



ارزیابی عملکرد، اجزای عملکرد و درصد آب چهار هیبرید ذرت دانه‌ای در سطوح مختلف آبیاری

اخلاص امینی^۱، علی اشرف مهربانی^{۲*}، علی حاتمی^۲ و خلیل فصیحی^۲

۱ و ۲- به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام

(تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۲۰ - تاریخ پذیرش: ۹۳/۹/۲۴)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد آب ارقام ذرت دانه‌ای، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام اجرا شد. آبیاری در سه سطح (آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۵ و ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) در کرت‌های اصلی و رقم شامل چهار هیبرید سینگل کراس ذرت (۵۲۴، ۶۶۶، ۶۷۷ و ۷۰۴) در کرت‌های فرعی قرار گرفت. نتایج نشان داد که برهم‌کنش رقم × آبیاری بر صفات مورد مطالعه معنی‌دار نیست، اما اثر سطوح آبیاری بر عملکرد دانه، عملکرد زیستی، شاخص برداشت، وزن صد دانه، تعداد دانه در ردیف، طول بلال و قطر بلال معنی‌دار بود و این در حالی بود که آبیاری اثر معنی‌داری بر تعداد ردیف در بلال و درصد آب گیاه نداشت. تفاوت بین هیبریدها نیز از نظر عملکرد دانه، تعداد ردیف در بلال، وزن صد دانه، عملکرد زیستی، قطر بلال و درصد آب گیاه معنی‌دار بود. میزان عملکرد دانه در سطح آبیاری I_{۷۰} (۱۰۳۰۶/۵) کیلوگرم در هکتار) از دو تیمار I_{۱۰۵} و I_{۱۴۰} بیشتر بود. کاهش تعداد دانه در ردیف مهم‌ترین عاملی بود که باعث شد عملکرد دانه در سطح آبیاری I_{۱۰۵} حدود ۱۹ درصد و در سطح آبیاری I_{۱۴۰} حدود ۴۲ درصد کمتر از سطح آبیاری I_{۷۰} باشد. در بین ارقام هیبرید ذرت نیز رقم سینگل کراس ۶۷۷ دارای بیشترین عملکرد دانه (۸۸۲۰/۷) کیلوگرم در هکتار) و رقم سینگل کراس ۵۲۴ دارای کمترین عملکرد دانه در واحد سطح بود. بیشترین تعداد ردیف در بلال نیز در رقم سینگل کراس ۷۰۴ و بیشترین وزن صد دانه در رقم ۵۲۴ مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: ذرت، سطوح آبیاری، عملکرد و اجزای عملکرد، هیبرید

مقدمه

غلات در میان گیاهان زراعی دارای بیشترین اهمیت و سطح زیر کشت بوده و تأمین کننده ۷۰ درصد غذای مردم کره زمین می‌باشند. ذرت، پر محصول‌ترین غلات محسوب می‌شود و به دلیل عملکرد بالا در واحد سطح به عنوان سلطان غلات معروف است (Emam, 2004).

کشور ایران با متوسط بارندگی سالانه حدود ۲۴۰ میلی‌متر از مناطق خشک تا نیمه خشک محسوب می‌شود (Afarinesh et al., 2004). خشکی از عوامل مهم محدود کننده تولیدات زراعی در جهان است و این موضوع در مناطق خشک و نیمه خشک جهان از اهمیت بیشتری برخوردار است (Kirigwi et al., 2004). خشکی نه تنها حاصل کاهش نزولات آسمانی است بلکه در مواردی به دلایلی چون شوری زیاد خاک و یا یخ زدگی خاک، رطوبت خاک برای گیاه قابل استفاده نیست و گیاه دچار تنش می‌شود (Dale and Daiels, 1995).

تنش آبی در ذرت بر روی عملکرد و اجزای عملکرد اثرات نامطلوب ایجاد می‌کند، عملکرد ذرت در نتیجه تنش خشکی به طور متوسط حدود ۱۷ درصد کاهش می‌یابد، اما بسته به شدت و زمان وقوع تنش خشکی این کاهش عملکرد به ۸۰ درصد هم می‌رسد (Edmeades et al., 1993). آثار سوء ناشی از کمبود آب بر رشد و نمو و عملکرد بستگی به شدت تنش، مرحله رشد و ژنوتیپ گیاه دارد (Cakir, 2004). کمبود آب بر توانایی گیاه ذرت برای تولید محصول در سه مرحله بحرانی رشد اثر می‌گذارد که این مراحل عبارتند از زمان استقرار گیاه، دوره‌ی گلدهی و اواسط تا اواخر پر شدن دانه، خسارت خشکی در دوره‌ی گلدهی از دو مرحله دیگر شدیدتر بوده و در بعضی موارد میزان عملکرد به صفر نیز می‌رسد (Afarinesh et al., 2004). تأثیر تنش کمبود آب با توجه به مرحله رشد ذرت متفاوت است به طوری که کمبود آب عملکرد ذرت را قبل از گلدهی ۲۵ درصد، زمان گلدهی ۵۰ درصد و بعد از گلدهی ۲۱ درصد کاهش می‌دهد (Osborne et al., 2002). گزارش‌های متعددی مبنی بر حساس بودن مرحله‌ی گلدهی و گرده‌افشانی نسبت به کمبود آب داده شده است (Zinselmeier et al., 1995; Hall et al., 1997) بر اساس مطالعات انجام شده وقتی که گیاه در معرض تنش رطوبتی قرار می‌گیرد، کاکل‌ها دیرتر از حالت طبیعی ظاهر می‌شوند. چنانچه این کاکل‌ها گرده‌افشانی

شوند و باروری صورت گیرد رشد و نمو آن‌ها به زودی متوقف می‌شود و دانه‌ها به صورت غیریکنواخت تشکیل شده و انتهای بلال عاری از دانه می‌شود (Subedi and Ma, 2005). تعداد دانه در بلال به فراهم بودن رطوبت وابسته بوده و کاهش تعداد دانه در بلال، اولین تأثیر تنش کمبود آب روی عملکرد دانه می‌باشد (Yazar et al., 2002). تعداد نهایی دانه در بلال در موقع گرده‌افشانی تعیین می‌شود و تنش رطوبتی در این مرحله سبب کاهش تعداد دانه می‌شود (Zinselmeier et al., 1995). پژوهشگران در تحقیقات بر روی ذرت دریافته‌اند که کمبود آب در مرحله بعد از گرده‌افشانی سبب کاهش شدید عملکرد از طریق کاهش وزن دانه می‌شود و تفاوت معنی‌داری در تعداد دانه در بلال ایجاد نمی‌کند (Nesmith and Ritchie, 1992). مسجدی و همکاران (Masjedi et al., 2008) با بررسی چهار سطح مختلف آبیاری روی ذرت گزارش کردند افزایش فواصل بین آبیاری‌ها باعث کاهش معنی‌دار عملکرد زیستی به میزان ۲۶ درصد می‌شود.

شاخص برداشت در شرایط خشکی اغلب تابع نسبت آب استفاده شده پس از گرده‌افشانی است که هر چه بیشتر باشد شاخص برداشت نیز بیشتر است (Richards et al., 2002).

تغییر شاخص سطح برگ فرایند مهمی است که محصولات تحت تنش از طریق آن کنترل خود را بر منابع آبی حفظ می‌کنند (Blum and Emercon, 1998). تنش کمبود آب با کاهش شاخص سطح برگ باعث کاهش سطح فعال فتوسنتزی و در نتیجه کاهش عملکرد می‌شود (Eck, 1998; Cakir, 2004). هدف از این مطالعه ارزیابی عملکرد، درصد آب گیاه و برخی صفات زراعی ذرت دانه‌ای و تعیین رقم برتر در شرایط مختلف آبیاری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ایلام با طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۸ دقیقه نسبت به نصف‌النهار گرینویچ و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۷ دقیقه شمال خط استوا و ارتفاع از سطح دریا ۱۱۷۴ متر انجام شد. نتایج آزمایش خاک، بافت خاک را تا عمق ۳۰ سانتی‌متری لومی با اسیدیته ۷/۲۳ و بافت خاک را از عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متری لومی رسی با اسیدیته ۷/۱۴

تأمین عناصر غذایی مورد نیاز بر اساس آزمون خاک، ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به خاک اضافه شد. یک سوم کود اوره قبل از کاشت و بقیه کود در دو مرحله ۴-۶ برگری و قبل از ظهور گل تاجی مصرف شد و با توجه به میزان فسفر و پتاسیم خاک از کودهای فسفره و پتاسه استفاده نشد. اعمال سطوح مختلف آبیاری پس از استقرار کامل گیاه آغاز شد. سطوح مختلف آبیاری بر اساس میزان تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A اعمال گردید و میزان آب مصرفی توسط کنتور اندازه‌گیری شد. میزان دما، رطوبت نسبی هوا، تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و بارندگی در جدول (۲) ارائه شده است.

درصد آب گیاه در اوایل مرحله خمیری دانه با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (Alizadeh, 2006).

(۱) $100 \times (\text{وزن تر} / (\text{وزن خشک} - \text{وزن تر})) = \text{درصد آب گیاه}$
محاسبات آماری برای تجزیه واریانس و تعیین همبستگی‌ها، با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۸/۰۲ انجام شد. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نشان داد (جدول ۱). آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. کرت‌های اصلی به سه رژیم آبیاری، ۱۷۰: آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (شرایط رطوبتی مطلوب)، ۱۰۵: آبیاری پس از ۱۰۵ میلی‌متر تبخیر و ۱۴۰: آبیاری پس از ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر و کرت‌های فرعی به چهار هیبرید سینگل کراس ذرت (۵۲۴، ۶۶۶، ۶۷۷ و ۷۰۴) اختصاص داده شدند. رقم سینگل کراس ۷۰۴ از ارقام داخلی دیررس و ارقام ۵۲۴، ۶۶۶ و ۶۷۷ از ارقام خارجی میان‌رس هستند.

عملیات تهیه زمین شامل شخم پاییزه و شخم مجدد در بهار با گاوآهن قلمی و عملیات تکمیلی آماده‌سازی زمین به وسیله دیسک انجام گرفت. پس از بلوک‌بندی و کرت‌بندی زمین، عملیات کاشت به روش دستی و به صورت کپه‌ای (دو بذری) در عمق ۴-۵ سانتی‌متری در ۳۶ کرت انجام گرفت. مزرعه در مرحله ۲-۴ برگری تنک گردید. هر کرت شامل ۵ ردیف به طول ۴ متر، فاصله ردیف ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر بود. برای

جدول ۱- مشخصات خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. Characteristics of soil in experimental site

عمق خاک Soil depth (cm)	بافت Texture	هدایت الکتریکی EC (ds.m ⁻¹)	اسیدیته PH	کربن آلی Organic Carbon (%)	نیترژن N (%)	فسفر P (ppm)	پتاسیم K (ppm)
0-30	لومی Loam	0.62	7.32	1.4	0.12	19.6	601
30-60	لوم رسی Clay Loam	0.69	7.14	1.17	0.08	17.6	470

جدول ۲- اطلاعات هواشناسی منطقه در طول اجرای آزمایش

Table 2. Climatological information of experiment region during research period

ماه Month	دما (سلسیوس) Temprature (°C)		رطوبت نسبی Relative moisture		تبخیر (میلی‌متر) Evaporation	بارندگی (میلی‌متر) Percipitation
	کمینه Minimum	بیشینه Maximum	کمینه Minimum	بیشینه Maximum		
اردیبهشت April-May	11.7	26.6	16	49	238.8	13.7
خرداد May-June	16.1	32.9	11	32	392.1	0.0
تیر June-July	20.0	36.4	11	31	423.3	0.0
مرداد July-Augest	21.9	37.8	12	32	470.0	0.0
شهریور August-September	20.2	34.4	16	42	340.1	18.7

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر سطوح آبیاری بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. همچنین اختلاف عملکرد دانه در بین ارقام نیز در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. برهمکنش رقم و آبیاری برای این صفت معنی‌دار نبود. یعنی هر چهار رقم در سطوح مختلف آبیاری واکنشی یکسان نشان دادند (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که سطح آبیاری I_{70} با عملکرد $10306/5$ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد و سطح آبیاری I_{140} با عملکرد $5944/6$ کیلوگرم در هکتار و کاهش $42/32$ درصدی کمترین مقدار را به خود اختصاص داد. علت کاهش عملکرد دانه در شرایط محدودیت آبی کاهش تعداد دانه در ردیف و وزن صد دانه بود. محققین دیگر نیز چنین نتیجه‌ای را گزارش کرده‌اند (Cheong *et al.*, 2003). بین ارقام، رقم سینگل کراس 677 دارای بیشترین عملکرد ($8820/7$ کیلوگرم در هکتار) و رقم سینگل کراس 524 دارای کمترین عملکرد ($7784/7$ کیلوگرم در هکتار) در واحد سطح بود. عملکرد بالا در رقم سینگل کراس 677 را می‌توان به بالا بودن وزن صد دانه و تعداد ردیف در بلال نسبت داد (جدول ۵).

در سطح آبیاری I_{70} همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با عملکرد زیستی ($r=0/880$)، شاخص برداشت ($r=0/631$)، وزن صد دانه ($r=0/659$)، تعداد دانه در ردیف ($r=0/682$) و طول بلال ($r=0/642$) مشاهده شد (جدول ۶). در سطح آبیاری I_{105} عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد زیستی ($r=0/809$)، تعداد ردیف در بلال ($r=0/696$)، تعداد دانه در ردیف ($r=0/716$) و قطر بلال ($r=0/647$) داشت (جدول ۷). در سطح آبیاری I_{140} عملکرد دانه با عملکرد زیستی ($r=0/696$) و تعداد دانه در ردیف ($r=0/765$) همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد (جدول ۷).

بین تیمارهای آبیاری از نظر تعداد ردیف در بلال اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. معنی‌دار نبودن تأثیر سطوح آبیاری بر تعداد ردیف در بلال نشان دهنده ثبات نسبی این جزء از عملکرد است. از آنجایی که تعداد ردیف در بلال قبل از بقیه اجزای عملکرد، روی بلال تعیین می‌گردد، بنابراین در مرحله تعیین تعداد ردیف در بلال رقابت چندانی بین مقصدهای فیزیولوژیک برای مواد پرورده وجود نداشته و تنش خشکی تنها سبب کاهش وزن دانه یا تعداد

دانه در هر ردیف بلال می‌گردد، ولی بر تعداد ردیف در بلال بی‌تأثیر است (Majidian and Ghadiri, 2002).

ارقام هیبرید برای صفت تعداد ردیف در بلال دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بودند. در بین ارقام مختلف، رقم سینگل کراس 704 دارای بیشترین ($15/48$) و رقم سینگل کراس 524 دارای کمترین تعداد ردیف در بلال بود (جدول ۵)، اما برهمکنش رقم و آبیاری برای این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). بین سطوح آبیاری از نظر تعداد دانه در ردیف اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، سطح آبیاری I_{70} بیشترین تعداد دانه در ردیف ($39/79$) و سطح آبیاری I_{140} با $31/67$ درصد کاهش کمترین تعداد دانه در ردیف ($27/19$) را دارا بود. علت کاهش تعداد دانه در ردیف می‌تواند ناشی از تأخیر در ظهور کاکل‌ها باشد که در این شرایط دانه‌های گرده قبل از ظهور کاکل‌ها از بین رفته و از این‌رو بیشتر تخمک‌ها لقاح نمی‌یابند و تعداد دانه‌های کمتری تشکیل می‌شود (Nesmith and Ritchie, 1992). دلیل دیگر این است که جنین بعضی از تخمدان‌هایی که لقاح یافته‌اند در اثر افزایش سطوح آبسزیک اسید که مانع تقسیم سلولی آندوسپرم می‌شود، سقط می‌شوند (Ober *et al.*, 1991). تعداد دانه یکی از اجزای اصلی عملکرد دانه است. کاهش در تعداد دانه را می‌توان مهم‌ترین جز عملکرد دانست که در اثر اعمال تنش موجب کاهش عملکرد می‌گردد (Cakir, 2004).

در مورد تأثیر تنش خشکی بر تعداد دانه محققان معتقدند که تنش خشکی در طی گلدهی و اوایل نمو دانه، تعداد دانه در بلال را کاهش می‌دهد (Zinselmeier *et al.*, 1995). پس از این مرحله، تنش آب اثری بر تعداد دانه‌های هر بلال نمی‌گذارد، لیکن وزن دانه‌ها را کاهش می‌دهد. بین ارقام از نظر تعداد دانه در ردیف اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. همچنین برهمکنش رقم و آبیاری برای این صفت معنی‌دار نشد. سطوح آبیاری بر وزن صد دانه اثری بسیار معنی‌دار داشت و در بین سطوح آبیاری، I_{70} دارای بیشترین وزن صد دانه ($26/5$ گرم) و سطح آبیاری I_{140} با $14/15$ درصد کاهش دارای کمترین وزن صد دانه ($22/75$ گرم) بود. کمبود آب باعث تأخیر در شروع رشد زایشی می‌شود. در حالی که اختلافی بین زمان

همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه (۰/۸۰۹)، تعداد ردیف (۰/۷۱۵-)، تعداد دانه در ردیف (۰/۵۹۶)، شاخص سطح برگ (۲۰/۶۸۵) و همبستگی منفی و معنی‌دار با شاخص برداشت (۰/۷۱۴-) نشان داد (جدول ۷) و در سطح آبیاری I_{۴۰} همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه (۲۰/۶۹۶)، تعداد دانه در ردیف (۰/۶۱۴) و همبستگی منفی و معنی‌داری با شاخص برداشت (۰/۷۱۸-) دارا بود (جدول ۷). سطوح آبیاری بر شاخص برداشت اثر معنی‌دار داشت و بین ارقام از نظر شاخص برداشت اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و برهمکنش رقم و آبیاری برای شاخص برداشت معنی‌دار نبود. سطح آبیاری I_{۷۰} بیشترین و سطح آبیاری I_{۴۰} کمترین میزان شاخص برداشت را دارا بود. علت کمتر بودن شاخص برداشت در شرایط محدود رطوبتی کاهش بیشتر عملکرد دانه نسبت به عملکرد زیستی است.

جدول تجزیه واریانس نشان داد که سطوح آبیاری تأثیری بسیار معنی‌داری بر طول بلال داشت، در حالی که تأثیر رقم بر طول بلال معنی‌دار نشد برهمکنش رقم و آبیاری نیز برای این صفت معنی‌دار نبود. در بین سطوح آبیاری، سطح آبیاری I_{۷۰} بیشترین طول بلال (۱۹/۱۷ سانتی‌متر) و سطح آبیاری I_{۴۰} با ۱۱/۹۵ درصد کاهش، کمترین طول بلال (۱۶/۸۸ سانتی‌متر) را ایجاد نمود. علت اصلی کاهش طول بلال در شرایط کمبود آب عدم بروز حداکثر پتانسیل رشدی در بلال‌ها در نتیجه تأخیر در مرحله رشدی بلال بود (Rahnama et al., 2007). بین تیمارهای آبیاری از نظر قطر بلال اختلاف بسیار معنی‌داری مشاهده شد و ارقام هیبرید دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بودند، در حالی که برهمکنش رقم و آبیاری برای این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۳). در بین سطوح مختلف آبیاری، I_{۷۰} دارای بیشترین قطر بلال (۴/۵۹ سانتی‌متر) بود و در بین ارقام هیبرید، بیشترین قطر بلال (۴/۴۰ سانتی‌متر) مربوط به رقم سینگل کراس ۷۰۴ بود. اندازه نهایی قطر بلال همانند طول بلال طی مرحله رویشی و ابتدای گلدهی تکمیل می‌شود و پس از این مرحله تنش خشکی اثر کمی بر قطر بلال خواهد داشت. کاهش جزئی قطر بلال در مراحل رشد زایشی می‌تواند به علت کاهش جزئی حجم و اندازه دانه‌ها و همچنین کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها در اثر تنش خشکی باشد (Rahnama et al., 2007).

رسیدگی دانه در گیاهان متأثر از تنش آب و بدون تنش ملاحظه نمی‌شود (Nesmith and Ritchie, 1992). به عبارت دیگر در شرایط کمبود آب، مرحله پر شدن دانه به علت تأخیر در شروع رشد زایشی کمتر از گیاهان دیگر است. بنابراین کوتاه شدن دوره رشد زایشی سبب انتقال کمتر مواد پرورده به دانه‌ها می‌گردد و وزن دانه‌ها کاهش می‌یابد. پژوهشگران متعددی بیان کردند که تنش خشکی موجب کاهش وزن دانه می‌شود (Cheong et al., 2003; Recept, 2004). بیشترین تأثیر تنش خشکی بر وزن دانه در خلال دوره پر شدن دانه‌هاست تنش کمبود آب پس از کاکل‌دهی باعث کاهش وزن دانه‌ها می‌شود و بر تعداد دانه اثر نمی‌گذارد (Nesmith and Ritchie, 1992). ارقام هیبرید نیز از نظر وزن صد دانه دارای اختلافی معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بودند. بیشترین وزن صد دانه متعلق به رقم سینگل کراس ۵۲۴ به میزان ۲۵/۷۳ گرم بود و کمترین وزن صد دانه را رقم سینگل کراس ۷۰۴ با ۲۲/۵۴ گرم دارا بود. پایین بودن وزن صد دانه در رقم سینگل کراس ۷۰۴ احتمالاً به علت بالا بودن تعداد ردیف در بلال و در نتیجه بیشتر بودن تعداد دانه در بلال است که باعث می‌شود رقابت بین دانه‌ها برای جذب مواد فتوسنتزی بیشتر شده و مواد فتوسنتزی کمتری به هر دانه اختصاص یابد. برهمکنش رقم و آبیاری برای صفت وزن صد دانه معنی‌دار نشد.

بین سطوح آبیاری از نظر عملکرد زیستی در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت و ارقام برای این صفت دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بودند. برهمکنش رقم و آبیاری بر عملکرد زیستی معنی‌دار نشد (جدول ۳). سطح آبیاری I_{۷۰} با عملکرد زیستی ۱۸۹۹۱ کیلوگرم در هکتار بیشترین و I_{۴۰} با ۱۲۰۳۹ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد زیستی را دارا بود. در بین ارقام مختلف، بیشترین عملکرد زیستی به مقدار ۱۶۶۰۴/۶ کیلوگرم در هکتار مربوط به رقم سینگل کراس ۷۰۴ بود و رقم سینگل کراس ۵۲۴ دارای کمترین عملکرد زیستی بود. رقم سینگل کراس ۷۰۴ عملکرد زیستی بالاتری را در مقایسه با سایر ارقام تولید کرد. عملکرد زیستی در سطح آبیاری I_{۷۰} همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه (۰/۸۸۰)، تعداد ردیف (۰/۶۵۴-)، تعداد دانه در ردیف (۰/۷۰۵) و قطر بلال (۰/۵۸۰) داشت (جدول ۶). در سطح آبیاری I_{۱۰۵} عملکرد زیستی

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات ارزیابی شده
Table 3. Analysis of variance of evaluated traits

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares											
		عملکرد دانه Grain yield	تعداد ردیف در بلال No. of row per ear	تعداد دانه در ردیف No. of grain per row	وزن صد دانه 100 Grain weight	عملکرد زیستی Biologic yield	شاخص برداشت Harvest index	طول بلال Ear length	قطر بلال Ear diameter	شاخص سطح برگ Leaf area index	ارتفاع بوته Plant height	ارتفاع محل بلال Ear position	درصد آب گیاه Plant water percentage
تکرار Block	2	556099.9 ^{ns}	1.403 [*]	9.181 ^{ns}	1.257 ^{ns}	1612803.4 ^{ns}	47.283 [*]	5.116 ^{**}	0.024 ^{ns}	0.032 ^{ns}	1256.934 ^{**}	345.523 [*]	0.553 ^{ns}
آبیاری Irrigation (I)	2	57359841.2 ^{**}	0.086 ^{ns}	487.176 ^{**}	42.193 ^{**}	145618334.7 ^{**}	61.667 [*]	15.832 ^{**}	0.933 ^{**}	2.309 ^{**}	2911.668 ^{**}	515.863 [*]	10.952 ^{ns}
خطای اصلی E _a	4	1324652.9	0.411	15.982	4.221	7723874.4	14.291	1.350	0.068	0.180	849.748	432.927	2.150
هیبرید Hybrid (H)	3	1797020.9 [*]	7.066 ^{**}	4.948 ^{ns}	20.189 ^{**}	9766327.0 [*]	37.306 ^{ns}	0.510 ^{ns}	0.078 [*]	0.052 ^{ns}	314.024 ^{ns}	163.154 ^{ns}	48.965 ^{**}
هیبرید×آبیاری H×I	6	677594.9 ^{ns}	0.564 ^{ns}	3.774 ^{ns}	0.982 ^{ns}	597983.2 ^{ns}	16.477 ^{ns}	0.371 ^{ns}	0.025 ^{ns}	0.005 ^{ns}	89.389 ^{ns}	34.951 ^{ns}	8.001 ^{ns}
خطای فرعی E _b	18	487129.1	0.373	4.158	2.542	2927310.9	13.214	0.609	0.024	0.031	174.115	86.871	5.533
ضریب تغییرات (%) CV (%)		8.50	4.19	5.99	6.47	10.94	6.93	4.33	3.59	6.09	6.93	11.75	3.20

^{ns}, ^{*} and ^{**}: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively. ^{ns}, ^{*} و ^{**}: به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

جدول ۴- مقایسه میانگین سطوح مختلف آبیاری
Table 4. Mean comparison of different irrigation levels

آبیاری Irrigation	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha ⁻¹)	تعداد دانه در ردیف No. of grain per row	وزن صد دانه 100 Grain weight (gr)	عملکرد زیستی Biologic yield (kg.ha ⁻¹)	شاخص برداشت Harvest index	طول بلال Ear length (cm)	قطر بلال Ear diameter (cm)	شاخص سطح برگ Leaf area index	ارتفاع بوته Plant height (cm)	ارتفاع استقرار بلال Ear position (cm)
70	10306.5 a	39.79 a	26.50 a	18991 a	54.23 a	19.17 a	4.59 a	3.37 a	204.48 a	85.35 a
105	8390.4 b	35.15 b	24.70 ab	15899 a	53.18 a	18.07 ab	4.35 a	2.83 b	192.82 a	80.22 a
140	5944.6 c	27.19 c	22.75 b	12039 b	49.89 b	16.88 b	4.03 b	2.50 b	173.63 b	72.33 b

میانگین‌های دارای یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

Means followed by the same letters are not significantly different by the Duncan's test at 5% probability level.

نیز برای این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). بین سطوح آبیاری، سطح آبیاری I_{۷۰} دارای بیشترین ارتفاع استقرار بلال (۸۵/۳۵ سانتی‌متر) و سطح آبیاری I_{۱۴۰} دارای کمترین ارتفاع استقرار بلال (۷۲/۳۳ سانتی‌متر) بود (جدول ۴). در برخی مطالعات دیگر نیز کمبود آب موجب کاهش ارتفاع استقرار بلال شده است (Recep, 2004).

درصد آب گیاه تحت تأثیر سطوح آبیاری قرار نگرفت. ذرت دارای ریشه‌هایی توسعه یافته است به طوری که رشد جانبی ریشه‌های دائمی تا ۱۲۰ سانتی‌متر و در عمق تا ۲/۵ متر است بنابر این قدرت زیادی در جذب آب دارد. ارقام بر روی درصد آب گیاه اثر بسیار معنی‌داری نشان دادند و برهمکنش رقم و آبیاری برای این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۳). بیشترین درصد آب گیاه مربوط به رقم سینگل کراس ۷۰۴ و کمترین درصد آب گیاه را رقم سینگل کراس ۵۲۴ دارا بود. افزایش فواصل آبیاری و تنش ناشی از آن موجب کاهش عملکرد دانه به میزان ۴۲/۳۲ درصد و کاهش عملکرد زیستی به میزان ۳۶/۶۱ درصد در سطح آبیاری I_{۱۴۰} نسبت به I_{۷۰} شد. در این شرایط به دلیل افت بیشتر عملکرد دانه نسبت به عملکرد زیستی، شاخص برداشت کاهش یافت. در این آزمایش بین اجزای عملکرد، تعداد دانه در ردیف نقش اصلی را در تعیین میزان عملکرد دانه داشت. در بین ارقام مورد مطالعه، رقم سینگل کراس ۶۷۷ بیشترین عملکرد دانه و رقم سینگل کراس ۷۰۴ بیشترین عملکرد زیستی را داشت.

بین سطوح آبیاری از نظر شاخص سطح برگ اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. اما این صفت در بین ارقام اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. برهمکنش رقم و آبیاری نیز معنی‌دار نشد (جدول ۳). بیشترین شاخص سطح برگ مربوط به سطح آبیاری I_{۷۰} (۳/۳۷) بود و کمترین مقدار با ۲۵/۸۲ درصد کاهش در سطح آبیاری I_{۱۴۰} (۲/۵۰) بدست آمد (جدول ۴). نتایج تحقیقات مختلف نشان داد که تنش کمبود آب با کاهش شاخص سطح برگ باعث کاهش سطح فعال فتوسنتزی و در نتیجه کاهش عملکرد می‌شود (Eck, 1998; Cakir, 2004). سطوح آبیاری بر ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد اثری معنی‌دار داشت. ارقام مختلف از نظر ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند. برهمکنش رقم و آبیاری نیز برای این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۳). سطح آبیاری I_{۷۰} و سطح آبیاری I_{۱۴۰} به ترتیب بیشترین و کمترین ارتفاع بوته را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). در نتیجه کمبود آب، میزان اسید آبسزیک افزایش می‌یابد. و از آنجایی که این هورمون بازدارنده رشد است، کاهش ارتفاع ممکن است ناشی از افزایش آن باشد. از طرفی طول دوره رشد گیاه در مواجهه با تنش رطوبتی کاهش می‌یابد و در نتیجه گیاهان نمی‌توانند خود را از نظر ارتفاع نشان دهند (Jazaeri and Rezaee, 2006). جدول تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از این است که اثر سطوح آبیاری بر روی ارتفاع استقرار بلال در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است. در حالی که بین ارقام برای این صفت اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و برهمکنش رقم و آبیاری

جدول ۵- مقایسه میانگین بین هیبریدهای مختلف ذرت

Table 5. Mean comparison of different hybrids

هیبرید Hybrid	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha ⁻¹)	تعداد ردیف در بلال No. of row per ear	وزن صد دانه 100 Grain weight (gr)	عملکرد زیستی Biologic yield (kg.ha ⁻¹)	قطر بلال Ear diameter (cm)	درصد آب گیاه Plant water (%)
SC 524	7784.7 b	13.41 c	25.73 a	14506.8 b	4.19 b	71.10 c
SC 666	8000.9 b	14.44 b	24.61 a	15014.3 ab	4.34 ab	72.43 bc
SC 677	8820.7 a	14.96 ab	25.70 a	16445.9 a	4.36 a	73.58 b
SC 704	8248.9 ab	15.48 a	22.54 b	16604.6 a	4.40 a	76.57 a

میانگین‌های دارای یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

Means followed by the same letters are not significantly different by the Duncan's test at 5% probability level.

جدول ۶- همبستگی بین صفات مورد مطالعه در شرایط مطلوب رطوبتی (I70)

Table 6. Simple correlation coefficients of evaluated traits in optimum irrigation condition (I70)

عملکرد دانه Grain yield	تعداد ردیف در بلال No. of row per ear	تعداد دانه در ردیف No. of Grain per row	وزن صد دانه 100 Grain weight	عملکرد زیستی Biologic yield	شاخص برداشت Harvest index	طول بلال Ear length	قطر بلال Ear diameter	شاخص سطح برگ Leaf area index	ارتفاع بوته Plant height	ارتفاع محل بلال Ear position	درصد آب گیاه Plant water (%)	
عملکرد دانه Grain yield	1											
تعداد ردیف در بلال No. of row per ear	0.426	1										
تعداد دانه در ردیف No. of grain per row	0.682*	0.262	1									
وزن صد دانه 100 Grain weight	0.659*	-0.309	0.204	1								
عملکرد زیستی Biologic yield	0.880**	0.654*	0.705*	0.337	1							
شاخص برداشت Harvest index	0.631*	-0.195	0.27	0.815**	0.188	1						
طول بلال Ear length	0.642*	-0.005	0.507	0.605*	0.373	0.727**	1					
قطر بلال Ear diameter	0.297	0.799**	0.172	-0.251	0.580*	-0.333	0.066	1				
شاخص سطح برگ Leaf area index	0.373	0.449	0.640*	-0.161	0.45	0.043	0.158	0.381	1			
ارتفاع بوته Plant height	0.231	0.003	0.381	0.157	0.214	0.144	0.421	0.018	0.066	1		
ارتفاع استقرار بلال Ear position	0.532	0.270	0.580*	0.253	0.486	0.328	0.481	0.227	0.501	0.777**	1	
درصد آب گیاه Plant water percentage	0.269	0.408	0.563	-0.231	0.364	-0.038	-0.073	0.041	0.633*	0.248	0.499	1

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

جدول ۷- همبستگی بین صفات مورد مطالعه در شرایط محدود رطوبتی I105 (پایین قطر) و I140 (بالای قطر)

Table 7. Simple correlation coefficients of evaluated traits in limited irrigation conditions (I105=under the diagonal and I140= above the diagonal of matrix)

	عملکرد دانه Grain yield	تعداد ردیف در بلال No. of row per ear	تعداد دانه در ردیف No. of Grain per row	وزن صد دانه 100 Grain weight	عملکرد زیستی Biologic yield	شاخص برداشت Harvest index	طول بلال Ear length	قطر بلال Ear diameter	شاخص سطح برگ Leaf area index	ارتفاع بوته Plant height	ارتفاع محل بلال Ear position	درصد آب گیاه Plant water (%)
عملکرد دانه Grain yield	1	-0.039	0.765**	0.202	0.696*	-0.005	0.470	0.115	0.101	-0.005	0.029	0.033
تعداد ردیف در بلال No. of row per ear	0.696*	1	-0.331	-0.361	0.098	-0.246	0.103	0.215	0.350	0.306	0.390	0.244
تعداد دانه در ردیف No. of grain per row	0.716**	0.607*	1	-0.257	0.614*	-0.099	0.305	0.197	-0.214	-0.448	-0.477	0.045
وزن صد دانه 100 Grain weight	-0.091	-0.702*	-0.498	1	-0.070	0.324	0.046	-0.298	0.199	0.462	0.497	-0.191
عملکرد زیستی Biologic yield	0.809**	0.715**	0.596*	-0.250	1	-0.718**	0.143	0.449	0.134	-0.105	0.110	0.070
شاخص برداشت Harvest index	-0.176	-0.394	-0.147	0.326	-0.714**	1	0.235	-0.522	-0.084	0.150	-0.126	-0.090
طول بلال Ear length	0.274	0.029	0.104	0.191	-0.063	0.389	1	-0.536	-0.197	-0.098	-0.117	-0.462
قطر بلال Ear diameter	0.647*	0.491	0.521	-0.152	0.491	-0.049	-0.083	1	-0.016	-0.189	-0.071	0.412
شاخص سطح برگ Leaf area index	0.315	0.301	0.218	-0.130	0.685*	-0.823**	-0.056	0.028	1	0.468	0.503	0.476
ارتفاع بوته Plant height	0.184	0.109	0.124	0.034	0.506	-0.640*	0.154	-0.279	0.607*	1	0.925**	0.164
ارتفاع استقرار بلال Ear position	0.249	0.069	0.134	0.153	0.531	-0.617*	0.022	-0.319	0.679*	0.912**	1	0.133
درصد آب گیاه Plant water percentage	0.350	0.507	0.275	-0.310	0.430	-0.305	0.299	0.196	0.024	0.419	0.185	1

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

References

- Afarinesh, A., Farshadfar, A. and Choukan, R. 2004.** Genetic analysis of drought tolerance in corn by diallel cross. *Seed and Plant* 4: 457-473. (In Persian).
- Alizadeh, A. 2006.** Relation of water, soil and plant. Imam Reza University Press. (In Persian).
- Blum, A. and Emercon, A. 1998.** Cell membrane stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat. *Crop Science* 21: 43-47.
- Cakir, R. 2004.** Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research* 89: 1-16.
- Cheong, Y. H., Kim, K. N., Pandey, G. K., Gupta, R., Grant, J. J. and Luan, S. 2003.** CBL1, a calcium sensor that differentially regulates salt, drought, and cold responses in Arabidopsis. *The Plant Cell* 15: 1833-1845.
- Dale, R. and Daiels, A. 1995.** A weather-soil variable for estimating soil moisture stress and corn yield. *Agronomy Journal* 87: 15-21.
- Eck, H. V. 1998.** Effect of water deficits on yield, yield components and water use efficiency of irrigated corn. *Agronomy Journal* 78: 1035-1040.
- Edmeades, G. O., Bolanos, J., Hernandez, M. and Bello, S. 1993.** Causes for silk delay in a lowland tropical maize population. *Crop Science* 33: 1029-1035.
- Emam, Y. 2004.** Cereal crops. Shiraz University Press. (In Persian).
- Hall, A. J., Vilella, F., Trapani, N. and Chimenti, C. 1997.** The effects of water stress and genotype on the dynamics of pollen shedding in maize. *Field Crops Research* 5: 349-363.
- Jazaeri, M. and Rezaee, A. 2006.** Evaluation of drought tolerance on oat cultivars in Isfahan condition. *Journal of Science and Technology in Agriculture and Natural Resources* 3:393-404. (In Farsi)
- Kalantar-Ahmadi, A., Syadat, A., Barzegari, M. and Fathi, G. 2006.** Investigation of moisture stress on morphological traits and yield of commercial corn hybrids in Dezfool condition. *Scientific Journal of Agriculture* 1: 31-41. (In Persian).
- Kirigwi, F. M., Van Ginkel, M., Trethowan, R. G., Sears, R. G., Rajaram, S. and Paulsen, G. M. 2004.** Evaluation of selection strategies for wheat adaptation across water regimes. *Euphytica* 13: 361-371.
- Majidian, M. and Ghadiri, H. 2002.** Effect of water stress and different levels of nitrogen fertilizer during different growth stages on grain yield, yield components, water use efficiency and some physiological characteristics of corn (*Zea mays* L.). *Iranian Journal of Agricultural Science* 33 (3): 521-533. (In Persian).
- Masjedi, A., Shokouhfar, A. and Alavifazel, M. 2008.** Determining of the most appropriate irrigation schedule of summer corn (hybrid SC. 704) and the effect of stress on the yield with data gathered from class A evaporation pan. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 12 (46): 543-550. (In Persian).
- Nesmith, D. S. and Ritchie, J. T. 1992.** Maize (*Zea mays* L.) response to a severe soil water deficit during grain filling. *Field Crops Research* 29: 23-35.
- Ober, E. S., Setter, T. L., Madison, J. T., Thompson, J. F. and Shapiro, P. S. 1991.** Influence of water deficit on maize endosperm development. *Plant Physiology* 97: 154-164.
- Osborne, S. L., Schepers, J. S., Francis, D. D. and Schlemmer, M. R. 2002.** Use of spectral radiance to in-season biomass and grain yield in nitrogen and water-stressed corn. *Crop Science* 42: 165-171.
- Rahnama, A., Ahmadi, A., Khodabandeh, N. and Bankesaz, A. 2007.** Effects of drought stress in different growth stages on grain yields and its components in grain corn (*Zea Mays* L.). *Iranian Journal of Crop Science* 1: 141-150. (In Persian).
- Recep, C. 2004.** Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research* 89: 1-16.
- Richards, R. A., Rebetzke, G. J., Condon, A. G. and Herwaarden, A. F. 2002.** Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. *Crop Science* 42: 111-121.
- Subedi, K. D. and Ma, B. L. 2005.** Ear position, leaf area and contribution of individual leaves to grain yield in conventional and leafy maize hybrids. *Crop Science* 45: 2246-2257.

-
- Yazar, A., Sezen, S. and Gencel, B. 2002.** Drip irrigation of corn in the Southeast Anatolia Project (SAP) area in Turkey. **Irrigation and Drainage** 51: 293-300.
- Zinselmeier, C., Lauer, M. J. and Boyer, J. S. 1995.** Reversing drought-induced losses in grain yield: Sucrose maintains embryo growth in maize. **Crop Science** 35: 1390-1400.

Evaluation of yield, yield components and water content of four grain corn hybrids in different levels irrigation

Ekhlās Amini¹, Ali Ashraf Mehrabi^{2*}, Ali Hatami² and Khalil Fasihi²

1 and 2. Former M. Sc. Student and Assist. Prof., respectively, Faculty of Agriculture, University of Ilam, Iran

(Received: February 9, 2014- Accepted: December 15, 2014)

Abstract

To study the effect of different irrigation levels on yield, yield components and water percent of grain corn varieties, an experiment was conducted in a split plots experiment based on randomized complete blocks design with three replications in Agriculture research station of Ilam University. Irrigation in four levels (Irrigation after 70, 105 and 140 mm evaporation in evaporation pan class A) were considered as main plots and four grain corn hybrid (SC 704, SC 677, SC 666 and SC 524) assigned to subplots. Results from analysis of variance showed that variety×irrigation interaction effect were not significant on studied traits, but the effect of irrigation levels on grain yield, biological yield, harvest index, 100 grain weight, grain number per rows and ear length and diameter were significant and on the number of rows in ear and plant water percent were not significant. Also, differences among hybrids were significant for grain yield, number of row per ear, 100 grain weight, biological yield, ear diameter and plant water percent. Grain yield in I70 (10306.5 kg.ha⁻¹) was more than the other irrigation levels. The number of grain per row was the crucial yield component led to 19% and 42% decreasing of grain yield in I105 and I140, respectively. Among evaluated hybrids in this experiment, SC 677 (8820.7 kg.ha⁻¹) and SC 524 (7784.7 kg.ha⁻¹) had the highest and lowest grain yield, respectively. Furthermore, the maximum number of rows per ear and the maximum 100 grain weight were observed in SC 704 and SC 524, respectively.

Keywords: Corn, Hybrid, Irrigation levels, Yield and yield components

*Corresponding author: a.mehrabi@ilam.ac.ir