



پاسخ هیبریدهای دیررس ذرت به کاربرد سولفات پتاسیم در شرایط کم آبیاری

زهرة حنطه^۱ و رقیه امینیان^{۲*}

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۲۶

تاریخ بازنگری: ۱۳۹۵/۱۰/۱۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۵/۱۴

چکیده

به منظور بررسی اثر کود پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای در شرایط کم آبیاری و تعیین مؤثرترین صفات بر عملکرد دانه، آزمایشی به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات مناطق خشک و بیابانی کاشان انجام شد. سطوح آبیاری (آبیاری کامل، قطع یک دور آبیاری در مراحل ظهور پانیکول و پر شدن دانه) به عنوان عامل اصلی، مصرف کود پتاسیم در سه سطح ۲۰۰ (مقدار توصیه شده بر اساس آزمون خاک)، ۲۴۵ و ۲۹۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم به عنوان عامل فرعی و دو رقم سینگل کراس ۷۰۰ و ۷۰۴ به عنوان عامل فرعی فرعی در نظر گرفته شدند. اثر آبیاری بر صفات تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، میزان آب نسبی برگ و میزان آب از دست رفته معنی‌دار بود. اثر رقم بر تمامی صفات، به جز میزان آب از دست رفته، و اثر کود بر تمام صفات، به جز تعداد ردیف دانه، معنی‌دار بود. در تمامی صفات، به جز ارتفاع بوته، رقم ۷۰۰ برتر از رقم ۷۰۴ بود. برای اکثر صفات، بیشترین مقادیر در شرایط آبیاری کامل، اعمال کود پتاسیم به مقدار ۲۹۰ کیلوگرم در هکتار و استفاده از رقم ۷۰۰ حاصل شد. حذف یک دور آبیاری در مرحله ظهور پانیکول برای رقم ۷۰۰ و در مرحله دانه‌بندی برای رقم ۷۰۴ موجب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه نگردید. بر اساس تجزیه همبستگی بیشترین همبستگی عملکرد دانه با صفات تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه و شاخص برداشت مشاهده شد. نتایج رگرسیون گام به گام نشان داد که در رقم ۷۰۰ صفات تعداد ردیف دانه، تعداد دانه در ردیف و وزن هزار دانه و در رقم ۷۰۴ صفات عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت به ترتیب ۹۸/۷ و ۹۸/۵ درصد از تغییرات را توجیه نمودند.

واژگان کلیدی: تنش خشکی، ذرت دانه‌ای، رگرسیون گام به گام، کود پتاسیم.

۱- دانش آموخته زراعت، واحد نراق، دانشگاه آزاد اسلامی، نراق، ایران.

۲- استادیار گروه تولید و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.

مقدمه

ذرت گیاهی از تیره‌ی گرامینه و از غلات مهم مناطق گرمسیری و معتدل جهان است که بعد از گندم و برنج از نظر تولید جهانی مقام سوم را به خود اختصاص داده است. این گیاه همچنین دارای ارزش اقتصادی از نظر تغذیه‌ی چهارپایان است (Harris et al., 2007). امروزه ذرت به علت اهمیت فوق العاده زیادی که در تأمین غذای دام‌ها، پرندگان و مصارف دارویی و صنعتی دارد، نسبت به افزایش سطح زیر کشت و همچنین بهبود تکنیک زراعت آن اقدامات اساسی به عمل آمده و در بیشتر کشورهای جهان که دارای شرایط آب و هوایی مناسب برای رشد این گیاه می‌باشند، محصول قابل توجهی تولید می‌نماید. به دلیل رشد رویشی بالای ذرت و به دلیل اینکه در مناطق گرم و مرطوب رشد بیشتری دارد، تأمین آب مورد نیاز یکی از موضوعات اساسی در کشت ذرت می‌باشد. از آن جا که رقم، عوامل زراعی همچون تراکم و آرایش کاشت، برنامه و روش آبیاری، کوددهی و تاریخ کاشت از طریق تغییر در بروز پتانسیل‌های ژنتیکی و بهره‌وری از عوامل محیطی، عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهند، اطلاع از هر یک از پارامترهای فوق می‌تواند در حصول عملکرد مطلوب حایز اهمیت باشد (Khajehpour, 2013).

تنش خشکی جزو تنش‌های محیطی بوده که اثرات نامطلوب زیادی بر رشد و تولید گیاهان زراعی می‌گذارد (Xiong et al., 2002). تنش خشکی عملکرد ذرت و دیگر محصولات زراعی را به واسطه‌ی، کاهش جذب تشعشعات فعال فتوسنتزی توسط کانوبی، کاهش کارایی مصرف تشعشع و کاهش شاخص برداشت تحت تأثیر قرار می‌دهد (Hugh and Richard, 2003). تنش

خشکی در زمان گل‌دهی منجر به اختلال در خروج کلاله‌ها از بلال می‌شود، در نتیجه کلاله‌ها خشک شده و متعاقباً کاهش تعداد دانه در بلال اتفاق می‌افتد (Khalily et al., 2013).

کشت‌های متراکم و عدم استفاده از عنصر پتاسیم طی سالیان گذشته و از طرفی کمبود آب آبیاری و کیفیت نامناسب آب و خاک در اکثر اراضی کشاورزی از عواملی هستند که قابلیت استفاده این عنصر را برای گیاهان محدود کرده و خسارت جبران‌ناپذیری را به میزان تولید و کیفیت محصولات وارد می‌کند. استفاده از کودهای حاوی عنصر پتاسیم باعث بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاهان و افزایش کمی و کیفی محصولات می‌شود (Henteh, 2013). طبق گزارش‌های موجود مقدار برداشت پتاسیم توسط ذرت حتی از نیتروژن بیشتر است (Krauss, 1994). بوکویک و همکاران (Bukvice et al., 2003) گزارش کردند که تعدیل اثرات منفی خشکی از طریق حفظ فشار آماس، کاهش تعریق و افزایش کارایی مصرف آب به واسطه مصرف پتاسیم بوده است. افزایش و بهبود عملکرد دانه، ماده خشک و شاخص برداشت با مصرف مقادیر بالاتر پتاسیم تحت تنش رطوبتی توسط جگ‌تاپ و همکاران (Jagtap et al., 1998) نیز گزارش شده است.

میزان کاهش عملکرد ذرت تحت شرایط تنش به عوامل مختلفی بستگی دارد که می‌توان به مرحله‌ی نمو، شدت و طول مدت تنش، رقم و میزان حساسیت رقم در طی مرحله‌ی گرده‌افشانی اشاره کرد (Henteh, 2013). از آنجایی که خشکی به طور متوسط ۱۷ درصد از عملکرد ذرت دانه‌ای را کاهش می‌دهد و حتی در بعضی از سال‌ها مقدار کاهش عملکرد تا ۷۰ درصد نیز گزارش شده است (Dastbandan-nejad et al., 2010) و با توجه به

کودی (به ترتیب معادل ۲۴۵ و ۲۹۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم) به عنوان عامل فرعی و رقم در دو سطح به عنوان عامل فرعی فرعی در نظر گرفته شدند. رقم سینگل کراس ۷۰۴ به عنوان رقم رایج منطقه و رقم سینگل کراس ۷۰۰ به عنوان رقم جدید مورد بررسی قرار گرفتند. برای مشخص نمودن خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش، قبل از کاشت، با استفاده از مته نمونه برداری، ۱۰ نمونه تصادفی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری خاک مزرعه گرفته شد که نهایتاً از مجموع نمونه‌ها، نمونه همگنی تهیه شد که نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی آن در جدول ۱ ارایه شده است.

در این آزمایش هر کرت فرعی از پنج ردیف کاشت به طول پنج متر تشکیل شده بود. فاصله بین ردیف و روی ردیف‌های کاشت به ترتیب ۷۵ سانتی متر و ۱۸ سانتی متر بود. تراکم بوته بر اساس توصیه‌های تحقیقاتی، ۷۵۰۰۰ بوته در هکتار در نظر گرفته شد. بر اساس آزمون خاک مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر برحسب P_2O_5 (از طریق کود سوپر فسفات تریپل حاوی ۴۶ درصد P_2O_5) قبل از کاشت و میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص (از طریق کود اوره حاوی ۴۶ درصد نیتروژن) یک سوم در زمان کاشت، یک سوم در مرحله شش تا هشت برگی و یک سوم قبل از ظهور گل‌های نر به خاک افزوده شد. کود سولفات پتاسیم نیز بر اساس مقدار تیمار کودی اعمال گردید. آبیاری کامل طی ۱۷ مرحله انجام شد. لازم به توضیح است که در ابتدای فصل رشد با توجه به بالا بودن دما آبیاری هر ۳ روز یکبار و در ادامه فصل رشد نظر به افت دما هر ۱۰ روز یکبار انجام گردید. تنش مرحله پانیکول در اواسط شهریور ماه و با ظهور نیمی از

اینکه بیشترین خسارت ناشی از تنش خشکی به علت تنش در دوران گلدهی و بعد از آن در ذرت اتفاق می افتد، لذا این تحقیق با هدف مقایسه اثر تنش کم آبیاری در دوران گلدهی بر عملکرد دو رقم ذرت دانه‌ای ۷۰۴ و ۷۰۰ تحت مقادیر مختلف کود پتاسیم و یافتن رقم مناسب‌تر برای شرایط خشک و بیابانی کاشان و همچنین تشخیص صفات مهم تأثیرگذار بر عملکرد دانه از طریق تجزیه همبستگی و رگرسیون گام به گام انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱، در ایستگاه تحقیقات مناطق خشک و بیابانی کاشان انجام شد. محل آزمایش در عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۵۹ دقیقه و طول ۵۱ درجه و ۲۷ دقیقه قرار گرفته است. ارتفاع آن از سطح دریا ۹۵۰ متر، دارای اقلیم خشک و بیابانی با بافت خاک سبک تا متوسط، میانگین بارندگی ۱۳۹ میلی متر در سال، تبخیر سالانه ۳۶۰۰ میلی متر، دمای متوسط سالانه ۱۹ درجه سلسیوس و درصد رطوبت نسبی هوای ۲۰ درصد می باشد. آزمایش به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. آبیاری به عنوان عامل اصلی در سه سطح شامل آبیاری کامل، تنش در مرحله ظهور پانیکول (قطع یک دوره آبیاری در این مرحله) و تنش در مرحله پرشدن دانه (قطع یک دوره آبیاری در این مرحله) انجام شد. کود پتاسیم در سه سطح شامل مقدار توصیه شده بر اساس آزمون خاک به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم برحسب K_2O (معادل ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم حاوی ۵۰ درصد K_2O) و مقادیر ۴۵ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم اضافه بر توصیه

برگ جوان جدا کرده و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل نموده و وزن تر (F_w) آنها با ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری شد. سپس برگ‌ها به مدت ۶ ساعت در هوای آزمایشگاه نگهداری و مجدداً توزین شدند ($6w$). بعد از آن نمونه‌ها در دمای ۸۰ درجه سلسیوس و به مدت ۴۸ ساعت در آن قرار گرفتند و وزن خشک (D_w) آنها به دست آمد. در نهایت RWL از رابطه زیر به دست آمد (Gavuzzi *et al.*, 1997).

$$RWL = \{(F_w - 6w) / (F_w - D_w)\} \times 100$$

در این آزمایش محاسبات آماری با استفاده از نرم افزارهای SAS نسخه ۹ و SPSS نسخه ۲۳ انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد و برای رسم شکل‌ها از نرم افزار Excel ۲۰۱۰ استفاده گردید. همبستگی فنوتیپی برای صفات اندازه‌گیری شده با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون انجام گرفت، ضرایب رگرسیون با استفاده از مدل گام به گام جهت تشخیص صفات مهم تأثیرگذار بر عملکرد دانه محاسبه شدند.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد برای این صفت فقط اثر کود و رقم معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه سطوح آبیاری نشان داد که اعمال تنش در مراحل ظهور پانیکول و پر شدن دانه‌ها به ترتیب باعث کاهش هشت و پنج درصدی ارتفاع نسبت به آبیاری کامل شدند. مقایسه سطوح مختلف کودی نیز نشان داد که با مصرف ۲۹۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم ارتفاع نسبت به تیمار مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم تقریباً هفت درصد افزایش یافت. مقایسه دو رقم نیز

پانیکول‌ها و تنش در مرحله پرشدن دانه‌ها در اوایل مهرماه و با شیری شدن نیمی از بلال‌ها صورت پذیرفت. صفات مورد بررسی در این آزمایش شامل ارتفاع بلال، تعداد ردیف دانه، تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، میزان آب نسبی برگ و میزان آب نسبی از دست داده بود. پس از برداشت و توزین کل بلال‌های برداشتی، ۱۰ بلال به طور تصادفی انتخاب و تعداد ردیف دانه در بلال و تعداد دانه در ردیف هر بلال شمارش و از اعداد حاصل میانگین‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک بوته و عملکرد دانه، اندام‌های هوایی پس از جدا شدن با استفاده از دستگاه آون هواکش‌دار (دمای ۷۲ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت) خشک و سپس توزین گردیدند. برای تعیین میزان آب نسبی برگ (RWC) از ۱۰ برگ رسیده و جوان استفاده شد. بعد از جدا نمودن برگ‌ها از گیاه قطعاتی به طول ۱۰ سانتی‌متر از آن‌ها جدا کرده و بلافاصله نمونه‌ها در محیط آزمایشگاهی توسط ترازو توزین شدند (F_w) و سپس به مدت ۲۴ ساعت درون آب مقطر قرار گرفته و در این مدت در محیط آزمایشگاهی با دمای ۲۲ درجه سلسیوس نگهداری شده و دوباره توزین شدند و وزن آماس آنها مشخص گردید (T_w). سپس نمونه‌های برگ در داخل آون به مدت ۴۸ ساعت و دمای ۷۵ درجه سلسیوس قرار داده شدند تا وزن خشک نمونه‌ها (D_w) به دست آید. مقدار آب نسبی برگ از رابطه زیر محاسبه گردید (Diaz-Perez *et al.*, 2006).

$$RWC = \{(F_w - D_w) / (T_w - D_w)\} \times 100$$

برای اندازه‌گیری مقدار آب از دست رفته (RWL) قطعاتی به طول ۱۰ سانتی‌متر از ۱۰

نگردید. معنی‌دار نشدن اثر تیمارهای تنش خشکی بر این صفت نشان دهنده ثبات نسبی این جزء از عملکرد دانه در مقابل تغییرات محیطی است. از آنجا که تعداد نهایی ردیف دانه پیش از سایر اجزای عملکرد روی ناحیه نموی بلال تعیین می‌شود، احتمالاً در مرحله تعیین تعداد ردیف در بلال رقابت چندانی برای دریافت مواد پرورده بین مقصدهای فیزیولوژیک وجود نداشته و به این ترتیب اثر تیمارهای مورد مطالعه تغییر معنی‌داری در این صفت ایجاد نکرده است. ولی برخی از محققین مثل شیخی و همکاران (Sheikhi et al., 2011)، سپهری و همکاران (Sepehri et al., 2001) نتایج متفاوتی نسبت به این تحقیق به دست آوردند.

تعداد دانه در ردیف: نتایج تجزیه واریانس

داده‌ها نشان داد اثر آبیاری، کود و رقم برای این صفت معنی‌دار بود ولی هیچ کدام از اثرات متقابل معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه سطوح مختلف آبیاری نشان داد که تعداد دانه در ردیف در شرایط تنش در مراحل ظهور پانیکول و پر شدن دانه‌ها به ترتیب ۱۶ و ۱۱ درصد کاهش یافت (جدول ۳). شعرباف خجسته و احمدی (Sherbaf-*et al.*, 1998) در آزمایشی که روی ذرت انجام دادند مشاهده نمودند که کاهش عملکرد دانه ذرت در شرایط تنش خشکی در طول دوره رشد، از طریق کاهش دانه بلال صورت گرفت. شیخی و همکاران (Sheikhi et al., 2011) با آزمایشی روی گیاه ذرت، نتیجه گرفتند که تعداد دانه در ردیف در شرایط تنش متوسط و تنش شدید به ترتیب ۳/۱ و ۱۰/۶ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. به نظر می‌رسد بخشی از این تفاوت‌ها به کاهش نمو دانه در وسط و بالای بلال در تنش رطوبتی مربوط می‌شود که بر اثر کاهش

نشان داد که رقم هیبرید ۷۰۴ ارتفاع بیشتری (۱۳۱/۳۰ سانتی‌متر) نسبت به رقم هیبرید ۷۰۰ (۱۲۵/۴۳ سانتی‌متر) داشت (جدول ۳). در آزمایش عزتمند و همکاران (Ezatmand et al., 2011) ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد بین ارقام مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری داشت و رقم ۷۰۴ دارای ارتفاع بیشتری نسبت به رقم ۶۶۶ بود. به نظر می‌رسد رشد طولانی‌تر رقم ۷۰۴ باعث افزایش فاصله بین گره‌ها شده است که در نهایت ارتفاع بوته بیشتری را در این رقم موجب می‌شود. بر طبق پژوهش‌های انجام شده، به طور معمول هیبریدهای دارای ارتفاع زیادتر به دلیل دارا بودن شاخساره بیشتر و در نتیجه افزایش اندازه مبدأ فیزیولوژیک، احتمالاً تولید مواد پرورده بیشتری خواهند داشت (Emam and Seghateleslami, 2005).

تعداد ردیف دانه: نتایج تجزیه واریانس

داده‌ها (جدول ۲) نشان داد آبیاری و کود بر این صفت اثر معنی‌داری نداشت، درحالی‌که اثر رقم بسیار معنی‌دار بود. مقایسه سطوح مختلف آبیاری نشان داد که بیشترین تعداد ردیف دانه در شرایط آبیاری کامل و کمترین تعداد ردیف دانه در شرایط تنش در مرحله پر شدن دانه حاصل شد (شکل ۱- الف). همچنین، مقایسه دو رقم نشان داد که رقم هیبرید ۷۰۰ دارای تعداد ردیف دانه بیشتری (۱۴/۹۴) نسبت به رقم هیبرید ۷۰۴ (۱۳/۶۱) بود (جدول ۳). اثر متقابل رقم در آبیاری نیز معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین تعداد ردیف دانه در آبیاری کامل و تنش در مرحله ظهور پانیکول و برای رقم ۷۰۰ حاصل شد. ربانی و امام (Rabbani and Emam, 2011) در آزمایشی که بر روی گیاه ذرت انجام دادند مشاهده نمودند که اثر تنش خشکی بر تعداد ردیف در بلال معنی‌دار

کرده ولی چنین نتیجه‌ای مغایر با نتایج برخی محققین می‌باشد (Cakir, 2004; Osborn *et al.*, 2002). در آزمایش دیگری نتایج رگرسیون گام به گام نشان داد که در شرایط کم آبیاری وزن هزار دانه و طول خوشه بیشترین اثر را بر عملکرد دانه داشتند (Aharizad *et al.*, 2012). مصرف ۲۹۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم بیشترین وزن هزار دانه را (۱۹۴/۴۴ گرم) سبب شد. همچنین، رقم هیبرید ۷۰۰ دارای وزن هزار دانه بیشتری (۱۷۵/۹۲ گرم) نسبت به رقم هیبرید ۷۰۴ (۱۶۱/۴۸ گرم) بود (جدول ۳).

مقایسه اثر متقابل رقم در آبیاری نشان داد بیشترین مقدار این صفت در شرایط تنش در مرحله پرشدن دانه و استفاده از رقم سینگل کراس ۷۰۴ و کمترین مقدار این صفت در شرایط تنش در مرحله ظهور پانیکول و رقم سینگل کراس ۷۰۴ به دست آمد (شکل ۱-ب). رقم ۷۰۴ در آبیاری کامل و تنش در مرحله ظهور پانیکول وزن هزاردانه کمتری نسبت به رقم ۷۰۰ داشت. احتمالاً در تنش مرحله پر شدن دانه در رقم ۷۰۴ تعداد دانه به دلیل زیاد شدن تعداد گامتوفیت‌های عقیم نسبت به رقم ۷۰۰ کاهش بیشتری داشته و لذا هیدرات‌های کربن به تعداد کمتری دانه اختصاص یافته است. بنابراین، وزن هزار دانه در این رقم نسبت به رقم ۷۰۰ افزایش یافته است.

عملکرد بیولوژیک: نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر آبیاری، کود و رقم برای این صفت معنی‌داری بود، اما هیچ یک از اثرات متقابل معنی‌دار نبودند (جدول ۲). بیشترین عملکرد بیولوژیک در تیمار آبیاری، در شرایط آبیاری کامل و در تیمار کودی ۲۹۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم حاصل شد. همچنین، رقم ۷۰۰ دارای عملکرد بیولوژیک بیشتری (۲۳۳/۲۱ گرم در بوته)

فتوسنتز جاری صورت گرفته است. ستر و همکاران (Setter *et al.*, 2001) اظهار داشتند که فرآیند دانه‌بندی در ذرت به‌وسیله فتوسنتز برگ‌ها، میزان قندها، نشاسته، اسید آسیسیک و سیتوکینین تعیین می‌شود لذا کمبود آب در مرحله گرده‌افشانی از طریق تأثیر بر این پدیده‌ها موجب کاهش دانه‌بندی در ناحیه انتهای بلال می‌شود. عدم تشکیل دانه در اثر تنش خشکی گاهی به علت ناکافی بودن مواد فتوسنتزی فراهم در زمان گرده افشانی، پر شدن دانه و یا مراحل قبل از آن می‌باشد. تنش آب در این مراحل رشد سلول‌های جنینی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Cakir, 2004). مقایسه بین تیمارهای مختلف کود پتاسیم نیز نشان داد بیشترین (۴۴/۵۸) و کمترین (۳۹/۹۸) تعداد دانه در ردیف به ترتیب با کاربرد ۲۹۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم حاصل شد (جدول ۳). دستبندان نژاد و همکاران (Dastbandan-nejad *et al.*, 2010) در آزمایشی که بر روی گیاه ذرت انجام دادند مشاهده نمودند که دوره‌های مختلف آبیاری، سطوح مختلف کود پتاسیم و اثر متقابل این دو بر تعداد دانه در ردیف بلال معنی‌دار گردید.

وزن هزار دانه: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها

نشان داد اثر آبیاری، کود، رقم و اثر متقابل رقم \times آبیاری برای این صفت معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین و کمترین وزن هزار دانه به ترتیب مربوط به شرایط تنش در مرحله پر شدن دانه‌ها (۱۹۲/۷۸ گرم) و آبیاری کامل (۱۵۴/۴۴ گرم) بود (جدول ۳). علت افزایش وزن هزار دانه در شرایط تنش، کاهش تعداد دانه در هر ردیف بلال می‌باشد. در این شرایط مواد فتوسنتزی به تعداد دانه کمتری اختصاص پیدا کرده و در نتیجه وزن هزار دانه نسبت به شرایط بدون تنش افزایش پیدا

پتاسیم در هر روز از عهده کمتر خاک زراعی به ویژه خاک زراعی تخلیه شده بر می آید. پس تحت چنین شرایطی در صورت عدم مصرف کودهای پتاسیمی عملکرد پایین خواهد بود (Haghighi *et al.*, 2010). رقم هیبرید ۷۰۰ با عملکرد ۱۱۴/۸۳ گرم در بوته دارای عملکرد دانه بیشتری نسبت به رقم هیبرید ۷۰۴ با عملکرد ۸۷/۹۹ گرم در بوته بود (جدول ۳). نتایج نشان داد اثر متقابل رقم × آبیاری نیز معنی دار شد. بیشترین مقدار این صفت در شرایط آبیاری کامل و تنش در مرحله ظهور پانیکول و استفاده از رقم سینگل کراس ۷۰۰ و کمترین مقدار این صفت در شرایط تنش در مرحله ظهور پانیکول و استفاده از رقم سینگل کراس ۷۰۴ به دست آمد. عملکرد رقم ۷۰۴ در تنش مرحله دانه بندی نسبت به شرایط آبیاری کامل ۱۶ درصد افزایش یافت (شکل ۱- ج). ممکن است ریشه های این رقم پس از مواجه شدن با تنش کم آبی جهت تأمین آب مورد نیاز گیاه شروع به رشد طولی و گسترش نموده باشند و آب مورد نیاز گیاه تا اندازه ای تأمین شده باشد. همچنین، با توجه به اینکه زمان دانه بندی در پاییز بوده و دمای هوا در این فصل نسبت به تابستان خنک تر بوده است، مقدار آب از دست رفته گیاه از طریق تبخیر و تعرق کمتر بوده و گیاه آب کمتری از دست داده است. عملکرد رقم ۷۰۰ نیز در شرایط تنش کاهش یافت ولی مکانیسم این دو رقم متفاوت بود چون عملکرد رقم ۷۰۰ در تنش مراحل ظهور پانیکول و دانه بندی به ترتیب ۴ و ۱۸ درصد کاهش یافت.

امام (Emam, 2011) بیشتر بودن عملکرد دانه در تیمار اعمال تنش خشکی در مرحله پرشدن دانه نسبت به گلدهی را به انتقال مجدد مواد پرورده نسبت داده است. به طوری که، اگر گیاه

نسبت به رقم ۷۰۴ (۲۰۷/۶۷ گرم در بوته) بود (جدول ۳). به نظر می رسد دلیل کاهش تولید کل ماده خشک در گیاهان تحت شرایط تنش خشکی گسترش نامناسب و تداوم کمتر سطح برگ نسبت به گیاهان شاهد بود که موجب کاهش کارایی استفاده از نور دریافتی و تولید ماده خشک گردید (Osborn *et al.*, 2002; Sepehri *et al.*, 2001). در شرایط محدودیت پتاسیم، علاوه بر اینکه کارایی فتوسنتز در تولید ماده خشک کاهش می یابد، نقل و انتقال مواد فتوسنتزی نیز به اندام های مختلف به کندی صورت می گیرد، لذا کاهش وزن در قسمت های مختلف گیاه به چشم می خورد (Reddy *et al.*, 2000).

عملکرد دانه: تجزیه واریانس نشان

داد اثر کود و رقم برای این صفت معنی دار بود (جدول ۲). بیشترین و کمترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری به ترتیب در شرایط آبیاری کامل (۲۴۹/۶۷ گرم در بوته) و تنش در مرحله ظهور پانیکول (۱۹۸/۰۹ گرم در بوته) حاصل شد. تنش در این مرحله باعث کاهش ۱۰ درصدی عملکرد دانه شد (جدول ۳). بحرانی ترین دوره رشد ذرت از نظر نیاز به آب، مرحله ظهور سنبله نر تا خمیری شدن دانه می باشد (Mir-hadi, 2000; Sajedi *et al.*, 2009). در تیمار کودی، مصرف ۲۹۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم سبب افزایش ۴۳ درصدی عملکرد دانه شد، بدین صورت که عملکرد دانه از ۹۲/۸۷ گرم در بوته در تیمار مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به ۱۲۶/۰۶ گرم در بوته در تیمار ۲۹۰ کیلوگرم در هکتار رسید (جدول ۳). تحقیقات نشان می دهد که ذرت در زمان بالاترین نیاز خود به ۱۲ کیلوگرم در هکتار پتاسیم قابل استفاده نیازمند می باشد که تأمین این مقدار

به دلیل کاهش بیشتر وزن اندام هوایی در مقایسه با عملکرد دانه افزایش شاخص برداشت اتفاق افتاد. رقم ۷۰۰ دارای شاخص برداشت بیشتری نسبت به رقم ۷۰۴ بود (جدول ۳).

نتایج نشان داد اثر متقابل رقم \times آبیاری معنی دار شد. بیشترین مقدار این صفت در شرایط تنش مرحله دانه بندی و استفاده از رقم ۷۰۴ بدست آمد که البته با رقم ۷۰۰ در تمام سطوح تیمار آبیاری تفاوت معنی داری برای این صفت نداشت. کمترین مقدار این صفت در شرایط تنش مرحله ظهور پانیکول و استفاده از رقم سینگل کراس ۷۰۴ به دست آمد (شکل ۱-د).

میزان آب نسبی برگ و میزان آب

نسبی از دست رفته: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر آبیاری، اثر کود، اثر رقم و اثر متقابل آبیاری در کود در رقم برای میزان آب نسبی برگ بسیار معنی دار بود (جدول ۲). بیشترین مقدار این صفت (۸۷/۲۲ درصد) در شرایط آبیاری کامل و کمترین مقدار این صفت (۷۰/۱۱ درصد) در شرایط تنش در مرحله دانه بندی حاصل شد (جدول ۳). یافته‌های محققان دیگر نیز نشان می‌دهد که تنش خشکی موجب کاهش محتوای آب نسبی برگ می‌شود (Sepehri et al., 2001). به نظر می‌رسد کاهش آب برگ به دلیل تعرق زیاد و جایگزین نشدن آن به علت عدم دسترسی ریشه گیاه به آب کافی در تیمار تنش خشکی باشد. در تیمار کودی بیشترین (۸۲/۵۵ درصد) و کمترین (۷۲/۲۲ درصد) مقدار این صفت به ترتیب با مصرف ۲۹۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم حاصل شد. میزان آب نسبی برگ رقم ۷۰۰ (با مقدار ۸۱/۷۸ درصد) بیشتر از رقم ۷۰۴ (با مقدار ۷۷/۰۷ درصد) بود (جدول ۳). کاهش محتوای نسبی آب برگ در بین گونه‌های مختلف و

در هنگام پرشدن دانه با تنش‌های محیطی (به ویژه تنش خشکی) روبرو شود، سهم مواد پرورده در انتقال مجدد در پر شدن دانه بیشتر می‌شود.

شاخص برداشت: نتایج تجزیه واریانس نشان

داد آبیاری تأثیر معنی داری بر شاخص برداشت نداشت، در حالی که اثر کود پتاسیم و رقم بر این صفت در سطح احتمال یک درصد بسیار معنی دار بود (جدول ۲). تحقیقات نشان داده است که تنش موقت و کوتاه مدت تأثیر چندانی بر شاخص برداشت ندارد. کلامیان و همکاران (Kalamian et al., 2005) اظهار داشتند که تنش‌های خفیف تأثیر کمی بر کاهش سطح برگ هیبریدهای پر برگ دارند و تأثیر چندانی بر تولید ماده خشک این هیبریدها ندارند. مقایسه سطوح مختلف آبیاری نشان داد که کمترین شاخص برداشت مربوط به تنش در مرحله پر شدن دانه و بیشترین مقدار این صفت مربوط به تنش در مرحله ظهور پانیکول است (جدول ۳). در شرایط تنش در مرحله پر شدن دانه، عملکرد دانه و اندام هوایی نسبت به شاهد کاهش یافت، ولی میزان این کاهش برای عملکرد دانه بیشتر بود، لذا شاخص برداشت در این شرایط نسبت به شاهد کمتر گردید، ولی در شرایط تنش در مرحله ظهور پانیکول عملکرد اندام هوایی نسبت به دو سطح دیگر آبیاری با شدت بیشتری کاهش یافت. در شرایط آبیاری کامل (شاهد) که تنشی وجود نداشت و در تنش مرحله پر شدن دانه نیز قبل از اعمال تنش حداکثر رشد گیاه صورت گرفته بود. با توجه به اینکه ارتفاع گیاه در شرایط تنش در مرحله ظهور پانیکول نسبت به دو سطح دیگر آبیاری بیشترین کاهش را داشت و معمولاً هیبریدهای دارای ارتفاع کمتر به دلیل دارا بودن شاخساره کمتر، وزن اندام هوایی کمتری دارند لذا

سولفات پتاسیم حاصل شد که البته با سایر سطوح مصرف کود در شرایط آبیاری کامل و تنش در مرحله ظهور پانیکول تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین مقدار این صفت (۵۹ درصد) در شرایط تنش مرحله دانه بندی و مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم مشاهده شد (شکل ۲- الف).

مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری در رقم نشان داد بیشترین میزان آب نسبی از دست رفته (۷۲/۲۲ درصد) مربوط به رقم ۷۰۴ در شرایط آبیاری کامل بود. کمترین مقدار این صفت مربوط به شرایط تنش در مرحله دانه بندی بود که در این شرایط بین رقم ۷۰۰ (با مقدار ۶۳/۱۱ درصد) و رقم ۷۰۴ (با مقدار ۶۲/۷۸ درصد) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۲- ب). در آزمایشی که روی ۵ هیبرید ذرت دیررس، متوسط‌ترس و زودرس انجام شد بیشترین میزان آب نسبی از دست رفته در تیمار بهینه آبیاری کامل مربوط به هیبرید ۷۰۴ و کمترین آن مربوط به هیبرید ۷۰۰ در شرایط تنش خشکی بود (Eivazi et al., 2011).

تجزیه همبستگی و رگرسیون گام به گام

همانطور که در جدول ۴ دیده می‌شود در رقم ۷۰۰ همبستگی صفات تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، میزان آب نسبی برگ و میزان آب نسبی از دست رفته با عملکرد دانه تقریباً یکسان و معنی‌دار است که نشانگر تأثیر تعیین کننده مساوی هر یک از اجزا در تغییرات عملکرد دانه می‌باشد، در حالی‌که در رقم ۷۰۴ اگر چه همبستگی صفات تعداد ردیف دانه، وزن هزار دانه و شاخص برداشت با عملکرد دانه معنی‌دار است اما یکسان نیست و بیشترین همبستگی بین

در بین هیبریدهای مختلف یک گونه به شکل معنی‌داری متفاوت بوده و هیبریدهایی که از افت محتوی نسبی آب برگ کمتری در اثر تنش خشکی برخوردار هستند، ثبات عملکرد بالاتری را نشان می‌دهند (Sheikhi et al., 2011). مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری در کود در رقم نشان داد که بیشترین میزان آب نسبی برگ (۹۴ درصد) در شرایط آبیاری کامل، مصرف ۲۹۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و استفاده از رقم ۷۰۰ و کمترین مقدار این صفت (۶۵ درصد) در شرایط تنش در مرحله دانه بندی، مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و استفاده از رقم ۷۰۴ حاصل شد (شکل ۳). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر آبیاری، اثر کود، اثر متقابل آبیاری در کود و اثر متقابل آبیاری در رقم برای میزان آب نسبی از دست رفته معنی‌دار بود (جدول ۲). کمترین مقدار این صفت (۶۲/۹۴ درصد) در شرایط تنش در مرحله دانه‌بندی و بیشترین مقدار این صفت (۷۲/۶۷ درصد) در شرایط آبیاری کامل حاصل شد که البته با مقدار این صفت در شرایط تنش در مرحله ظهور پانیکول (با ۷۱/۷۸ درصد) تفاوت معنی‌داری نداشت. در تیمار کودی بیشترین مقدار این صفت (۷۱/۳۹ درصد) با مصرف ۲۹۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم حاصل شد. بین مصرف ۲۰۰ و ۲۴۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و همچنین بین رقم ۷۰۰ و ۷۰۴ تفاوتی برای این صفت مشاهده نشد (جدول ۳). اثر متقابل آبیاری در کود و آبیاری در رقم برای میزان آب از دست رفته معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری در کود نشان داد بیشترین مقدار این صفت (۷۶/۱۷ درصد) مربوط به آبیاری کامل و استفاده از ۲۹۰ کیلوگرم در هکتار

را توجیه نمودند (Nasri *et al.*, 2011) که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارد.

نتیجه گیری کلی

با وجود اینکه اثر آبیاری بر صفات تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک، میزان آب نسبی برگ و میزان آب از دست رفته معنی دار بود، ولی اثر معنی داری بر عملکرد دانه نداشت. لذا می توان با مدیریت بهینه در زمان و تعداد دوره های آبیاری و با پایین آوردن تعداد دوره های آبیاری مورد استفاده برای گیاه، خسارت ناشی از کاهش عملکرد را به حداقل رسانید. با توجه به معنی دار شدن اثر متقابل رقم و آبیاری، حذف یک دور آبیاری در شرایط تنش در مرحله ظهور پانیکول برای رقم ۷۰۰ و در شرایط تنش در مرحله دانه بندی برای رقم ۷۰۴ کاهش چشم گیری در عملکرد دانه ایجاد نکرد. با توجه به کمبود آب در این منطقه می توان برای هر رقم یک دور آبیاری را حذف کرد. اثر کود پتاسیم برای اکثر صفات معنی دار بود، لذا با مصرف کود پتاسیم می توان علاوه بر بهبود شرایط تغذیه ای گیاه ذرت و افزایش کمی و کیفی محصول، در پایین آوردن خسارت ناشی از تنش خشکی گام برداشت. در شرایط آبیاری کامل و تنش در مرحله ظهور پانیکول رقم ۷۰۰ عملکرد بهتری نسبت به رقم ۷۰۴ داشت، در حالی که در شرایط تنش در مرحله دانه بندی تفاوتی بین دو رقم مشاهده نشد. نتایج تجزیه رگرسیون و همبستگی نشان داد که در رقم ۷۰۰، صفات تعداد ردیف دانه، تعداد دانه در ردیف و وزن هزار دانه و در رقم ۷۰۴، صفات عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت بیشترین تأثیر را در عملکرد دانه داشتند.

عملکرد و شاخص برداشت ($r=0/87$) مشاهده شد. در مطالعات قبلی نیز بین عملکرد دانه با وزن هزار دانه و تعداد دانه در ردیف همبستگی مثبت و معنی داری گزارش شده است (Amiri *et al.*, 2009). با استفاده از مدل رگرسیون چند متغیره گام به گام با در نظر گرفتن عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به عنوان متغیر مستقل، صفات کم تأثیر و یا بی تأثیر از مدل حذف گردیدند. نتایج تجزیه رگرسیونی نشان داد که در رقم ۷۰۰ صفات وزن هزار دانه، تعداد ردیف دانه و تعداد دانه در ردیف و در رقم ۷۰۴ صفات عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت به ترتیب ۹۸/۷ و ۹۸/۵ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند (جدول ۵ و ۶). زینالی و همکاران (Zinali *et al.*, 2005) در تجزیه رگرسیونی عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته در مقابل بقیه صفات به عنوان متغیرهای مستقل نشان دادند که صفات ارتفاع بوته، وزن ۳۰۰ دانه، تعداد دانه در بوته، تعداد روز از کاشت تا ظهور کاکل ذرت و تعداد برگ مجموعاً ۷۲/۵ درصد از کل تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند. در آزمایشی در ذرت نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام در شرایط تنش نشان داد که صفات تعداد ردیف دانه، وزن ۳۰۰ دانه، تعداد دانه در ردیف و تعداد برگ در بوته در مجموع ۸۳ درصد تغییرات عملکرد دانه را تبیین نمودند (Seyedzavar *et al.*, 2015). در آزمایش دیگری با روش رگرسیون گام به گام، در نهایت سه صفت وزن سنبله در واحد سطح، شاخص برداشت و وزن خشک کل به عنوان صفات تأثیر گذار وارد مدل شدند و ۹۸/۱ درصد از تغییرات عملکرد دانه جو

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک

Table 1- Some physicochemical properties of soil

فسفر Phosphorus (ppm)	پتاسیم Potassium (ppm)	نیتروژن Nitrogen (%)	مواد آلی Organic matter (%)	واکنش خاک pH	هدایت الکتریکی EC (ds/m)	عمق نمونه برداری Depth of sampling(cm)
2.43	107.1	0.02	0.11	7.97	4.89	0-30

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر آبیاری، کود و رقم بر عملکرد و سایر صفات مورد بررسی در ذرت دانه‌ای

Table 2- Analysis of variance for effect of irrigation, fertilizer and cultivar on yield and other studied traits of maize

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تعداد ردیف دانه در بلال Grain row.ear ⁻¹	ارتفاع بوته Plant height	تعداد دانه در ردیف Grain.row ⁻¹	وزن هزار دانه Thousand grain weight
Repetition تکرار	2	1.13ns	446.76ns	58.71ns	1029.6ns
Irrigation(I) آبیاری	2	4.76ns	563.79ns	270.36**	7913.0*
Error(A) خطای اصلی	4	3.06	157.14	11.70	968.52
Fertilizer (F) کود	2	5.79ns	306.26*	140.58**	9013.0**
I×F آبیاری×کود	4	2.41ns	80.41ns	7.02ns	101.85ns
Error(B) خطای فرعی	12	1.66	63.10	3.86	422.22
Cultivar (C) رقم	1	24.00**	465.23*	162.76*	2816.67**
I×C آبیاری×رقم	2	5.60*	153.75ns	12.71ns	4716.7**
C×F رقم×کود	2	3.04ns	74.31ns	5.28ns	116.67ns
آبیاری×کود×رقم I×F×C	4	2.74ns	153.73ns	2.13ns	383.33ns
Error(C) خطای فرعی فرعی	18	1.33	72.02	11.06	274.07
ضریب تغییرات C.V (%)		8.09	6.61	7.96	9.81

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

ns, non-significant, *and ** significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively

ادامه جدول ۲
Table 2- Continued

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	شاخص برداشت Harvest Index	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	میزان آب نسبی برگ RWC	میزان آب نسبی از دست رفته RWL
Repetition تکرار	2	150.77ns	228.13ns	1309.7ns	15.13ns	32.02ns
Irrigation(I) آبیاری	2	388.21ns	472.07ns	12614.5*	1348.7**	497.69**
Error(A) خطای اصلی	4	155.33	605.57	1075.8	7.44	24.21
Fertilizer (F) کود	2	564.64**	8367.18**	7721.6**	139.57**	98.46**
I×F آبیاری×کود	4	4.96ns	67.03ns	350.68ns	6.71ns	24.41*
Error(B) خطای فرعی	12	40.79	174.11	666.75	2.78	6.51
Cultivar (C) رقم	1	564.21**	9404.1**	8802.6**	298.69**	71.90ns
I×C آبیاری×رقم	2	315.84*	2728.5**	1628.0ns	5.69ns	159.46*
C×F رقم×کود	2	17.30ns	35.90ns	234.57ns	0.35ns	20.24ns
آبیاری×کود×رقم I×F×C	4	117.76ns	663.62ns	95.30ns	10.77**	5.85 ns
خطای فرعی فرعی Error(C)	18	64.03	396.24	638.94	2.37	26.61
C.V (%) ضریب تغییرات		17.42	19.67	11.47	1.94	5.32

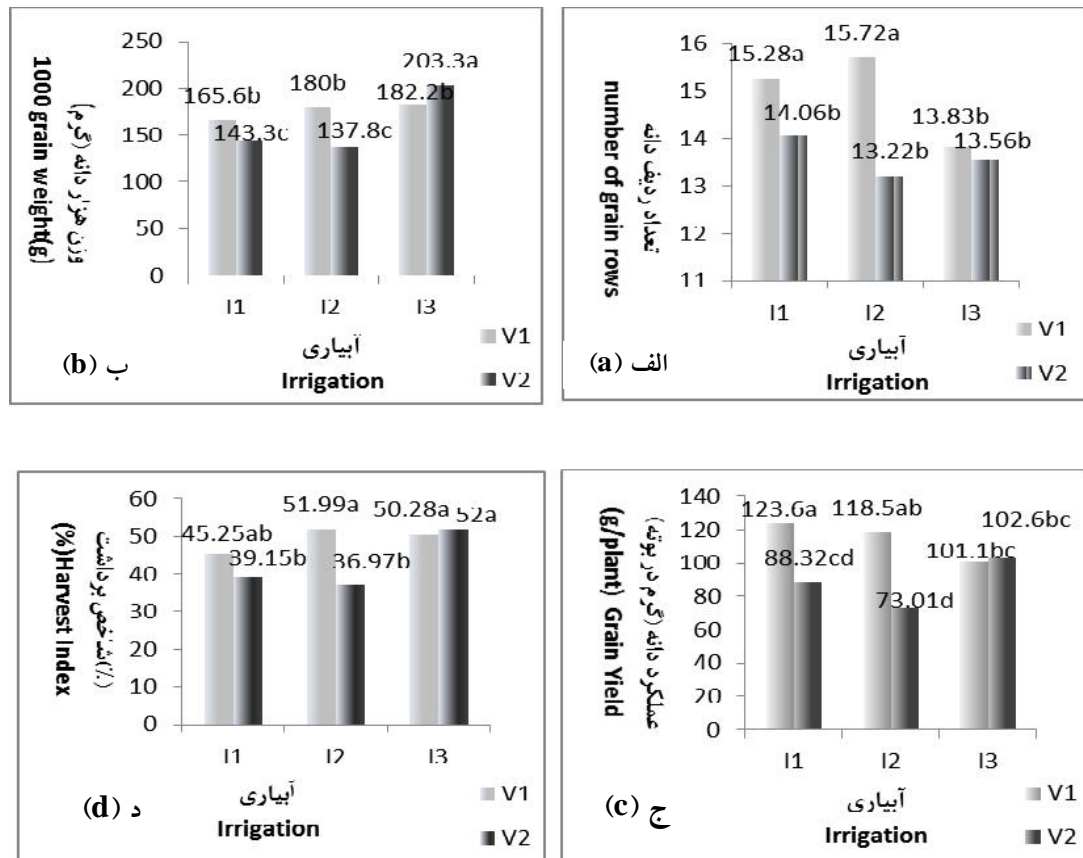
جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد و سایر صفات مورد بررسی ذرت دانه‌ای در سطوح مختلف تیمارهای آبیاری، کود پتاسیم و رقم

Table 3- Mean comparisons of yield and other studied traits of maize at different levels of irrigation, potassium fertilizer and cultivar

تیمار Treatment	میزان آب نسبی برگ RWC (%)	شاخص برداشت Harvest index (%)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (g/plant)	عملکرد دانه Grain yield (g/plant)	وزن هزار دانه Thousand yrain yeight (g)	تعداد دانه در ردیف Grain. row ⁻¹	تعداد ردیف دانه در بلال Grain row.ear ⁻¹	ارتفاع بوته Plant height (cm)	میزان آب از دست رفته RWL (%)
آبیاری									
I ₁	87.22 a	0.41ab	249.67a	105.95a	154.44b	45.97a	14.67a	134.17a	72.67 a
I ₂	80.94 b	0.44 a	213.56b	95.77a	158.89b	40.79b	14.47ab	123.00b	71.28 a
I ₃	70.11 c	0.38 b	198.09b	101.87a	192.78a	38.39c	13.69b	127.92b	62.94 b
کود									
F ₁	77.22 c	0.39b	201.63b	87.92b	153.89b	39.00c	14.72a	124.44b	66.72 b
F ₂	78.50 b	0.40 b	217.05b	89.58b	157.78b	41.57b	13.64b	127.9ab	68.78ab
F ₃	82.55 a	0.44 a	242.63a	126.06a	194.44a	44.58a	14.47a	132.67a	71.39 a
Cultivar									
V ₁	81.78 a	0.44 a	233.21a	114.38a	175.92a	43.45a	14.94a	125.43b	70.11 a
V ₂	77.07 b	0.38 b	207.67b	87.99b	161.48b	39.98b	13.61b	131.30 a	67.82 a

برای هر عامل اعدادی که دارای حرف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند. I₁, I₂ و I₃ به ترتیب آبیاری کامل، تنش در مرحله ظهور پانیکول و تنش در مرحله پر شدن دانه F₁، F₂ و F₃ به ترتیب ۲۰۰ (توصیه کودی)، ۲۴۵ و ۲۹۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم V₁ و V₂ به ترتیب سینگل کراس ۷۰۰ و ۷۰۴ می‌باشند.

For each factor, numbers which have common letters according to Duncan test, have no significant difference at the 5%. I₁, I₂ and I₃, complete irrigation, stress in the stage of panicle emergence and stress in grain filling stage, respectively. F₁, F₂, and F₃ 200 (soil needed), 245 and 290 kg/ha Potassium Sulfate fertilizer, respectively. V₁ and V₂ single cross 700 and single cross 704, respectively.



شکل ۱- اثر متقابل رقم در آبیاری برای صفات الف) تعداد ردیف دانه ب) وزن هزار دانه ج) عملکرد دانه در بوته د) شاخص برداشت

Figure 1- The interaction between cultivar and irrigation for a) number of grain rows b) 1000 grain weight c) grain yield d) harvest index

I₁, I₂, I₃ و I₃ به ترتیب آبیاری کامل، تنش در مرحله ظهور پانیکول و تنش در مرحله پر شدن دانه V₁ و V₂ به ترتیب سینگل کراس ۷۰۰ و ۷۰۴ می-باشند.

I₁, I₂ and I₃, complete irrigation, stress in the stage of panicle emergence and stress in grain filling stage, respectively. V₁ and V₂, single cross 700 and single cross 704, respectively

جدول ۴- تجزیه همبستگی بین عملکرد و سایر صفات ارزیابی شده در ارقام ۷۰۴ و ۷۰۰

Table 4- Correlation analysis between yield and other evaluated traits in KSC 700 and KSC 704

صفات Traits	ارتفاع بوته Plant height	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد بیولوژیک Biological yield	وزن هزار دانه Thousand grain weight	تعداد دانه در ردیف Grain. row ⁻¹	تعداد ردیف دانه در پلاک Grain row.ear ⁻¹	میزان آب نسبی برگ RWC	میزان آب از دست رفته RWL
عملکرد دانه Grain yield (KSC 700)	0.07 ^{ns}	0.69**	0.65**	0.71**	0.68**	0.30 ^{ns}	0.60**	0.52**
عملکرد دانه Grain yield (KSC 704)	0.16 ^{ns}	0.87**	0.30 ^{ns}	0.81**	0.52**	0.35 ^{ns}	-0.04 ^{ns}	0.03 ^{ns}

جدول ۵- مراحل رگرسیون گام به گام برای عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به عنوان متغیر مستقل در رقم ۷۰۰

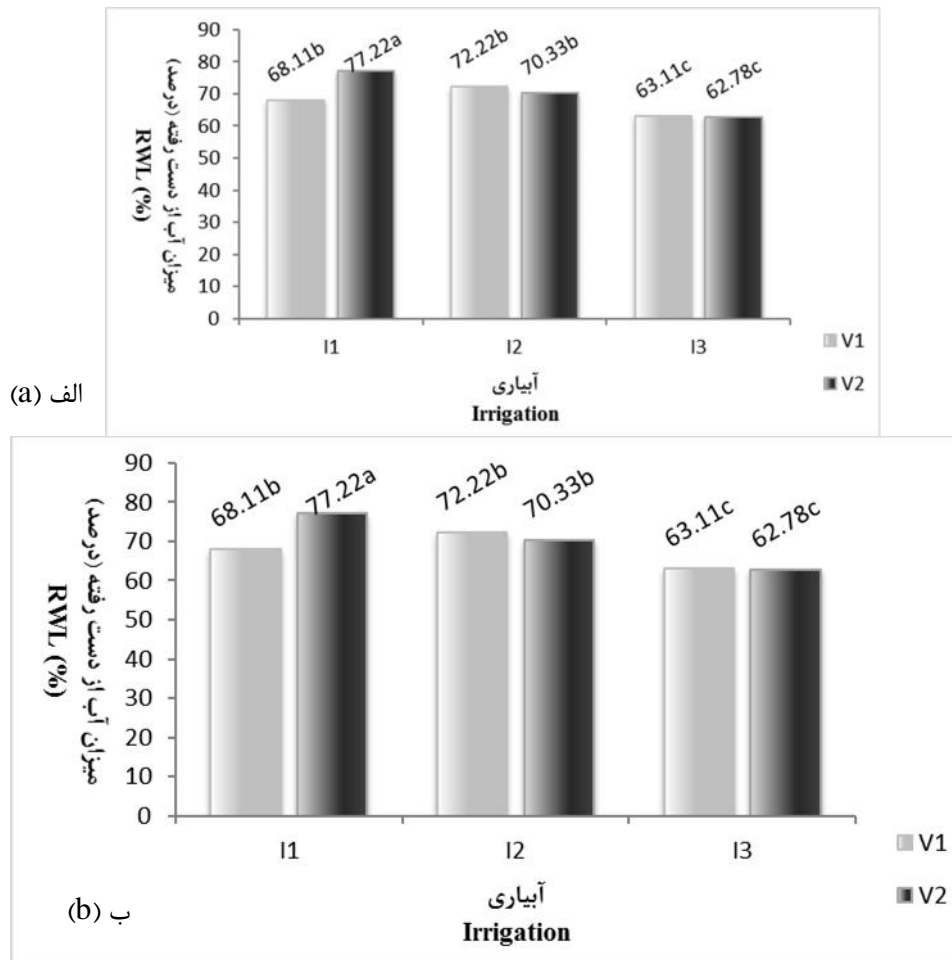
Table 5- Stepwise regression for grain yield (dependent variable) and other traits (independent variable) in KSC 700

صفت اضافه شده به مدل Added trait to model	مراحل رگرسیون گام به گام Stepwise regression stages				
	1	2	3	4	5
عدد ثابت Intercept	-7.20	-159.39	-215.57	-244.58	244.59
وزن هزار دانه Thousand Grain Weight	0.69	0.67	0.74	0.69	0.69
میزان آب نسبی برگ RWC	-	1.92	1.49	-0.10	-
تعداد ردیف در بلال Grain row.ear ⁻¹	-	-	5.21	8.22	8.01
تعداد دانه در ردیف Grain.row ⁻¹	-	-	-	2.83	2.71
ضریب تبیین تعدیل شده Adjusted R ²	0.487	0.820	0.882	0.987	0.987

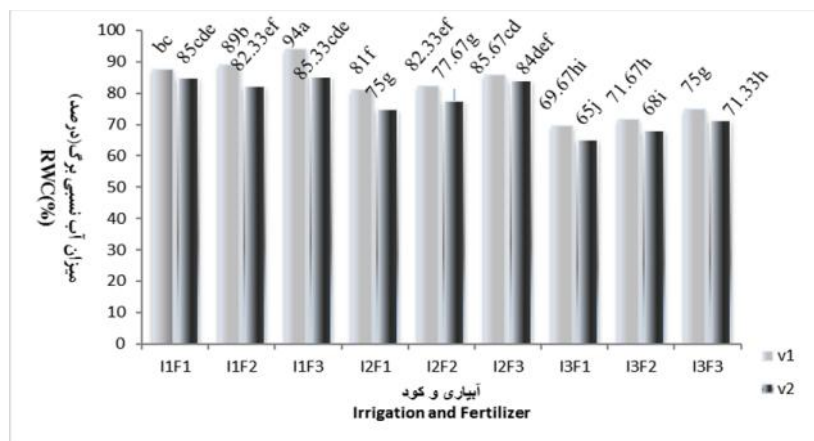
جدول ۶- مراحل رگرسیون گام به گام برای عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به عنوان متغیر مستقل در رقم ۷۰۴

Table 6- Stepwise regression for grain yield (dependent variable) and other traits (independent variable) in KSC 704

صفت اضافه شده به مدل Added trait to model	مراحل رگرسیون گام به گام Stepwise regression stages	
	1	2
عدد ثابت Intercept	3.67	-92.50
شاخص برداشت Harvest Index	1.97	2.19
عملکرد بیولوژیکی Biological Yield	-	0.42
ضریب تبیین تعدیل شده Adjusted R ²	0.749	0.985



شکل ۲- اثر متقابل الف) آبیاری در کود ب) آبیاری در رقم برای صفت میزان آب از دست رفته
Figure 2- The interaction between a) irrigation and fertilizer b) irrigation and cultivar for relative water loss (RWL)



شکل ۳- اثر متقابل آبیاری در کود در رقم برای صفت میزان آب نسبی برگ
Figure 3- The interaction between irrigation, fertilizer and cultivar for relative water content (RWC)

F₁, F₂ و F₃ به ترتیب ۲۰۰ (توصیه کودی)، ۲۴۵ و ۲۹۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم. V₁ و V₂ به ترتیب سینگل کراس ۷۰۰ و ۷۰۴ می باشند.
 F₁, F₂, and F₃ 200 (soil needed), 245 and 290 kg/ha Potassium Sulfate fertilizer, respectively. V₁ and V₂, single cross 700 and single cross 704, respectively.

References

منابع مورد استفاده

- Aharizad, S., S. Shahbazi, A. Mohammadi, A. Fouman Ajirlo, and M. Noruzi. 2012. Response of some grain sorghum genotypes to water deficit. *Journal of Crop Ecophysiology*. 4(5): 1-14. (In Persian).
- Amiri, S., S. Noor-mohamadi, A.A. Jafari, and R. Chugan. 2009. Correlation, regression and path analysis for grain yield and yield components on early maturing hybrids of grain corn. *Journal of Plant Production*. 16 (2): 99-112. (In Persian).
- Bukvice, G., M. Antunovic, S. Poovic, and M. Rastiya. 2003. Effect of P and Zn fertilization on biomass, yield and its uptake by maize lines (*Zea mays* L.). *Plant Soil and Environment*. 49: 505-510.
- Cakir, R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research*. 89 (1): 1-16.
- Dastbandan-nejad, S., T. Saki, and S. Lack. 2010. Study effect of drought stress and different levels of potassium fertilizer on K⁺ accumulation in corn. *Nature and Science*. 8(5): 23-27.
- Diaz-Perez, J.C., K.A. Shackel, and E.G. Sutter. 2006. Relative water content. *Annals of Botany*. 97(1): 85-96.
- Eivazi, A.R., K. Afsharpoor, H. Ranji, S.H. Mousavi, and M. Roshdi. 2011. Effect of drought stress on some physiological traits of corn (*Zea mays* L.) genotypes. *Crop Production in Environmental Stress*. 3(1-2): 1-16. (In Persian).
- Emam, Y. 2011. Cereal production. Shiraz University Press. Fourth edition. 190 pp. (In Persian).
- Emam, Y., and M.J. Seghateleslami. 2005. Crop yield, physiology and processes. Shiraz University Press, 593 pp. (In Persian).
- Ezatmand, R., M. Roshdi, N. Haji-hasani-asl, N. Hoseini, and S. Bodaghi. 2011. Decreasing the effects of drought stress on yield and yield components of corn by potassium consumption. *Journal of Crop Ecophysiology*. 3(1): 31-42. (In Persian).
- Gavuzzi P., F. Rizza, M. Palumbo, R.C. Campanile, G.L. Ricciardi, and B. Borghi. 1997. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. *Canadian Journal of Plant Science*. 77: 523-531.
- Haghighi, K., A. Cherati, M.H. Hadadi, O. Ghasemi, and M. Abdolmalaki. 2010. Effect of potassium and zinc application on the yield of two silage corn cultivar. 06th National Conference on New Ideas in Agriculture, Islamic Azad University of Khorasgan. (In Persian).
- Harris, A.G., M. Rashid, M.A. Miraj, and H. Shah. 2007. On-farm' seed priming with zinc sulphate solution-A cost- effective way to increase the maize yields of resource- poor farmers. *Field Crops Research*. 102: 119- 127.

- Henteh, Z. 2013. The effect of drought stress and different levels of potassium fertilizer on yield and yield component of maize hybrid (S.C 700, S.C 704) in Kashan. Master's thesis, Islamic Azad University of Naragh. 170 pp. (In Persian).
- Hugh, J.E., and F.D. Richard. 2003. Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. *Agronomy Journal*. 95: 688-696.
- Jagtap, V.S., P.S. Bhargava, and J. Feirabend. 1998. Comparative effect of water, heat and Light stresses on photosynthetic reactions in *Sorghum bicolor* L. *Journal of Experimental Botany*. 49: 1715-1721.
- Kalamian, S., A.M. Modares- sanavi, and A. Sepehri. 2005. Effect of water deficit at vegetative and reproductive growth stage in leafy and commercial hybrids of maize. *Agricultural Research (Water, Soil and Plant)*. 5: 38-53. (In Persian).
- Khajehpour, M.R. 2013. Principle and fundamental of crop production. Third edition. Isfahan Technical University Press. 685 pp. (In Persian).
- Khalily, M., M. Naghavi, A. Pour-Aboughadareh, H. Naseri rad. 2013. Effects of drought stress on yield and yield components in maize cultivars (*Zea mays* L). *International Journal of Agronomy and Plant Production*. 4 (4): 809-812.
- Krauss, A. 1994. Potassium in soils dynamic and availability. Iran Agro Food Export Promotions Center, Tehran. 42 pp.
- Mir-hadi, M.J. 2000. Corn. Agricultural Research, Education and Extension Organization press. 214 pp. (In Persian).
- Nasri, R., F. Paknejad, M. Sadeghi- shoaee, S. Ghorbani, and Z. Fatemi. 2011. Correlation and path analysis of drought stress on yield and yield components of barley (*Hordeum vulgare*) in Karaj region. *Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding*. 4(8): 155-165. (In Persian).
- Osborne, S.L., J.S. Schepper, D.D. Francis, and M.R. Schlemmer. 2002. Use of spectral radiance to in- season biomass and grain yield in nitrogen and water - stressed corn. *Crop Science*. 42: 163-171.
- Rabbani, J., and Y. Emam. 2011. Yield response of maize hybrids to drought stress at different growth stages. *Journal of Crop Production and Processing*. 1 (2): 65-78. (In Persian).
- Rafie-manesh, S., A. Ayeneband, and D. Nabati-ahmadi. 2009. Effect of irrigation amount and irrigation cut-off time at different growth stages on the yield of corn hybrid SC 704 in Ahvaz condition. *Journal of Crop Physiology*. 3: 93-105. (In Persian).
- Reddy, K.R., H.F. Hodges, and J. Varco. 2000. Potassium nutrition of cotton. *Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station Bulletin*. 1054: 1-10.
- Sajedi, N.A., M.R. Ardakani, A. Naderi, H. Madani, and M.M.A. Boojari. 2008. Effect of nutrition elements application on agronomical characters of maize hybrid (KSC.704) under water deficit stress at different growth stages. *Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding*. 4 (1): 89-102. (In Persian).

- Sepehri, A., A.M. Modarres- sanavy, B. Ghare-yazi, and Y. Yamini. 2001. Effect of water deficit and different nitrogen rates on growth and development stages, yield and yield component of maize (*Zea mays* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*. 3: 184-196. (In Persian).
- Seyedzavar, J., M. Norouzi, S. Aharizad, and A. Bandehhagh. 2015. Relationship between yield and yield components of maize hybrids under different irrigation. *Journal of Crop Ecophysiology*. 1(33): 93-107. (In Persian).
- Sheikhi, M., N. Sajedi, and M. Jiriyae. 2011. Effects of water deficit stress on agronomical traits of maize hybrids in Arak climate condition. *Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding*. 8(3): 101-110. (In Persian).
- Sherbaf-khojasteh, S., and M. Ahmadi. 1998. Evaluation of effect of different irrigation regimes and Nitrogen fertilizer on yield, yield components, chemical and physical characteristics of corn seed. 5th Iranian Crop Sciences Congress. Tehran University. 251 pp. (In Persian).
- Setter, T.L., A. Brian, F. Lannigan, and J. Melkonian. 2001. Loss of kernel set due to water deficit and shade in maize: Carbohydrate supplies, abscise acid, and cytokinins. *Crop Science*. 41: 1530-1540.
- Xiong, L., K.S. Schumaker, and J.K. Zhu. 2002. Cell signaling during cold, drought, and salt stress. *The Plant Cell*. 14: 165- 183.
- Zinali, H., E. Naser-abadi, H. Hossein-zadeh, R. Chugan, and M. Sabokdast. 2005. Factor analysis on hybrid of cultivar grain maize. *Iranian Journal of Agricultural Science*. 36(4): 895-902. (In Persian)

Response of Late Maturing Hybrids Seed Corn to the Application of Potassium Sulfate under Deficit Irrigation

Zohreh Henteh¹, and Roghayeh Aminian^{2*}

Received: August 2016, Revised: 5 January 2017, Accepted: 16 January 2017

Abstract

To study the effect of potassium sulfate on seed yield, yield components and traits affecting seed yield of late maturing corn, a split split plot experiment using a randomized complete block design with three replications was carried out in Kashan Desert Research Station. Irrigation levels consisted of complete irrigation and cutting off irrigation at panicle emergence and seed filling stages which were considered as the main factor, three levels of potassium sulfate 200 (recommendation based on the soil analysis), 245 and 290 kg.ha⁻¹ as the subplot, and two single cross of corn, KSC 700 and 704, as sub-sub plots. Effect of irrigation on traits like seed number per row, 1000 seed weight, biological yield, relative water content and relative water loss were significant. The effect of cultivar on all traits, except relative water loss, and the effect of fertilizer on all traits, except number of rows per ear, were also significant. All of the KSC700 traits, except plant highest were better than those of cultivar KSC704. The highest values for the most traits were obtained in full irrigation condition, applying potassium sulfate at the rate of 290 kg.ha⁻¹ for KSC 700. Cutting off irrigation at the panicle emergence of KSC 900 and seed filling of KSC 704 did not cause significant reduction in seed yield. Highest correlation of grain yield were obtained with number of kernels per row, 1000 grain weight and harvest index. Stepwise regression results showed that number of rows per ear, number of kernels per row and 1000 grain weight in KSC 700, and biological yield and harvest index in KSC 704 justified 98.7 and 98.5 percent of changes, respectively.

Key words: Drought stress, Maize, Potassium fertilizer, Stepwise regression.

1- M.Sc. Graduated of Agronomy, Naragh Branch, Islamic Azad University, Naragh, Iran.

2- Assistant Professor, Production and Plant Breeding Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran..

* *Corresponding Author:* roghayehaminian@yahoo.com

