

پاسخ ارزن دم‌روباهی به زمان کاربرد کود پتاسیم در رژیم‌های مختلف آبیاری

امین حیاتی^۱، محمود رمرودی^{۲*}

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

۲. دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۱/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۵/۲۵

چکیده

به منظور بررسی تأثیر زمان مصرف کود پتاسیم و دور آبیاری بر خصوصیات زراعی، عملکرد و کیفیت دانه 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 ۷، ۱۴ و ۲۱ روز به عنوان عامل اصلی و زمان کاربرد کود پتاسیم در مراحل کاشت، پنجه‌زنی، ساقه‌دهی و گلدهی به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد تأثیر دور آبیاری بر ارتفاع بوته، تعداد برگ، اندازه خوشه، عملکرد دانه، میزان کلروفیل برگ، درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب و پروتئین دانه در سطح یک درصد معنی‌دار شد، به طوری که با افزایش فواصل آبیاری ویژگی‌های مورد بررسی کاهش نشان دادند، در حالی که درصد پروتئین دانه افزایش یافت. ارتفاع بوته، عملکرد دانه، کلروفیل برگ، درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب و پروتئین دانه نیز تحت تأثیر کاربرد کود پتاسیم قرار گرفتند و کاربرد پتاسیم تا مرحله گلدهی بر ویژگی‌های مورد بررسی افزایشی بود. برهمکنش دور آبیاری و زمان کاربرد پتاسیم بر ارتفاع بوته، عملکرد دانه، کلروفیل برگ و کربوهیدرات‌های محلول در آب دانه معنی‌دار شد. بیشترین عملکرد دانه از کاربرد کود پتاسیم در مرحله ساقه‌دهی با دور ۷ روز آبیاری و بیشترین درصد پروتئین دانه از دور ۲۱ روز آبیاری و کاربرد پتاسیم در مرحله گلدهی حاصل شد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین، دور آبیاری، کربوهیدرات، کلروفیل برگ، عملکرد دانه.

مقدمه

نسبت به سایر غلات محصول بیشتری تولید کند. لذا ارزن می‌تواند گیاه مناسبی برای کاشت در مناطق کم آب باشد (Kazemi Arbat, 1995).

نتایج تحقیقات متعدد نشان داده است که تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه سبب کاهش عملکرد دانه، تعداد دانه در واحد سطح و وزن هزار دانه ارزن می‌گردد (Bidinger et al., 1987; Valadabadi and Alhabadi Farahni, 2010)، اما محتوای پروتئین دانه افزایش می‌یابد (Mahalakshmi et al., 1985; Bidinger et al., 1987). ابراهیم (Ibrahim, 1984) با بررسی خصوصیات زراعی و فیزیولوژیک ارزن مرورید تحت تنش خشکی گزارش نموده است که تنش خشکی، رشد و اجزای عملکرد را به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار می‌دهد. کونور و

گرایش جدید جامعه جهانی به سمت کشاورزی پایدار در راستای کاهش استفاده از نهاده‌های مختلف و تعیین زمان دقیق کاربرد آن‌ها به ویژه نهاده‌های شیمیایی است. دست-یابی به کشاورزی پایدار راهکاری مناسب برای حل مشکلات کشاورزی رایج است (Koocheki et al., 1997).

کمبود آب یکی از عوامل محدودکننده تولید گیاهان زراعی محسوب می‌شود (Sadras and Milory, 1996). در شرایط کم‌آبی و محدودیت منابع آبی تغییر الگوی کشاورزی به سمت کشت گیاهان سازگار به خشکی می‌تواند راهکار بسیار مناسبی باشد. ژنوتیپ‌های مختلف ارزن به دلیل کوتاه بودن فصل رشد و داشتن برخی خصوصیات ویژه به آب کمتری نیاز دارند و می‌توانند در شرایط مساعد محیطی

بهره‌وری از آب در شرایط کمبود پتاسیم اغلب کاهش می‌یابد، یعنی جذب دی‌اکسید کربن در کمبود پتاسیم شدیداً کاهش یافته، زیرا پتاسیم برای تورژسانس سلول‌های مرستمی از اهمیت اجتناب‌ناپذیری برخوردار است (Habibzadeh and Mirnia, 2004). غلات در مرحله رشد رویشی خود به‌شدت نسبت به تغذیه با پتاسیم جواب مثبت می‌دهند، درحالی‌که این عنصر بعد از گلدهی برای تولید محصول اهمیت چندانی ندارد، بلکه در کیفیت محصول تأثیرگذار است. افزایش پتاسیم در محیط ریشه موجب افزایش معنی‌دار بخش‌های هوایی و ریشه و افزایش کلروفیل برگ می‌گردد (Yamauchi and Peng, 1995; Li et al., 2001). زیرا پتاسیم سبب انتقال مواد فتوسنتزی به اندام‌های گیاهی می‌شود (Valadabadi and Alhabadi, 2010; Farahni, 2010).

پتاسیم جهت تشکیل و انتقال کربوهیدرات‌ها، انجام فتوسنتز و ساخت پروتئین در گیاه ضروری است. گیاهانی که مقادیر زیادی نشاسته سنتز و ذخیره می‌کنند مانند غلات، میزان زیادی پتاسیم نیاز دارند. پتاسیم به‌عنوان عنصر قند ساز در گیاهان به شمار می‌رود. به‌طورکلی پتاسیم سبب تولید، تجمع و انتقال هیدرات‌های کربن می‌شود (Heidari Sharifa Abad, 2004). در مقادیر کافی کود پتاسیم توسعه ریشه و ساقه به‌خوبی صورت گرفته و عملکرد دانه، وزن هزار دانه و ارتفاع بوته افزایش می‌یابد. همچنین کاربرد کود پتاسیم به‌صورت تقسیط سبب افزایش عملکرد دانه نیز می‌گردد (Shinde et al., 1993). کاربرد پتاسیم سبب می‌شود تا اثرات سوء تنش خشکی بر گیاهان به‌واسطه افزایش انتقال مواد فتوسنتزی و عمق نفوذ ریشه کاهش یابد و سبب افزایش بازده مصرف آب در شرایط تنش خشکی گردد (Valadabadi and Alhabadi Farahni, 2010). در شرایط تنش خشکی کاربرد پتاسیم تأثیر بسیار مثبتی بر افزایش وزن هزار دانه (Valadabadi and Stward, 2010) و عملکرد دانه (Alhabadi Farahni, 2010) دارد. با توجه به نقش مثبت پتاسیم در کاهش اثرات سوء تنش خشکی بر رشد گیاهان، این تحقیق به‌منظور تأثیر کاربرد کود پتاسیم بر عملکرد و کیفیت دانه ارزن دمرابهی تحت شرایط تنش خشکی انجام شد.

سورونیک (Conover and Sovonick, 1989) با مطالعه تأثیر تنش کم‌آبی بر دو گونه سوروف و ارزن مرواریدی مشاهده نموده‌اند که تنش باعث کاهش وزن خشک اندام هوایی در گیاهان مورد مطالعه گردید. شدت این اثر در ارزن مرواریدی کمتر از دو گونه سوروف بود. نتایج بررسی اثر فواصل آبیاری بر خصوصیات مورفولوژیک ارزن، سورگوم و ذرت نشان داده است که تنش خشکی حاصل از افزایش فواصل آبیاری، تولید ماده خشک را در گیاهان کاهش می‌دهد. از آنجایی‌که تعداد میانگره‌ها از عوامل مؤثر در ارتفاع بوته است با توجه به کاهش تعداد گره در شرایط تنش خشکی از ارتفاع بوته کاسته می‌شود (Nibat and Rezvani Moghaddam, 2010). یکی از اثرات تنش خشکی برهم زدن تعادل تغذیه‌ای در گیاه است که سبب کاهش رشد می‌گردد (Lewis and McFarlane, 1986).

در شرایط تنش خشکی، ارتفاع بوته، وزن دانه، عملکرد دانه و بیولوژیک و شاخص برداشت ارزن کاهش می‌یابد (Bidinger et al., 1987; Valadabadi and Alhabadi, 2010; Farahni, 2010). کمبود آب اثرات زیادی بر تشکیل ماده خشک برگ‌ها و خوشه‌ها دارد و تعداد دانه در خوشه کاهش یافته، اما افزایش نسبی وزن هزار دانه قادر به جبران کامل کاهش عملکرد نخواهد بود (Bruck et al., 2000). گزارش شده است که تنش خشکی در ذرت علاوه بر عملکرد، ویژگی‌های کیفی ذرت را نیز تحت تأثیر قرارداد، به‌طوری‌که میزان پروتئین افزایش و میزان هیدرات‌کربن و نشاسته کاهش یافت (Farley and Coot, 1998). تنش خشکی انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها را کاهش می‌دهد و با توجه به این‌که خشکی رسیدن دانه‌ها را تسریع می‌نماید، این عکس‌العمل علاوه بر کاهش فتوسنتز به نقصان عملکرد نیز کمک می‌کند (Valadabadi and Alhabadi Farahni, 2010). تنش کم‌آبی در مرحله پر شدن دانه موجب تسریع در رسیدن دانه و کاهش طول مدت انتقال مواد حاصل از فتوسنتز جاری به دانه‌ها شده، که این عامل موجب لاغر شدن دانه‌ها و کاهش وزن هزار دانه می‌شود (Ghods et al., 2013; Valadabadi and Alhabadi Farahni, 2010). کمبود آب سبب آسیب رساندن به رنگ‌دانه‌ها و پلاستیدها می‌گردد و نیز محتوای کلروفیل تحت تأثیر تنش خشکی کاهش می‌یابد (Castrillo and Turujillo, 1994).

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی یاسوج در سال ۱۳۸۸، با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۸۷۰ متر از سطح دریا، اجرا شد. خاک محل آزمایش لوم-سنی، دارای $pH=7/8$ و $EC=0/58$ دسی زیمنس بر متر و میزان پتاسیم قابل استفاده آن $26/2$ قسمت در میلیون (ppm) بود. آزمایش به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. سطوح دور آبیاری شامل فواصل آبیاری ۷، ۱۴ و ۲۱ روز به عنوان کرت اصلی و زمان مصرف کود پتاسیم (۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار) در چهار مرحله نمو (همزمان با کاشت (شاهد)، پنجه‌دهی، ساقه‌دهی و گلدهی) به عنوان کرت‌های فرعی بودند. اعمال کود پتاسیم در دوره رشد گیاه با باز کردن شیار در کنار ردیف کاشت انجام گرفت. ارزن دم‌روباهی (رقم k-f.m.9) از موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، که مناسب با خصوصیات با شرایط اقلیمی منطقه مورد مطالعه بود، تهیه گردید.

عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و لولر در اوایل بهار انجام شد. سپس به وسیله فاروئر جوی و پشته-هایی بافاصله ۳۵ سانتی‌متری ایجاد گردید. کود فسفر به میزان ۱۰۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل و کود نیتروژن خالص به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار موقع کاشت و ۵۰ کیلوگرم در هکتار قبل از گلدهی به زمین داده شد. کشت بذور در ۱۴ تیرماه بافاصله ۸ سانتیمتر روی ردیف انجام شد. هر کرت آزمایشی دارای ۴ ردیف کاشت به طول ۵ متر بود و پس از کاشت، بلافاصله آبیاری گردید. کنترل علف‌های هرز در طول دوره رشد با دست انجام شد.

پس از رسیدگی فیزیولوژیکی عملکرد دانه با حذف اثر حاشیه، از دو ردیف میانی هر کرت به مساحت ۱ مترمربع تعیین گردید. از هر کرت آزمایشی ۱۰ بوته به‌طور تصادفی و به‌صورت کف‌بر برداشت و ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته و طول خوشه اندازه‌گیری شد. دانه ارزن برای آسیاب کردن جهت تعیین محتوای پروتئین و کربوهیدرات، به آزمایشگاه منتقل گردید. محتوای کلروفیل در برگ تازه در مرحله گرده‌افشانی (Mihalovic et al., 1997) و درصد پروتئین دانه (Jafari et al., 2003) اندازه‌گیری شد. تجزیه واریانس داده‌ها با نرم‌افزار آماری SAS (9.1) و مقایسه میانگین‌ها

براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث:

ارتفاع بوته اثر رژیم آبیاری، زمان کاربرد کود پتاسیم و برهمکنش آن‌ها بر ارتفاع بوته در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین ارتفاع بوته به کاربرد پتاسیم در مرحله ساقه‌دهی و آبیاری ۷ روز و کمترین مقدار آن به کاربرد کود پتاسیم در مرحله گلدهی و آبیاری ۲۱ روز تعلق داشت، که افزایش ارتفاع حدود ۳۰ درصد بود (جدول ۳). به نظر می‌رسد افزایش فواصل آبیاری و تنش ناشی از آن موجب کاهش پتانسیل آب بافت‌های مریستمی در طول روز شده که موجب نقصان پتانسیل فشاری به حدی کمتر از میزان لازم برای بزرگ شدن سلول‌ها می‌گردد و سبب کاهش ارتفاع بوته خواهد شد و همچنین تنش ایجادشده سبب کاهش جذب عناصر غذایی از جمله پتاسیم که عنصر تنظیم‌کننده پتانسیل فشاری جهت بزرگ شدن سلول است، خواهد شد (Heidari Sharif Abad, 2004). کاهش تولیدات فتوسنتزی مورد نیاز جهت رشد را به همراه داشته و موجب کاهش در اندازه و ارتفاع ساقه و اندام هوایی خواهد شد. اعمال تنش رطوبتی به‌ویژه در مراحل حساس نمو (از مرحله طویل شدن ساقه به بعد) باعث کاهش ارتفاع بوته (Neilson and Nelson, 1998) و در نتیجه کاهش تولید و ذخیره مواد فتوسنتزی (Ghods et al., 2003) می‌شود. نتایج آزمایش‌ها متعدد حاکی از آن است که افزایش پتاسیم در محیط ریشه موجب افزایش معنی‌دار ارتفاع اندام‌های هوایی و طول ریشه برنج می‌شود (Yamauchi and Peng, 2001; Li et al., 1995). شیند و همکاران (Shinde et al., 1993) با بررسی کاربرد سطوح مختلف کود پتاسیم در آفتابگردان، افزایش ارتفاع بوته را گزارش نمودند.

تعداد برگ در بوته تعداد برگ در بوته تحت تأثیر رژیم آبیاری در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). افزایش فواصل آبیاری سبب کاهش تعداد برگ در بوته گردید، به‌طوری‌که بیشترین تعداد برگ در بوته از تیمار آبیاری ۷ روز و کمترین آن از تیمار آبیاری ۲۱ روز به دست آمد که حدود ۱۲/۱۳ درصد کاهش داشت، در حالی که تفاوت معنی‌داری بین تیمار آبیاری ۷ و ۱۴ روز مشاهده نشد (جدول ۲). تنش خشکی سبب پیری زودرس برگ‌ها می‌شود و تعداد

بین تیمارهای کاربرد کود پتاسیم در مراحل متفاوت مشاهده نگردید (جدول ۲).

اندازه خوشه تأثیر رژیم آبیاری بر اندازه خوشه گیاه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). افزایش فواصل آبیاری سبب تشدید تنش خشکی در گیاه شده و بالاترین خوشه در تیمار آبیاری ۷ روز که تفاوت معنی‌داری با دور آبیاری ۱۴ روز نداشت، به دست آمد، اما دور آبیاری ۲۱ روز سبب کاهش معنی‌دار اندازه خوشه گردید و کمترین اندازه خوشه را داشت (جدول ۲)، که با نتایج تحقیقات یاداو و همکاران (Yadav et al., 2001) و بریوک و همکاران (Bruck et al., 2000) مطابقت دارد. این محققین دریافتند که کمبود آب اثرات زیادی بر تشکیل ماده خشک برگ‌ها و خوشه‌ها دارد و اندازه خوشه، تعداد دانه در غلاف را کاهش می‌دهند که کاهش عملکرد را به همراه خواهد داشت. کاربرد کود پتاسیم در مراحل مختلف نمودی و برهمکنش آن‌ها بر اندازه خوشه معنی‌دار نبود (جدول ۱).

برگ در بوته تحت تأثیر تنش خشکی نیز کاهش می‌یابد (Nibat and Rezvani moghaddam, 2010). نتایج تحقیق ناخدا و همکاران (Nakhoda et al., 2000) بیانگر کاهش سطح برگ در ارزی علف‌های نوتروفید در شرایط تنش به‌منظور جلوگیری از تخلیه رطوبت خاک قبل از رسیدگی است.

تأثیر کاربرد کود پتاسیم در مراحل مختلف نمودی و برهمکنش آن‌ها بر تعداد برگ معنی‌دار نبود (جدول ۱). ممکن است که تعداد برگ در بوته یک خصوصیت ژنتیکی باشد (Kazemi Arbat, 1995) و کمتر تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار گیرد. نتایج تحقیقی نشان داده است که تأثیر کود نیتروژن سرک بر تعداد برگ در بوته ذرت معنی‌دار نشد (Ramroudi and Mirlohi, 1997). کاربرد کود پتاسیم در مراحل مختلف نمودی فقط سبب حفظ و ثبات سطح برگ موجود شده و تأثیری در افزایش تعداد و سطح برگ نخواهد داشت. بنابراین اختلاف معنی‌داری در

جدول ۱- تجزیه واریانس ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، اندازه خوشه، کلروفیل برگ، عملکرد دانه، کربوهیدرات محلول و پروتئین تحت تأثیر دور آبیاری و کود پتاسیم.

Table 1: Analysis of variance for plant height, leaf number, ear size, leaf chlorophyll, seed yield, water soluble carbohydrate and protein under intervals irrigation and potassium effects.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		ارتفاع بوته	تعداد برگ در بوته	اندازه خوشه	کلروفیل کل	عملکرد دانه	کربوهیدرات محلول	پروتئین
		Plant height	Leaf number	Ear size	Chlorophyll	Seed yield	Water soluble carbohydrate	Protein
S.O.V	df							
تکرار	2	15.89	1.35	0.48	0.01	12135.8	0.4	0.28
Replication								
دور آبیاری (I)	2	2203.3**	7.88**	12.0**	4.42**	1430775.1**	3.25**	0.10**
Interval irrigation								
خطای a	4	14.29	0.28	1.64	0.004	2216.4	0.04	0.06
Error a								
کاربرد پتاسیم (P)	3	69.8**	0.38	0.11	0.08**	845388.3**	1.60**	0.08*
Potassium application								
دور آبیاری × کاربرد پتاسیم	6	42.6**	0.10	0.86	0.33**	25836.7*	0.66**	0.04
P × I								
خطای b	18	7.32	0.37	0.61	0.004	7728.5	0.04	0.02
Error b								
C.V (%)	ضریب تغییرات	2.20	5.30	4.90	4.30	3.60	7.90	4.80

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد

** and * Significant at 1 and 5 % levels of probability, respectively

جدول ۲. مقایسه میانگین‌های تعداد برگ در بوته، اندازه خوشه و پروتئین دانه تحت تأثیر دور آبیاری و کود پتاسیم .

Table 2. Means Comparison of leaf number, ear size and protein under intervals irrigation and potassium effects.

تیمارها Treatments	تعداد برگ در بوته Leaf number per plant	اندازه خوشه Ear size (cm)	پروتئین Protein (%)
دور آبیاری			
Intervals irrigation (day)			
7	11.95a*	16.63a	3.04b
14	11.85a	16.50a	3.09b
21	10.50b	14.84b	3.22a
کاربرد پتاسیم			
Potassium application			
کاشت Planting	11.40a	15.97a	3.02b
پنجه‌دهی Tillering	11.37a	15.98a	3.04b
ساقه‌دهی Stem development	11.73a	16.14a	3.16ab
گلدهی Flowering	11.24a	15.86a	3.22a

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد فاقد تفاوت آماری است.

*Means in each column having at least a common letter are not significantly different.

مینیمم جهت سنتز کلروفیل، توسط اثرات 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 انتقال مجدد مواد غذایی ذخیره‌شده و نیز افزایش انتقال در آوند آبکش به سمت مخازن است که تأثیر بسزایی بر سنتز کلروفیل نخواهد داشت.

عملکرد دانه تأثیر دور آبیاری و کاربرد کود پتاسیم در مراحل مختلف نمو بر عملکرد دانه از لحاظ آماری در سطح ۱ درصد و برهمکنش آن‌ها در سطح ۵ درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۱)، به طوری که بیشترین عملکرد دانه از کاربرد کود پتاسیم در مرحله ساقه‌دهی با ۷ روز آبیاری و کمترین میزان آن از کاربرد کود پتاسیم در مرحله گلدهی با آبیاری ۲۱ روز به دست آمد (جدول ۳)، که به دلیل اثر منفی تنش ایجادشده در اثر افزایش فواصل آبیاری بر میزان عملکرد دانه بوده است. با افزایش فواصل آبیاری به دلیل تنش القاشده به گیاه، میزان رشد و جذب عناصر غذایی از جمله پتاسیم کاهش یافته که سبب کاهش فتوسنتز گردید و عملکرد دانه کاهش پیدا کرد که با نتایج قدسی و همکاران (Ghods et al., 2013) همخوانی دارد که علت آن را تأثیر منفی تنش خشکی بر فعالیت‌های گیاهی ذکر

میزان کلروفیل برگ تأثیر رژیم آبیاری، کاربرد کود پتاسیم در مراحل مختلف نمو و برهمکنش آن‌ها بر میزان کلروفیل برگ در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). بیشترین میزان کلروفیل برگ از تیمار آبیاری ۷ روز و کاربرد کود پتاسیم در مرحله ساقه‌دهی و کمترین میزان آن از تیمار آبیاری ۲۱ روز و کاربرد کود پتاسیم در موقع کاشت به دست آمد (جدول ۳). انتولین و همکاران (Ashraf et al., 1994) و اشرف و همکاران (Antolin et al., 1995) در بررسی تأثیر تنش خشکی بر میزان کلروفیل برگ نشان دادند که با افزایش تنش خشکی و کم-آبی میزان کلروفیل کاهش یافت. کمبود آب سبب آسیب به رنگ‌دانه‌ها و پلاستیدها می‌گردد. کاهش غلظت کلروفیل تحت تنش به واسطه اثر کلروفیل‌لاز، پراکسیداز، تنش اکسیداتیو و ترکیبات فنلی و همچنین گاهی اوقات در شرایط طولانی مدت تنش تا حدودی به دلیل کاهش جریان نیتروژن به بافت‌ها و فعالیت نیتروژن رداکتاز است که در نتیجه موجب تجزیه و کاهش کلروفیل است (Ahmadi and Biker, 2000). لی و همکاران (Li et al., 2001) و یامایوچی و پنگ (Yamauchi and Peng, 1995) در انجام آزمایش‌ها روی برنج به نتایج مشابهی دست یافتند. تأثیر کود پتاسیم در افزایش جذب دو عنصر ضروری آهن و

حال پر شدن منتقل می‌گردد. در صورت ایجاد تنش خشکی گیاه برای تحمل تنش و ادامه رشد از کربوهیدرات‌ها جهت تنظیم اسمزی و حفظ آماس سلولی استفاده خواهد کرد (Heidari Sharif Abad, 2004).

پروتئین دانه تأثیر رژیم آبیاری در سطح یک درصد و کاربرد کود پتاسیم در مراحل مختلف نمو در سطح ۵ درصد بر درصد پروتئین خام دانه معنی‌دار شد (جدول ۲). با افزایش فواصل آبیاری و تنش القاشده بر درصد پروتئین دانه افزوده شد. بیشترین درصد پروتئین دانه از آبیاری ۲۱ روز و کمترین آن از آبیاری ۷ روز به دست آمد (جدول ۳). محسن‌آبادی و همکاران (Mohsen Abadi et al., 2001) در آزمایش روی کلزا به نتایج مشابهی دست یافتند که تنش خشکی سبب افزایش درصد پروتئین دانه شد. فارلی و کووت (Farley and Coot, 1988) نیز دریافتند که تنش میزان پروتئین دانه ذرت را افزایش و میزان هیدرات‌کربن و نشاسته را کاهش می‌دهد. در شرایط تنش قندهای محلول به‌واسطه حفظ آماس از دهیدراسیون پروتئین‌ها جلوگیری کرده و از کاهش پروتئین در شرایط تنش جلوگیری می‌شود.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین درصد پروتئین خام دانه از کاربرد کود پتاسیم در مرحله گلدهی به دست آمد (جدول ۳). منگل و فورستر (Mengel and Forester, 2002) با بررسی تأثیر کود پتاسیم بر انتقال تولیدات فتوسنتزی در ذرت نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. کاربرد کود پتاسیم در مرحله گلدهی، تأثیری در افزایش عملکرد نداشت، بلکه سبب افزایش کیفیت محصول شده که می‌تواند به سبب تأخیر در ریزش برگ‌ها، افزایش کلروفیل برگ و در نتیجه افزایش فتوسنتز باشد. برهمکنش آبیاری و کاربرد کود پتاسیم بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار نبود (جدول ۱).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که تنش خشکی از طریق کاهش تعداد برگ و ارتفاع بوته بر فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه تأثیر منفی داشت و سبب کاهش عملکرد دانه گردید. کاربرد کود پتاسیم به‌ویژه در مراحل اولیه توانست اثرات سوء تنش خشکی را کاهش دهد و باعث افزایش عملکرد دانه گردد، اما کاربرد آن در مرحله گلدهی سبب افزایش کیفیت دانه

نموده‌اند. ماهالاکشمی و همکاران (Mahalakshmi et al., 1985) و کیوماری (Kumari, 1988) گزارش کردند که تنش خشکی در طی پر شدن دانه، عملکرد دانه ارزن را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهد. کاربرد پتاسیم در شرایط تنش شدید خشکی، سبب افزایش عملکرد دانه ارزن می‌گردد (Valadabadi and Alhabadi Farahni, 2010). منگل و فورستر (Mengel and Forester, 2002) تأثیر مثبت کود پتاسیم بر تولید ماده خشک و عملکرد ذرت را گزارش کردند، که علت آن را می‌توان به افزایش رشد و نمو، فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر به دانه ربط داد.

کربوهیدرات‌های محلول در آب دانه میزان کربوهیدرات‌های دانه تحت تأثیر رژیم آبیاری، کاربرد کود پتاسیم در مراحل مختلف نمو و برهمکنش آن‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). بیشترین درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب دانه از آبیاری ۷ روز و کاربرد کود پتاسیم در مرحله ساقه‌دهی و کمترین آن از آبیاری ۲۱ روز و کاربرد کود پتاسیم در مرحله پنجه‌زنی به دست آمد (جدول ۳). فارلی و کووت (Farley and Coot, 1988) بیان کرده‌اند که در شرایط تنش تجمع کربوهیدرات‌های محلول در برگ، معرف عدم انتقال آن‌ها به مقاصد به‌واسطه پائین بودن ظرفیت مقصد (دانه) و عدم نیاز دانه به کربوهیدرات‌های محلول یا بالا بودن قدرت برگ در تولید این ترکیبات و یا نیاز به کربوهیدرات‌های محلول در تنظیم اسمزی برگ است. احتمالاً کمبود آب در مراحل انتهایی رشد باعث کاهش هرچه بیشتر انتقال مجدد نشاسته و کربوهیدرات‌ها نسبت به انتقال عناصر از سایر اندام‌ها به دانه‌ها گردیده به‌نحوی که غلظت عناصر در دانه در شرایط کمبود آب بیشتر از کربوهیدرات‌های مختلف است (Volf and Fischer, 1995). در غلات مرحله ساقه‌دهی از مهم‌ترین مراحل رشد رویشی گیاه است، به دلیل این‌که ساقه محل ذخیره تولیدات مازاد فتوسنتزی است که در آخر فصل رشد به دانه منتقل می‌شوند. غلات در این مرحله بیشترین واکنش را به کود پتاسیم نشان می‌دهند. معمولاً در مرحله خوشه‌دهی و گرده‌افشانی مواد فتوسنتزی که در گیاه به وجود می‌آید، میزان آن بیشتر از احتیاج این دو فرآیند است. مازاد این مواد فتوسنتزی به ساقه منتقل شده و به‌صورت انواع کربوهیدرات‌های ذخیره می‌شود. زمانی که گیاه وارد مرحله پر شدن دانه می‌شود، کربوهیدرات‌های ذخیره به دانه‌های در

گردید. بر اساس نتایج به دست آمده جهت حصول عملکرد روز و کاربرد کود پتاسیم در مراحل اولیه رشد مناسب مطلوب ارزن در منطقه مورد مطالعه، آبیاری به فواصل ۱۴ خواهد بود.

جدول ۳. برهمکنش دور آبیاری و کود پتاسیم بر ارتفاع بوته، عملکرد دانه، کلروفیل برگ، کربوهیدرات های محلول در آب دانه.

Table 3. Interaction effects of intervals irrigation and potassium fertilizer on plant height, seed yield, leaf chlorophyll and water soluble carbohydrate.

تیمارها Treatments		ارتفاع بوته Plant height (cm)	عملکرد دانه Seed yield (Kg.ha ⁻¹)	کلروفیل کل Chlorophyll (µgr)	کربوهیدرات محلول Water soluble carbohydrate (%)
دور آبیاری Intervals irrigation (day)	کاربرد پتاسیم Potassium				
7	کاشت Planting	127.1b	2534b	1.796c	2.650de
	پنجه دهی Tillering	130.8ab	2805a	1.972b	3.21b
	ساقه دهی Stem development	133.0a	2919a	2.715a	3.580a
	گلدهی Flowering	119.5b	2241c	1.931b	3.124bc
14	کاشت Planting	125.5c	2477b	1.044f	2.349ef
	پنجه دهی Tillering	126.4bc	2790a	1.459c	2.645de
	ساقه دهی Stem development	129.8abc	2853a	1.570d	3.530a
	گلدهی Flowering	120.1d	2168c	1.449e	2.845cd
21	کاشت Planting	102.8e	1874d	0.664g	1.678g
	پنجه دهی Tillering	103.2e	1998d	0.978f	1.404g
	ساقه دهی Stem development	104.2e	2455b	0.966f	2.482e
	گلدهی Flowering	102.3e	1684e	0.978f	2.139f

میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد فاقد تفاوت آماری است.

*Means in each column having at least a common letter are not significantly different.

منابع

- Ahmadi, A., Biker, D.A., 2000. Stomatal and nonstomatal limitations of photosynthesis under water stress conditions in wheat plant. Iranian Journal of Agricultural Science. 31, 813-826. [In Persian with English Summary].
- Antolin, M.C., Yoller, J., Sanchez-Diaz, M., 1995. Effects of temporary drought on nitrate-fed and nitrogen-fixing alfalfa plants. Plant Science. 107, 159-165.
- Ashraf, M.Y., Azmi, A.R., Khan, A.H., Ala, S.A., 1994. Effect of water stress on total phenols, peroxidase activity and chlorophyll content in wheat. Acta Physiologiae Plantarum. 16, 185-191.

- Bidinger, F.R., Mahalakshmi, V., Rao, G.D.P., 1987. Assessment of drought resistance in pearl millet (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke). II. Estimation of genotype response to stress. Australian Journal Agricultural Research. 38, 49-59.
- Bruck, H., Payne, W.A., Sattelmacher, B., 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.
- Castrillo, M., Turujillo, I., 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.
- Conover, D.G., Sovonick, S.A., 1989. Influence of water deficits on the water relation and growth of *Echinochloa turneria*, *Echinochloa crus-gali*, and *Pennisetum americanum*. Australian Journal Plant Physiology. 16, 291-304.
- Farley, O.R., Coot, W.J., 1998. Temperature and soil water effect on maize growth, development, and yield and forage quality. Crop Science. 36, 341-348.
- Ghodsi, M., Jalai Kamali, M.R., Chaichi, M.R., Mazaheri, D., 2003. Dry matter accumulation and remobilization in bread wheat cultivars under water stress during pre-and post-anthesis stages in field conditions. Journal of Iranian Field Crop Research. 1, 205-216. [In Persian with English Summary].
- Ghodsi, M.H., Poryusef, M., Jabari, F., Azimi, M. R. 2013. Effects of limited irrigation regime and nitrogen fertilizer on yield and yield components of sorghum var. Payam. Pajohesh and Sazandegi. 99, 141-149. [In Persian with English Summary].
- Habibzadeh, F., Amieni, A., Mirnia, S.Kh., 2004. Effects of different potassium and zinc application on yield and yield components of soybean (*Glycine max* L.) in Mazandaran province. Pajohesh and Sazandegi. 61, 18-24. [In Persian with English Summary].
- Heidari Sharif Abad, H., 2004. Plant and Nutrients. Payam Noor University Press. [In Persian].
- Ibrahim, Y.M., 1984. Agronomical and physiological characters of pearl millet grown under a sprinkler irrigation gradient. PhD dissertation, University of Arizona, U.S.A.
- Jafari, A., Connolly, V., Frolich, A., Walsh, E.K., 2003. A note on estimation of quality in perennial ryegrass by Near Infrared Spectroscopy. Irish Journal Agricultural and Food Research. 42, 293-299.
- Kazemi Arbat, H., 1995. Special Agronomy, Vol. 1 Cereal Crops. Center University Press. [In Persian].
- Koocheki, A., Hosseini, M., Khazaie, H.R., 1997. Sustainable Agriculture Systems. Jahad Daneshgahi Mashad Publication. [In Persian].
- Kumari, S., 1988. The effects of soil moisture stress on the development and yield of millet. Journal of Agronomy. 56, 480-810.
- Lewis, D.C., McFarlane, J.D., 1986. Effect of foliar applied manganese on the growth of safflower and the diagnosis of manganese deficiency by plant issue and seed analysis. Australian Journal of Agricultural Research. 72, 57-59.
- Li, H., Yang, X., Luo, A., 2001. Ameliorating effect of potassium on iron toxicity in hybrid rice. Journal of Plant Nutrition. 24, 1849-1860.
- Mahalakshmi, V., Subramanian V., Biddinger, F. R., Jambunathan, R., 1985. Effect of water deficit on yield and protein content in pearl millet grains. Journal of the Science of Food and Agriculture. 36, 1237-1242.
- Mengel, K., Forester, H., 2002. The effect of potassium on translocation of photosynthesis and yield pattern of *Zea mays*. Journal of the Science of Food and Agriculture. 24, 1479-1487.
- Mihailović, N., Lazarević, M., Dželetović, Z., Vučković, M., Đurđević, M., 1997. Chlorophyll as activity in wheat (*Triticum aestivum* L.) leaves during drought and its dependence on the nitrogen ion from applied. Plant Science. 129, 141-146.
- Mohsen Abadi, Gh.R., Khodabeh, N., Arshi, Y., Paighambari, A., 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 Persian with English Summary].
- Nakhoda, B., Banisadr, N., Hashemi Dezfouli, A., 2000. Water stress effects on forage yield and quality of pearl millet [*Pennisetum*

- americanum* (L.) Leek. Var. Nutrifeed]. Iranian Journal of Agricultural Science. 31, 701-712. [In Persian with English Summary].
- Neilson, D.C., Nelson, N.O., 1998. Black bean sensitivity to water stress at various growth stages. Crop Science. 28, 422-427.
- Nibat, J., Rezvani moghadam, P. 2010. Effect of irrigation intervals on the yield and morphological characteristics of forage millet, sorghum and corn. Iranian Journal of Agricultural Science. 41, 179-186. [In Persian with English Summary].
- Ramroudi. M., Mirlohi. A., 1997. Determination of suitable cultivars and N-topdress rates in corn planted after wheat harvest. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. 1(1), 9-17. [In Persian with English Summary].
- Sadras, V.O., Milory, S. P., 1996. Soil-water thresholds of leaf expansion and gas exchange: A review. Field Crop Research. 47, 253-266.
- Shinde, S.V., Naphade, K., Kohale, S., Fulzele, G., 1993. Effect of varying levels of potash on seed and oil yield of sunflower (*Helianthus annuus*). PKV Research Journal. 17, 31-32.
- Stward, F.C. 2006. Plantphysiology, Vol IX: Water and Solution in Plant. Academic press. Inc. Florida. 347p.
- Valadabadi, A. R., Aliabadi Farahni, H., 2008. Effect of potassium application on quantitative characteristics and root penetration of corn, sorghum and millet under droght stress. Iranian Journal of Agronomy and Breeding, 4, 37-47. [In Persian with English Summary].
- Volf, T., Fischer, K.S., 1995. Growth and yield of sorghum lines extracted from a population for differences in osmotic adjustment. Australian Journal of Agricultural Research. 46, 67-71.
- Yadav, R., Gayadin S., Jaiswal, A.K., 2001. Morph-physiological changes and variable yield of wheat genotypes under moisture stress conditions. Indian Journal Plant Physiology. 6, 390-394.
- Yamauchi, M., Peng, X.X., 1995. Iron toxicity and stress-induced ethylene production in rice leaves. Plant and Soil. 173, 21-28.

