردید. کود فسفر به

جدول ۱. تجزیه واریانس کلروفیل a، کلروفیل b و نسبت کلروفیل a به b برزن تحت تأثیر دور آبیاری و کود پتاسیم

میانگین مربعات						
منابع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل (a+b)	نسبت کلروفیل a به b	تعداد دانه در خوشه
تکرار	۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱	۰/۴۳۶	۶۸۰۷/۲۹
دور آبیاری	۲	۲/۰۲**	۰/۴۸۶**	۴/۴۲**	۲/۴۵۰**	۲۷۹۵۲۱۵/۰۵**
خطای a	۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	۰/۳۹۷	۷۱۰۱۱/۷۴
کاربرد پتاسیم	۳	۰/۰۴۳**	۰/۰۰۲**	۰/۰۸**	۱/۲۲۲	۵۷۲۴۱۶/۲۵**
دور آبیاری × کود پتاسیم	۶	۰/۲۱۴**	۰/۰۲۴**	۰/۳۳**	۱/۶۵۲	۲۱۵۵۸/۸۵
خطای b	۱۸	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۱۰۳	۱۸۱۷۵/۹۴
ضریب تغییرات (درصد)		۴/۸	۱۰/۷	۴/۳	۱۱/۵	۴/۸

** و * : به ترتیب معنی دار در سطوح ۱ و ۵ درصد

جدول ۲. میانگین ترکیبات تیماری دور آبیاری و کاربرد کود پتاسیم بر کلروفیل a، b و کلروفیل کل برگ، وزن هزاردانه و عملکرد دانه

تیمارها	کلروفیل a (میلی گرم در گرم وزن تازه برگ)	کلروفیل b (میلی گرم در گرم وزن تازه برگ)	کلروفیل کل (میلی گرم در گرم وزن تازه برگ)	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	دور آبیاری (روز)	
						کاربرد پتاسیم	کاشت
۷	۱/۲۴۶c	۰/۵۵۰bc	۱/۷۹۶c	۲/۳۳cde	۲۵۳۴b	کاشت	
	۱/۳۶۳b	۰/۶۰۹vb	۱/۹۷۲b	۲/۵۳bc	۲۸۰۵a	پنجه دهی	
	۱/۸۸۱a	۰/۸۲۴۳a	۲/۷۱۵a	۲/۸۳a	۲۹۱۹a	ساقه دهی	
	۱/۴۱۶b	۰/۵۱۵۳c	۱/۹۳۱b	۲/۰۳fg	۲۲۴۱c	گل دهی	
۱۴	۱/۲۰۲cd	۰/۳۶۸۰d	۱/۰۴۴f	۲/۳۰de	۲۴۷۷b	کاشت	
	۱/۱۵۵cd	۰/۳۰۴۳de	۱/۴۵۹e	۲/۵۰bcd	۲۷۹۰a	پنجه دهی	
	۰/۶۹۵e	۰/۳۴۸۷d	۱/۵۷۰d	۲/۶۳b	۲۸۵۳a	ساقه دهی	
	۱/۱۲۴d	۰/۳۲۵۳d	۱/۴۴۹e	۱/۹۷g	۲۱۶۸c	گل دهی	
۲۱	۰/۴۲۹۳f	۰/۲۱۰۳f	۰/۶۶۴۳g	۲/۳۰de	۱۸۷۱d	کاشت	
	۰/۶۷۲۳e	۰/۲۳۵۰f	۰/۹۷۷۷f	۲/۳۷cde	۱۹۹۸d	پنجه دهی	
	۰/۷۵۵۷e	۰/۳۰۵۳ef	۰/۹۶۶۰f	۲/۱۷ef	۲۴۵۵b	ساقه دهی	
	۰/۷۶۷۰e	۰/۲۱۱۰f	۰/۹۷۸۰f	۱/۴۰h	۱۶۸۴e	گل دهی	

میانگین های دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی داری ندارند.

شده و از فعالیت نیترات ریداکتاز جلوگیری می‌کند و موجب تجزیه و کاهش محتوای کلروفیلی برگ می‌گردد. هم‌چنین تأثیر کود پتاسیم بر افزایش جذب دو عنصر ضروری آهن و منیزیم برای سنتز کلروفیل توسط آثار منفی تنش که موجب کاهش رشد و جذب عناصر غذایی و نیز تجزیه محتوای کلروفیل برگ می‌شود، خنثی خواهد شد. تأثیر عمده پتاسیم در مرحله گل‌دهی در افزایش بازجذب مواد غذایی ذخیره‌شده و افزایش انتقال در آوند آبکش به سمت مخازن می‌باشد و تأثیر به سزایی بر سنتز کلروفیل نخواهد داشت (۱۴).

نسبت کلروفیل a به b

تأثیر دور آبیاری بر نسبت کلروفیل a به b در سطح ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۱). با افزایش فاصله آبیاری از ۷ به ۱۴ روز، نسبت کلروفیل a به b افزایش، ولی در آبیاری ۲۱ روز کاهش پیدا کرد. بیشترین نسبت از تیمار آبیاری ۱۴ روز و کمترین نسبت از فاصله آبیاری ۷ روز حاصل شد (جدول ۳). با افزایش تنش خشکی، میزان کلروفیل برگ کاهش، ولی نسبت کلروفیل a به b افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد که افزایش نسبت کلروفیل a به b موجب تیره شدن برگ‌ها و افزایش عدد کلروفیل‌متر می‌گردد (۳). احمدی و بیکر (۱) نیز اظهار داشتند که در اثر تنش خشکی، نسبت کلروفیل a به b افزایش می‌یابد. تنش خشکی، غلظت کلروفیل b را بیشتر از کلروفیل a کاهش می‌دهد که باعث افزایش نسبت کلروفیل a به b می‌شود (۴). اعمال تنش خشکی، غلظت کلروفیل a را به طور متوسط در حدود ۳۵ درصد و کلروفیل b را ۳۸ درصد کاهش می‌دهد (۹). نسبت کلروفیل a به b تحت تأثیر زمان کاربرد کود پتاسیم و برهمکنش دور آبیاری و کاربرد کود پتاسیم قرار نگرفت (جدول ۱).

تعداد دانه در خوشه

تعداد دانه در خوشه تحت تأثیر دور آبیاری در سطح ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۱). افزایش فواصل آبیاری سبب کاهش

وزن هزار دانه

فواصل آبیاری بر وزن هزاردانه تأثیر معنی‌داری در سطح ۱٪ داشت (جدول ۴)، به طوری که با افزایش فواصل آبیاری وزن هزاردانه کاهش یافت. بیشترین وزن هزاردانه از فاصله آبیاری ۷ روز (۲/۴۳ گرم) و کمترین آن از فاصله آبیاری ۲۱ روز (۲/۰۵ گرم) به دست آمد (جدول ۲)، که با نتایج بیکنژاد و همکاران (۶) مطابقت دارد. وقوع تنش در مرحله دانه‌بندی بر کاهش وزن هزاردانه بیشتر مؤثر است. به‌طور کلی، وزن دانه تابعی از سرعت و طول دوره پرشدن آن از دو منبع فتوسنتز جاری و انتقال مجدد ذخیره شده در گیاه تأمین می‌شود که به نظر می‌رسد با افزایش فواصل آبیاری و تخلیه رطوبت بیشتر خاک، این مؤلفه‌ها از سرعت و مدت کمتری نسبت به شرایط عدم تنش برخوردار بودند و در نتیجه سبب کاهش وزن دانه گردیدند. تأثیر زمان مصرف کود پتاسیم بر وزن هزاردانه در سطح ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). وزن هزاردانه با کاربرد پتاسیم در مرحله ساقه‌دهی بیشترین و با کاربرد کود پتاسیم در مرحله گل‌دهی کمترین بود (جدول ۳). کمتر بودن وزن هزاردانه با کاربرد کود پتاسیم در مرحله گل‌دهی می‌تواند به دلیل تأثیر آن بر کیفیت محصول بوده باشد (۲۰). افزایش وزن

جدول ۳. مقایسه میانگین‌های نسبت کلروفیل a به b، تعداد دانه در خوشه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و پروتئین خام دانه تحت تأثیر دور آبیاری و کود پتاسیم

تیمارها	نسبت کلروفیل a به b	تعداد دانه در خوشه	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم درهکتار)	شاخص برداشت (درصد)	پروتئین خام (درصد)
دور آبیاری (روز)					
۷	۲/۳۱c	۳۳۱۶/۹۲a	۴۹۰۵/۶a	۵۳/۵۰a	۳/۰۴b
۱۴	۳/۲۱a	۲۷۲۰/۳۳b	۴۸۸۳/۷a	۵۲/۷۴ab	۳/۰۸b
۲۱	۲/۸۱b	۲۳۶۱/۴۶c	۴۱۴۴/۴b	۴۹/۰۳b	۳/۲۲a
کاربرد پتاسیم					
کاشت	۲/۶۰ a	۲۷۳۲/۱۳c	۴۵۲۰/۵bc	۵۰/۸۶ab	۳/۰۲b
پنجه‌دهی	۲/۶۵a	۲۹۰۲/۰۰b	۴۷۸۹/۴ab	۵۳/۰۶a	۳/۰۴b
ساقه‌دهی	۲/۶۷a	۳۰۷۸/۰۰a	۴۹۹۷/۷a	۵۵/۵۵a	۳/۱۶ab
گلدهی	۲/۶۸a	۲۴۸۶/۱۳d	۴۲۷۰/۸c	۴۷/۵۶b	۳/۲۳a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۴. تجزیه واریانس اجزای عملکرد، عملکرد دانه و بیولوژیک، شاخص برداشت و پروتئین خام دانه تحت تأثیر دور آبیاری و کود پتاسیم

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
تکرار	۲	۰/۰۱۶	۱۲۱۳۵/۸	۳۳۴۴۳۳/۸	۳۷/۱۶
دور آبیاری	۲	۰/۴۶**	۱۴۳۰۷۷۵/۱**	۲۲۵۲۸۴۳/۴**	۶۸/۶۳*
خطای a	۴	۰/۰۰۶	۲۲۱۶/۴	۳۶۷۵۱۴/۹	۴۹/۶۲
کاربرد پتاسیم	۳	۱/۰۰۸**	۸۴۵۳۸۸/۳**	۹۰۲۲۱۳/۶**	۱۰۳/۳۵*
دور آبیاری × کود پتاسیم	۶	۰/۰۹۱**	۲۵۸۳۶/۷*	۳۵۹۳۰۲/۲	۲۱/۱۷
خطای b	۱۸	۰/۰۱۱	۷۷۲۸/۵	۱۷۱۶۴۴/۷	۲۴/۶۲
ضریب تغییرات (درصد)		۴/۷	۳/۶	۸/۹	۹/۵
۴/۸					

** و * : به ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱ و ۵ درصد

آبیاری با فاصله ۷ روز موجب رشد بیشتر و افزایش سطح برگ و کود پتاسیم سبب دوام سطح برگ خواهند شد که به تبع آن افزایش تولید مواد فتوسنتزی را خواهد داشت. ولی تنش خشکی سبب کاهش تولید مواد فتوسنتزی از طریق کاهش سطح برگ شده و نیز جذب مواد غذایی را کاهش خواهد داد که سبب کاهش وزن دانه گردید.

دانه با کاربرد پتاسیم می‌تواند نشانه وجود پتانسیل افزایش وزن دانه تحت تأثیر شرایط محیطی و مدیریتی باشد (۱۱). برهمکنش رژیم آبیاری و زمان مصرف کود پتاسیم بر وزن هزاردانه در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۴). بیشترین مقدار وزن هزاردانه از تیمار کاربرد پتاسیم در مرحله ساقه‌دهی از فاصله آبیاری ۷ روز و کمترین مقدار آن از کاربرد کود پتاسیم در مرحله گل‌دهی از فاصله آبیاری ۲۱ روز به‌دست آمد (جدول ۲).

عملکرد دانه

تأثیر دور آبیاری بر عملکرد دانه از لحاظ آماری در سطح ۱٪/ معنی دار بود (جدول ۴)، به طوری که بیشترین عملکرد دانه از فاصله آبیاری ۷ روز (۶۳/۲۶۲۴ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن (۹۶/۲۰۰۱ کیلوگرم در هکتار) از فاصله آبیاری ۲۱ روز به دست آمد. با افزایش فواصل آبیاری و ایجاد تنش خشکی، عملکرد دانه کاهش یافت، به طوری که کاهش عملکرد دانه از فواصل آبیاری ۷ به ۲۱ روز حدود ۲۳/۷ درصد بود (جدول ۲). هرگونه تنشی که فراهمی مواد پرورده را کاهش دهد منجر به کاهش عملکرد می شود. نتایج حاصل با نتایج یاداو و همکاران (۳۰) در ارتباط با کاهش عملکرد دانه گندم ناشی از تنش خشکی مطابقت دارد. تأثیر کاربرد کود پتاسیم بر عملکرد دانه بسیار معنی دار بود (جدول ۴).

کاربرد کود پتاسیم در مرحله ساقه دهی بیشترین عملکرد دانه را داشت (جدول ۲). تأثیر مثبت کود پتاسیم بر افزایش عملکرد دانه توسط بیک نژاد و همکاران (۶) برای ارزن و ولی آبادی و همکاران (۲۷) برای سورگوم و ذرت گزارش شده است. بر همکشی دور آبیاری و کاربرد کود پتاسیم بر عملکرد دانه در سطح ۱٪ معنی دار شد (جدول ۲)، به طوری که بیشترین عملکرد دانه از تیمار کاربرد کود پتاسیم در مرحله ساقه دهی با فاصله آبیاری ۷ روز و کمترین آن از تیمار کاربرد کود پتاسیم در مرحله گل دهی با فاصله آبیاری ۲۱ روز به دست آمد (جدول ۲). نتایج نشان داد که در شرایط تنش رطوبتی، کاربرد کود پتاسیم باعث افزایش محتوی کلروفیل برگ (جدول ۳) گردید. در نتیجه، فتوسنتز و تولید ماده خشک بیشتر تداوم یافته و سبب افزایش عملکرد شد. منگل و فورستر (۲۰) افزایش تولید ماده خشک و عملکرد ذرت با کاربرد پتاسیم را گزارش کردند، که علت آن را به افزایش فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی بیشتری به دانه به تأمین رطوبت ربط دادند.

(جدول ۲). افزایش دور آبیاری تا ۲۱ روز به دلیل ایجاد تنش رطوبتی باعث کاهش معنی دار عملکرد بیولوژیک در مقایسه با شاهد گردید. به طوری که بیشترین عملکرد بیولوژیک (۶/۴۹۰۵ کیلوگرم در هکتار) به فاصله آبیاری ۷ روز تعلق داشت (جدول ۳). کاهش فواصل آبیاری از طریق بهبود شاخص سطح برگ و در نتیجه افزایش سرعت رشد موجب افزایش تجمع ماده خشک در اندام های رویشی و عملکرد بیولوژیک می گردد (۱۲). تأثیر زمان کاربرد کود پتاسیم بر عملکرد بیولوژیک معنی دار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد بیولوژیک از کاربرد کود پتاسیم در مرحله ساقه دهی به دست آمد و با کاربرد کود پتاسیم در مراحل دیگر تفاوت معنی داری داشت (جدول ۳). کود پتاسیم با افزایش معنی دار گسترش ریشه، رشد بخش هوایی را افزایش می دهد و سبب افزایش ماده خشک می شود (۲۷).

شاخص برداشت

اثر دور آبیاری و زمان مصرف کود پتاسیم بر شاخص برداشت در سطح ۱٪ معنی دار بود (جدول ۴). افزایش فواصل آبیاری سبب کاهش شاخص برداشت شد و بیشترین مقدار شاخص برداشت از فاصله آبیاری ۷ روز به دست آمد، به طوری که با فاصله آبیاری ۲۱ روز تفاوت معنی داری داشت (جدول ۳). در آزمایش های یاداو و همکاران (۳۰) در گندم و بروک و همکاران (۷) در ارزن نیز کاهش شاخص برداشت در اثر تنش خشکی گزارش شده است. با کاربرد کود پتاسیم، شاخص برداشت در مرحله ساقه دهی بیشترین و در مرحله گل دهی کمترین بود (جدول ۳). یومار (۲۵) نشان داد که کود پتاسیم بر عملکرد تأثیر مثبت داشته و سبب افزایش عملکرد دانه و شاخص برداشت شده است.

پروتئین خام دانه

تأثیر رژیم آبیاری و زمان کاربرد کود پتاسیم بر درصد پروتئین دانه معنی دار بود (جدول ۴). با افزایش فواصل آبیاری و

عملکرد بیولوژیک

دور آبیاری بر عملکرد بیولوژیک تأثیر معنی داری داشت

اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۳).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج نشان داد که با افزایش فواصل آبیاری و ایجاد تنش خشکی ناشی از آن میزان رشد و اجزای عملکرد ارزن به شدت کاهش یافت و نهایتاً سبب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گردید. کاربرد کود پتاسیم در مراحل اولیه رشد بر عملکرد و اجزای آن تأثیر معنی‌دار افزایشی داشت، در حالی که در مراحل زایشی سبب بهبود کیفیت دانه ارزن گردید.

القای تنش، بر درصد پروتئین دانه افزوده شد. بیشترین درصد پروتئین دانه از فاصله آبیاری ۲۱ روز و کمترین آن از فاصله آبیاری ۷ روز به دست آمد (جدول ۳). محسن‌آبادی و همکاران (۲۲) نیز در منداب به نتایج مشابهی دست یافتند. مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) نشان داد که بیشترین درصد پروتئین دانه از تیمار کاربرد کود پتاسیم در مرحله گل‌دهی حاصل شد. منگل و فورستر (۲۰) با انجام تحقیقی، افزایش درصد نیتروژن از طریق تأثیر کود پتاسیم بر انتقال تولیدات فتوسنتزی در ذرت را گزارش نموده‌اند. کمترین درصد پروتئین به کاربرد کود پتاسیم در مراحل کاشت و پنجه‌دهی تعلق داشت که با یکدیگر

منابع مورد استفاده

- Ahmadi, A. and D. A. Biker. 2000. Stomatal and nonstomatal militants of photosynthesis under water stress conditions in wheat plant. *Iranian Journal of Agricultural Science* 31: 813-826. (In Farsi).
- Andersen, M. N., C. R. Jansen and R. Losch. 1992. The interaction effects of potassium and drought in field grown barley. I. Yield, water-use efficiency and growth. *Soil Plant Science* 42: 34-44.
- Antolin, M. C., J. Yoller and M. Sanchez-Diaz. 1995. Effects of temporary drought on nitrate-fed and nitrogen-fixing alfalfa plants. *Plant Science* 107: 159-165.
- Ashraf, M. Y., A. R. Azmi, A. H. Khan and S. A. Ala. 1994. Effect of water stress on total phenols, peroxidase activity and chlorophyll content in wheat (*Triticum Aestivum* L.). *Acta Physiologiae Plantarum* 16: 185-191.
- Bidinger, F. R., V. Mahalakshmi and G. D. P. Rao. 1987. Assessment of drought resistance in pearl millet (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke). II. Estimation of genotype response to stress. *Australian Journal of Agricultural Research* 38: 49-59.
- Biecknjad, S., M. Azizi, V. Rameh and M. Afzali. 2010. Effect of different potassium and magnesium rates on the yield and yield components of soybean genotypes. In: The Proceeding of 11th Iranian Crop Science Congress, Iran, 24-26 July 2010, 1: 3035-3037. (In Farsi).
- Bruck, H., W. A. Payne and B. Sattelmacher. 2000. Effects of phosphorus and water supply on yield, transpiration, water-use efficiency and carbon isotope discrimination of pearl millet. *Crop Science* 40: 120-125.
- Cakmak, I. 2002. Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways. *Plant Soil* 247: 3-24.
- Castrillo, M., and I. Turujillo. 1994. Ribulose-1, 5-bisphosphate carboxylase activity and chlorophyll and protein contents in two cultivars of French bean plants under water stress and dewatering. *Photosynthetic* 30: 175-181.
- Eihadi, H., K. M. Ismail and M. A. Akahawy. 1997. Effect of potassium on the drought resistance of crops in Egyptian conditions. In: Food Security in the WANA Region, the essential need for balanced fertilization. International Potash Institute, Basel, pp. 328-336.
- Fanaei, H. R., M. Galavi, M. Kafi, A. Ghanbari Bonjar and H. Shirani-rad. 2009. Effect of potassium fertilization and irrigation on yield and water use efficiency of canola and Indian mustard species (*B. napus*. L. and *B. juncea* L.). *Iranian Journal of Crop Science* 11(3): 273-291. (In Farsi).
- Ibrahim, Y. M., V. Marcarian and A. K. Dobrenz. 1995. Pearl millet response to different irrigation water stress: II. Porometer parameters, photosynthesis, and water use efficiency. *Emirates Journal of Agricultural Science* 7: 20-38.
- Jafari, A., V. Connolly, A. Frolich and E. K. Walsh. 2003. A note on estimation of quality in perennial ryegrass by near-infrared spectroscopy. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 42: 293-299.
- Kazemi Arbat, H. 1995. Special Agronomy. Vol. 1: Cereal Crops, Center of University Press, Tehran, Iran. (In Farsi).
- Khazaie, H. R., A. A. Mohammadabadi and A. Borzoei. 2005. The effect of drought stress on morphological and physiological characteristics of millet. *Iranian Journal of Field Crops Research* 3: 35-44. (In Farsi).

16. Koochaki, A., M. Hosseini and H. R. Khazaie. 1997. Sustainable Agriculture Systems. University of Ferdowsi, Mashhad, Iran.
17. Li, H., X. Yang and A. Luo. 2001. Ameliorating effect of potassium on iron toxicity in hybrid rice. *Journal of Plant Nutrition* 24: 1849-1860.
18. Maqsood, M. and S. N. Azam Ali. 2007. Effects of environmental stress on growth, radiation use efficiency and yield of finger millet (*Eleusine coracona*). *Pakistan Journal of Botany* 39: 463-474.
19. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London, pp. 313-323.
20. Mengel, K. and H. Forester. 2002 The effect of potassium on translocation of photosynthesis and yield pattern of *Zea mays*. *Journal of Science, Food and Agronomy* 24: 1479-1487.
21. Mihalovic, N., M. Lazarevic, Z. Dzeletovic, M. Vuckovic and M. Durdevic. 1997. Chlorophyllase activity in wheat, *Triticum aestivum* L. leaves during drought and its dependence on the nitrogen ion form applied. *Plant Science* 129: 141-146.
22. Mohsen Abadi, Gh. R., N. Khodabeh, Y. Arshi and A. Paighambari. 2001. Effects of nitrogen application and irrigation on yield and yield components in two rapeseed cultivars. *Iranian Journal of Agricultural Science* 32: 765-772. (In Farsi).
23. Remison, S. U. and E. O. Lucas. 1982. Effects of planting density on leaf area and productivity of two maize cultivars in Nigeria. *Experimental Agriculture* 18: 93-100.
24. Seghatoleslami, M. J., M. Kafi and E. Majidi. 2008. Effect of deficit irrigation on yield, WUE and some morphological and phonological traits of three millet species. *Pakistan Journal of Botany* 40: 1555-1560.
25. Umar, S. 2006. Alleviating adverse effects of water stress on yield of sorghum, mustard and groundnut by potassium application. *Pakistan Journal of Botany* 38: 1373-1380.
26. Valadabadi, S. A. R. and H. Aliabadi Farahani. 2010. Studying the interactive effect of potassium application and individual field crops on root penetration under drought condition. *Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development* 2: 82-86.
27. Valadabadi, S. A. R., H. Aliabadi Farahani and M. A. Khalvati. 2009. Evaluation of grain growth of corn and sorghum under K₂O application and irrigation according. *Asian Journal of Agricultural Sciences* 1: 19-24.
28. Welch, M. 2003. Farming for nutritious foods: Agricultural technologies for improved human health. IFA-FAO Agricultural Conference, Rome, Italy.
29. Yadav, O. P. and S. K. Bhatnagar. 2001. Evolution of indices for identification of pearl millet cultivars adapted to stress and non-stress condition. *Field Crops Research* 70: 201-208.
30. Yadav, R. S., C. Gayadin and A. K. Jaiswal. 2001. Morpho-physiological changes and variable yield of wheat genotypes under moisture stress conditions. *Indian Journal of Plant Physiology* 6: 390-394.

Effect of Timing of Potassium Application on Millet (*Setaria italica*) Yield and Grain Protein Content in Different Irrigation Regimes

A. Hayati, M. Ramroudi* and M. Galavi¹

(Received :Jan. 24-2011 ; Accepted : Nov. 2-2011)

Abstract

The research on reducing the water consumption in conventional cropping system is one of the important strategies to improve the water use efficiency in agriculture. In order to investigate the effect of time of potassium application under different irrigation regimes on millet grain yield and protein percent, a field experiment was carried out in Agricultural Research Center of Yasuj, Iran, in 2009. The experiment was conducted as split plot design in a randomized complete blocks design with 3 replications. Irrigation regime included 7, 14 and 21-day intervals as main factor and sub-plots included time of potassium fertilizer application in four stages: planting, tillering, stem development and flowering. The results showed that the effect of irrigation interval was significant on 1000-seed weight, grain and biological yield, number of grains per spike, harvest index, protein content, and chlorophyll a, b and total of leaves. By increasing the irrigation interval, all the above-mentioned traits decreased, except the protein percent that increased. The 1000-seed weight, grain and biological yield, harvest index and protein content were affected significantly by the time of potassium application. Maximum grain yield was obtained by interaction of 7- day irrigation interval and potassium application at the stem development stage. Maximum grain protein content was measured in potassium application at flowering stage. In general, increasing the irrigation interval, and subsequent water stress, reduced plant growth and yield components. Application of potassium fertilizer at early growth stages increased yield and yield components, while in reproductive stages increased seed quality.

Keywords: Leaf chlorophyll, Flowering, Biological yield, Irrigation intervals.

1. Former MSc. Student and Assoc. Profs. of Agron., Respectively, College of Agric., Zabol Univ., Zabol, Iran.

*: Corresponding Author, Email: m_ramroudi@yahoo.com