

## اثر سطوح مختلف آبیاری و تراکم بوته بر عملکرد و اجزاء عملکرد دانه و کارایی مصرف آب در ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۳۰۲

### Effect of Different Levels of Irrigation and Plant Density on Grain Yield and Yield Components and Water Use Efficiency in Maize cv. KSC 302

محمد مهدی نخجوانی مقدم<sup>۱</sup>، ابراهیم نجفی<sup>۲</sup>، سید حسین صدرقائن<sup>۳</sup>  
و الهام فرهادی<sup>۴</sup>

۱- عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج  
۲- کارشناس موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج  
۳- کارشناس ارشد موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، کرج

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۶/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۹/۱۸

#### چکیده

نخجوانی مقدم، م. م.، نجفی، ا.، صدرقائن، س. ح. و فرهادی، ا. اثر سطوح مختلف آبیاری و تراکم بوته بر عملکرد و اجزاء عملکرد دانه و کارایی مصرف آب در ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۳۰۲. مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۲۷ (۱): ۹۰-۷۳.

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف آب و تراکم کاشت بر عملکرد، اجزاء عملکرد و کارایی مصرف آب هیبرید زودرس ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۳۰۲ در روش آبیاری بارانی، پژوهشی طی دو سال زراعی (۱۳۸۵ و ۱۳۸۶) به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در منطقه کرج انجام گردید. کرت‌های اصلی سه سطح آبیاری ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی برآورد شده به روش پنمن مانیت (با اعمال ضرایب گیاهی) و کرت‌های فرعی سه تراکم کاشت (۸۰، ۹۰ و ۱۰۰ هزار بوته در هکتار) بود. نتایج نشان داد که با افزایش آب آبیاری عملکرد دانه رقم مذکور به طور معنی‌داری افزایش یافت؛ بطوریکه بیشترین عملکرد دانه از تیمار ۱۲۵٪ نیاز آبی و کمترین عملکرد از تیمار ۷۵٪ نیاز آبی حاصل شد. بیشترین میزان کارایی مصرف آب در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی (۱/۰۳ کیلوگرم بر متر مکعب) مشاهده گردید. تراکم‌های متفاوت کاشت نتوانستند اثر معنی‌داری را بر عملکرد، اجزاء عملکرد و کارایی مصرف آب رقم مذکور بگذارند. مقایسه میانگین برای اثر متقابل آبیاری × تراکم بوته برای وزن خشک گیاه نشان داد که تیمار سطح آبیاری ۱۲۵٪ با تراکم ۹۰ هزار بوته در هکتار از نظر عملکرد دانه، وزن هزار دانه، وزن خشک گیاه، ارتفاع بوته، تعداد دانه در ردیف و تیمار سطح آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی با تراکم ۱۰۰ هزار بوته در هکتار از نظر کارایی مصرف آب برتر بودند. براساس نتایج این تحقیق در شرایط عدم محدودیت منابع آبی، کاربرد ۱۲۰۰۰ متر مکعب آب در هکتار (در روش آبیاری بارانی) و اعمال تراکم کاشت ۹۰ هزار بوته در هکتار و در شرایط محدودیت منابع آبی کاربرد ۱۰۰۰۰ متر مکعب آب در هکتار و اعمال تراکم کاشت ۱۰۰ هزار بوته در هکتار برای ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۳۰۲ در منطقه کرج مناسب می باشد.

واژه‌های کلیدی: ذرت دانه‌ای، آبیاری بارانی، عملکرد دانه، اجزاء عملکرد و کارایی مصرف آب.

## مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) یکی از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی است که به دلیل داشتن خصوصیات مطلوب از جمله قدرت سازگاری بالا، تولید بالای ماده خشک و همچنین راندمان بالای مصرف آب جایگاه ویژه‌ای در بین محصولات کشاورزی دارد. اهمیت این گیاه در تغذیه دام و طیور و مصارف صنعتی از یک سو و محدودیت منابع آبی در کشور از سوی دیگر، محققان را بر آن داشته است که تا بدنبال راهکارهایی در جهت افزایش بهره‌وری آب این محصول استراتژیک باشند. در این راستا ارقام جدید ذرت دانه‌ای در کشور با هدف کاهش دوره رشد، افزایش عملکرد و تحمل تنش‌های محیطی ارائه می‌شوند.

یکی از مسائل مهم و قابل توجه در مورد ذرت تامین آب مورد نیاز آن در طول فصل رشد است. لم (Lamm, 2004) در تحقیقات خود نشان داد که می‌توان با استفاده از کمترین میزان آب آبیاری اقدام به کاشت ذرت نمود، البته در این حالت عملکرد و برخی صفات کیفی ذرت کاهش می‌یابد. در منطقه کانتزاس غربی دارسمن و همکاران (Darusman *et al.*, 1997) دریافتند، استفاده از روش آبیاری قطره‌ای با تامین ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه ذرت، سبب افزایش عملکرد ذرت و همچنین کاهش نفوذ عمقی از زیر منطقه توسعه ریشه در منطقه مذکور گردید. روآدز و بنرت (Rhoads and Benrt, 1990) به این نتیجه

رسیدند که گیاه ذرت نیاز آبی بالایی دارد و اگر با محدودیتی از لحاظ آب و مواد غذایی مواجه نشود، بهره‌وری بالایی دارد. همچنین مشخص گردیده است که هیبریدهای زودرس ذرت در استفاده از آب برای تولید دانه کارآمدتر هستند و تحت شرایط خشکی طولانی مدت، عملکرد بهتری نسبت به تیپ‌های دیررس دارند (Koocheki *et al.*, 1995).

اگر چه آبیاری سطحی، به علت کم بودن هزینه‌های اولیه، یکی از متداول‌ترین روش‌های آبیاری است ولی در مواردی در مقایسه با روش‌های آبیاری تحت فشار، به علت پایین بودن یکنواختی توزیع آب و بالا بودن تلفات به صورت نفوذ عمقی و رواناب سطحی، راندمان پایین تری دارد. ابراین و همکاران (O'Brien *et al.*, 2001) نتیجه گرفتند که استفاده از سیستم آبیاری بارانی سنتریپوت در مقایسه با آبیاری شیاری سبب افزایش کارایی مصرف آب ذرت می‌شود. لی و همکاران (Li *et al.*, 2005) تاثیر یکنواختی کود-آبیاری با استفاده از سیستم آبیاری بارانی بر نفوذ عمقی، توزیع نیتروژن در خاک، جذب نیتروژن توسط گیاه و عملکرد محصول را بررسی نمودند و اظهار داشتند که استفاده از سیستم آبیاری بارانی موجب افزایش یکنواختی پخش کود می‌شود. انتخاب تراکم گیاهی مناسب در واحد سطح با توجه به شرایط هر منطقه و مشخصات ارقام یکی از عوامل مهم برای تولید حداکثر محصول در زراعت ذرت می‌باشد. کوکس

سبب افزایش بهره وری آب می‌گردد. در این راستا پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر سطوح مختلف آب آبیاری و تراکم کاشت بر عملکرد، اجزاء عملکرد دانه و کارایی مصرف آب رقم جدید ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۳۰۲ انجام گردید.

#### مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف آب و تراکم کاشت بر عملکرد، اجزاء عملکرد دانه و کارایی مصرف آب رقم هیبرید زودرس ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۳۰۲ در روش آبیاری بارانی، پژوهشی طی دو سال زراعی ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه ۴۰۰ هکتاری موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج انجام گردید. کرت‌های اصلی سه سطح آبیاری (A) ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه (برآورد شده به روش پنمن مانیتث با اعمال ضرایب گیاهی) و کرت‌های فرعی سه تراکم کاشت (B) ۸۰، ۹۰ و ۱۰۰ هزار بوته در هکتار بودند. برای آبیاری کرت‌های اصلی از سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت استفاده گردید. در هر دو سال انجام آزمایش در نیمه اول خرداد، عملیات کاشت به صورت دستی انجام شد فاصله بین ردیف‌های کشت ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها در روی هر ردیف نیز بسته به نوع تراکم متغیر بود. به طوری که فاصله بین بوته‌ها روی

(Cox, 1997) طی مطالعه واکنش عملکرد و تغییرات فیزیولوژیکی ذرت در سطوح مختلف تراکم بوته، گزارش داد که برای تولید حداکثر ماده خشک به تراکم ۹ بوته در مترمربع نیاز می‌باشد. ایرلی و همکاران (Earley *et al.*, 2001) گزارش کردند که احتمالاً کاهش عملکرد هر گیاه در اثر افزایش تراکم به علت کاهش تشعشع خورشیدی در قسمت‌های پایین پوشش گیاهی می‌باشد. پینتر و همکاران (Pinter *et al.*, 1994) در آزمایشی هیبریدهای ذرت حساس و متحمل به تراکم‌های مختلف (۴۰۰۰۰ تا ۱۶۰۰۰۰ بوته در هکتار) را بر عملکرد ذرت بررسی نمودند. در این بررسی بیشترین میزان عملکرد دانه و علوفه به ترتیب از ۴۲۰۰۰ بوته و ۱۱۸۰۰۰ بوته در هکتار به دست آمد. سانگوی و همکاران (Sangoi *et al.*, 2002) گزارش کردند هیبریدهای مختلف ذرت نسبت به تراکم کاشت عکس‌العمل‌های متفاوتی نشان دادند، ولی هیبریدهای ذرت با ارتفاع بوته کمتر در مقابل افزایش تراکم عملکرد بهتری داشتند. پیت (Peet, 2004) تراکم ۴۴۴۰۰ تا ۵۴۳۰۰ بوته در هکتار را با فاصله ردیف‌های بین ۷۶/۲ تا ۱۰۶/۶ سانتی‌متر و فاصله بوته‌های روی ردیف ۱۵/۲ تا ۳۰/۴ سانتی‌متر برای مناطق جنوبی آمریکا توصیه کرده است. بنابراین علاوه بر راهکارهای مدیریتی نظیر؛ برنامه‌ریزی صحیح آبیاری، توجه به راهکارهای زراعی نظیر؛ انتخاب ارقام با عملکرد بالا و اعمال تراکم کاشت بهینه، نیز

ردیف‌های کاشت، برای تراکم ۸۰ هزار بوته در هکتار ۱۶/۷ سانتی‌متر، برای تراکم ۹۰ هزار بوته در هکتار ۱۴/۸ سانتی‌متر و برای تراکم ۱۰۰ هزار بوته در هکتار ۱۴ سانتی‌متر بود. در هر کپه تعداد سه عدد بذر کاشته شد که در مرحله چهار برگی تنک شد. در هر تیمار فرعی ۶ ردیف به طول ۱۲ متر کشت شد که دو ردیف وسط، اصلی و چهار ردیف کناری، حاشیه بودند. تجزیه فیزیکی نمونه مرکب خاک نشان داد که بافت آن متوسط تا سبک بود و تغییراتی در عمق‌های مختلف آن مشاهده نگردید. برای آبیاری هر کرت اصلی از آبیاری برنجی قابل تنظیم 50 VYR با مشخصات فنی؛ فشار کارکرد بین ۳ الی ۴/۵ اتمسفر، میزان آبدهی بین ۲۸ الی ۳۵ لیتر در دقیقه و شعاع پاشش بین ۱۰ الی ۱۵ متر، استفاده شد. به طوری که در هر یک از چهار گوشه هر کرت فرعی و با فاصله ۱۲ متر از یکدیگر، یک آبیاری تمام دور قرار گرفت. فاصله بین تکرارهای آزمایش سه متر و بین کرت‌های اصلی ۶ متر در نظر گرفته شد. مساحت هر کرت فرعی برای شش خط کاشت تقریباً ۵۴ متر مربع و مساحت دوخط اصلی که برداشت از آنها انجام گرفت ۱۸ مترمربع بود. عملیات داشت شامل آبیاری، وجین و مبارزه با علف‌های هرز و تنک کردن بوته‌ها و همچنین یادداشت‌برداری صفات مورفولوژیکی برای همه تیمارها بطور یکسان و همزمان انجام گردید.

در این تحقیق رطوبت خاک قبل از هر نوبت

آبیاری در کلیه تیمارهای مربوط به یک تکرار در طول هر فصل رشد با استفاده از دستگاه TRIM در عمق توسعه ریشه اندازه‌گیری شد. میزان آب مورد نیاز تیمارهای آزمایشی نیز بر اساس کمبود رطوبت خاک تا حد ظرفیت زراعی تعیین و با استفاده از کنتور حجمی در اختیار گیاه قرار گرفت. حجم آب مصرفی در تیمارهای ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی در سال اول به ترتیب به میزان ۷۱۵۳، ۸۹۴۷ و ۱۰۷۴۱ مترمکعب در هکتار و در سال دوم به ترتیب به میزان ۷۷۸۷، ۹۸۷۳ و ۱۱۹۶۳ مترمکعب در هکتار بود. مقدار کود مصرفی براساس آزمون خاک محاسبه و طی سه مرحله به مزرعه داده شد. زمانی که رطوبت دانه‌های ذرت به ۲۵-۲۰ درصد رسید، برداشت محصول انجام شد. برای حصول نتایج آماری صحیح و حذف اثر حاشیه دو ردیف وسط از مجموعه ۶ ردیف کاشت به عنوان نمونه آزمایشی برداشت شدند و دو ردیف از هر طرف، همچنین یک متر از ابتدا و انتهای هر ردیف در هنگام نمونه‌برداری به عنوان اثر حاشیه‌ای در نظر گرفته شدند. در هر دو سال، اندازه‌گیری‌های مهم مربوط به عملکرد دانه و صفات مورفولوژیکی مانند: ارتفاع گیاه از سطح زمین، ارتفاع بلال، تعداد دانه در ردیف، تعداد کل دانه در بلال، وزن هزار دانه، وزن خشک گیاه انجام شد (اندازه‌گیری وزن خشک گیاه در انتهای مرحله رشد و از دو ردیف وسطی انجام گرفت). با اندازه‌گیری مقادیر عملکرد دانه (Ya) و میزان

آب داده شده به گیاه (I)، کارایی مصرف آب آبیاری (WUE) در تیمارهای مختلف برآورد گردید. داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۰.۰۵ انجام شد.

### نتایج و بحث

اثر سطوح مختلف آب بر عملکرد دانه ذرت در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جداول ۱، ۲ و ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در هر دو سال انجام آزمایش با کاهش سطح آبیاری، عملکرد دانه بلال نیز کاهش یافت. هاول و همکاران (Howell et al., 1984) مشابه این نتایج را گزارش نمودند و دلیل این امر را مختل شدن فعالیتهای فیزیولوژیک گیاه اعلام کردند. بیشترین میانگین دوساله عملکرد دانه از تیمار ۱۲۵ درصد نیاز آبی (۱۰/۹ تن در هکتار) و کمترین میانگین دوساله عملکرد دانه از تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی (۶/۹ تن در هکتار) حاصل گردید (شکل ۱). لم و همکاران (Lamm et al., 1994) نیز در تحقیقات خود دریافته‌اند که کم آبیاری سبب کاهش عملکرد دانه ذرت می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که تیمار ۱۲۵ درصد، نیاز کامل آبی گیاه را تامین نموده است و در تیمار ۱۰۰ درصد تامین نیاز آبی، به گیاه تنش وارد شده است. به عبارت دیگر در تیمار مذکور نوعی کم آبیاری انجام شده است. در سال اول انجام آزمایش اثر تراکم کاشت

بر عملکرد دانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱). اگر چه در سال اول، بین عملکرد دانه تراکم ۸۰ هزار بوته در هکتار با دو تراکم کاشت دیگر اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید، لکن در سال دوم و همچنین متوسط دو ساله تفاوت معنی‌داری بین عملکرد دانه در تراکم‌های مختلف کاشت مشاهده نگردید (جداول ۲ و ۳). در سال اول کمترین عملکرد دانه از تراکم ۸۰ هزار بوته در هکتار به میزان ۸/۱ تن در هکتار حاصل شد. اثر متقابل آبیاری × تراکم کاشت بر عملکرد دانه معنی‌دار نشد (جداول ۱، ۲ و ۳). مقایسه میانگین‌های حاصل از اثر متقابل آبیاری × تراکم کاشت نشان داد که میانگین عملکرد دانه تیمارهای نه‌گانه در گروه‌های مختلف آماری قرار گرفتند (جدول ۴). در بین تیمارهای مختلف، تیمار سطح آبیاری ۱۲۵ درصد نیاز آبی با تراکم ۱۰۰۰۰۰ بوته در هکتار دارای بیشترین میانگین دوساله عملکرد دانه (۱۱/۶ تن در هکتار) بود (شکل ۲).

اثر سطوح مختلف آبیاری بر تعداد دانه در ردیف در بلال در سال اول و در مجموع دو سال در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جداول ۱ و ۳). در سال دوم بین میانگین تعداد دانه در ردیف در سطوح مختلف آبیاری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در هر دو سال با افزایش حجم آب آبیاری تعداد دانه در ردیف افزایش یافت. بیشترین تعداد دانه در ردیف از

جدول ۱- خلاصه تجزیه واریانس اثر آبیاری و تراکم کاشت بر روی خصوصیات ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۳۲۰ در فصل زراعی ۱۳۸۵

Table 1. Summary of analysis of variance for irrigation and density effects on characteristics of grain maize cv. (KSC 302) in 2006 growing season

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df	MS میانگین مربعات							
			عملکرد دانه Grain yield	وزن هزار دانه 1000 KW	تعداد دانه بلال Grain per cob	وزن خشک گیاه Plant dry weight	ارتفاع گیاه Plant height	ارتفاع بلال Ear height	تعداد دانه در ردیف Grain per row	کارایی مصرف آب Water use efficiency
Replication	تکرار	2	0.853	498.93	24.28	0.203	487.49	117.48	3.11	0.015
Irrigation (A)	آبیاری	2	31.719**	9636.71**	92736.59**	2.33**	7299.64**	3610.34**	144.33**	0.005 <sup>ns</sup>
Error a	خطای الف	4	1.126	563.815	1039.79	0.9	182.97	31.37	5.778	0.019
Density (B)	تراکم	2	6.196**	80.037 <sup>ns</sup>	94.30 <sup>ns</sup>	0.004 <sup>ns</sup>	96.17 <sup>ns</sup>	0.11 <sup>ns</sup>	0.03 <sup>ns</sup>	0.07**
A × B	اثر متقابل آبیاری × تراکم	4	1.527 <sup>ns</sup>	93.926 <sup>ns</sup>	393.7 <sup>ns</sup>	0.012 <sup>ns</sup>	78.58 <sup>ns</sup>	8.097 <sup>ns</sup>	1.833 <sup>ns</sup>	0.019 <sup>ns</sup>
Error b	خطای ب	12	0.585	126.796	690.64	0.037	30.88	25.42	0.56	0.009

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

ns: Non- Significant.

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

ns: غیر معنی دار

جدول ۲- خلاصه تجزیه واریانس اثر آبیاری و تراکم کاشت بر روی خصوصیات ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۳۲۰ در فصل زراعی ۱۳۸۶

Table 2. Summary of analysis of variance for irrigation and density effects on characteristics of grain maize *cv.* KSC 302 in 2007 growing season

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df	MS میانگین مربعات							
			عملکرد دانه Grain yield	وزن هزار دانه 1000 KW	تعداد دانه بلال Grain per cob	وزن خشک گیاه Plant dry weight	ارتفاع گیاه Plant height	ارتفاع بلال Ear height	تعداد دانه در ردیف Grain per row	کارایی مصرف آب Water use efficiency
Replication	تکرار	2	0.225	835.111	9693.44	0.156	101.508	42.16	3.37	0.004
Irrigation (A)	آبیاری	2	39.249**	2260.11**	7315.11**	0.612**	465.653**	332.517**	37.815 <sup>ns</sup>	0.037 <sup>ns</sup>
Error a	خطای الف	4	0.834	250.22	1905.22	0.073	66.508	31.959	5.704	0.008
Density (B)	تراکم	2	1.345 <sup>ns</sup>	112 <sup>ns</sup>	320.78 <sup>ns</sup>	0.02 <sup>ns</sup>	10.534 <sup>ns</sup>	33.983 <sup>ns</sup>	12.704 <sup>ns</sup>	0.017 <sup>ns</sup>
A × B	اثر متقابل آبیاری × تراکم	4	0.983 <sup>ns</sup>	56.778 <sup>ns</sup>	381.56 <sup>ns</sup>	0.037 <sup>ns</sup>	198.504 <sup>ns</sup>	18.231 <sup>ns</sup>	27.704 <sup>ns</sup>	0.009 <sup>ns</sup>
Error b	خطای ب	12	1.992	206.296	668.07	0.145	65.827	25.376	24.87	0.026

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

ns: Non- Significant.

\* و \*\*: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns: غیر معنی‌دار

جدول ۳- خلاصه تجزیه واریانس مرکب اثر آبیاری و تراکم کاشت بر روی خصوصیات ذرت دانه سینگل کراس ۳۰۲

Table 3. Summary of combined analysis of variance for irrigation and density effect on characteristics of grain maize cv. KSC 302

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	میانگین مربعات MS							
			عملکرد دانه Grain yield	وزن هزار دانه 1000 KW	تعداد دانه بلال Grain per cob	وزن خشک گیاه Plant dry weight	ارتفاع گیاه Plant height	ارتفاع بلال Ear height	تعداد دانه در ردیف Grain per row	کارایی مصرف آب Water use efficiency
Year (Y)	سال	۱	0.791 <sup>ns</sup>	52328.907 <sup>**</sup>	12822.969 <sup>**</sup>	1.072 <sup>**</sup>	46068.26 <sup>**</sup>	4620.19 <sup>**</sup>	4.407 <sup>ns</sup>	0.041 <sup>ns</sup>
Error (1)	خطا (۱)	۴	0.655	667.019	6060.860	0.179	294.5	79.822	3.241	0.009
Irrigation (A)	آبیاری (A)	۲	75.821 <sup>**</sup>	10184.019 <sup>**</sup>	75764.104 <sup>**</sup>	2.579 <sup>**</sup>	5636.817 <sup>**</sup>	3061.82 <sup>**</sup>	162.296 <sup>**</sup>	0.03 <sup>ns</sup>
Y × A	سال × آبیاری	۲	1.396 <sup>ns</sup>	1712.796 <sup>**</sup>	24287.593 <sup>**</sup>	0.364 <sup>ns</sup>	2128.477 <sup>**</sup>	8810.038 <sup>**</sup>	19.852 <sup>ns</sup>	0.007 <sup>ns</sup>
Error (2)	خطا (۲)	۸	0.867	407.019	1472.506	0.081	124.739	31.664	5.741	0.014
Density (B)	تراکم بوته	۲	2.423 <sup>ns</sup>	142.019 <sup>ns</sup>	34.322 <sup>ns</sup>	0.02 <sup>ns</sup>	63.536 <sup>ns</sup>	18.933 <sup>ns</sup>	6.352 <sup>ns</sup>	0.023 <sup>ns</sup>
A × B	آبیاری × تراکم	۴	1.705 <sup>ns</sup>	110.046 <sup>ns</sup>	181.413 <sup>ns</sup>	0.02 <sup>ns</sup>	220.435 <sup>**</sup>	16.349 <sup>ns</sup>	12.741 <sup>ns</sup>	0.016 <sup>ns</sup>
Y × B	سال × تراکم بوته	۲	6.098 <sup>*</sup>	50.019 <sup>ns</sup>	380.755 <sup>ns</sup>	0.004 <sup>ns</sup>	43.169 <sup>ns</sup>	15.157 <sup>ns</sup>	6.352 <sup>ns</sup>	0.064 <sup>*</sup>
Y × A × B	سال × آبیاری × تراکم بوته	۴	0.971 <sup>ns</sup>	40.657 <sup>ns</sup>	593.843 <sup>ns</sup>	0.028 <sup>ns</sup>	56.652 <sup>ns</sup>	9.979 <sup>ns</sup>	16.796 <sup>ns</sup>	0.013 <sup>ns</sup>
Error (3)	خطا (۳)	۲۴	1.444	166.546	679.355	0.091	48.355	25.399	13.213	0.018

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

ns: Non- Significant.

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

ns: غیر معنی دار



جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری × تراکم بر خصوصیات ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۳۰۲

Table 4. Mean comparison for the effect of irrigation × density interaction on characteristics of grain maize cv. KSC 302.

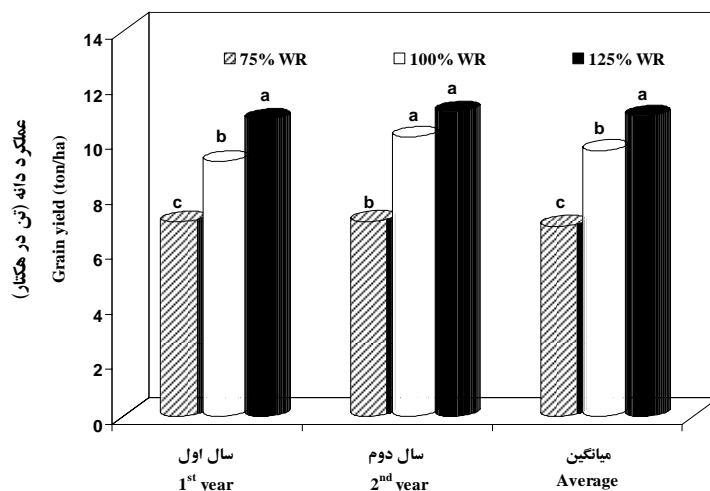
تیمار	عملکرد دانه (تن در هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه بلال	وزن خشک گیاه (کیلوگرم)	ارتفاع گیاه (سانتی متر)	ارتفاع بلال (سانتی متر)	تعداد دانه در ردیف	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)
Treatment	Grain yield (ton/ ha)	1000 Kw (g)	Grain per cob	Plant dry weight (Kg)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Grain per row	Water use Efficiency (Kg/m <sup>3</sup> )
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	6.93d	258.8b	549.68b	1.38c	133.97c	56.22c	35.67cde	0.938ab
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	7.01d	258.8b	545.87b	1.34c	135.12c	57.08c	32.5e	0.977ab
A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	6.97d	260.3b	555.2b	1.35c	140.57c	57.77c	34.5de	0.932ab
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	9.60bc	292.9ab	626.03a	1.85ab	156.6b	69.04abc	38.17abcd	1.015ab
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	9.08c	283.8ab	637.73a	1.76abc	153.75b	69.52abc	36.0bcde	0.98ab
A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	10.33abc	286.8ab	626.55a	1.66bc	154.05b	67.38bc	38.17abcd	1.101a
A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	10.13abc	304.8ab	678.63a	2.09ab	177.22a	87.75a	39.17abc	0.892b
A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	11.01ab	299.7ab	678.17a	2.14a	176.25a	85.36a	41.33a	0.977ab
A <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	11.62a	311.8a	679.46a	2.11ab	162.35b	80.07ab	40.17ab	1.028ab

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حروف مشابه می‌باشند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means, in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at the 5% level of probability-using Duncan's Multiple Range Test.

۱۲۵ درصد نیاز آبی با تراکم ۹۰ هزار بوته در هکتار با میانگین ۴۱/۳۳ دانه بالاترین و تیمار سطح آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی با تراکم ۹۰ هزار بوته در هکتار با میانگین ۳۲/۵ دانه پایین‌ترین میانگین دو ساله تعداد دانه در ردیف را دارا بودند. اثر سطوح مختلف آبیاری بر تعداد کل دانه بلال در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱، ۲ و ۳). نتایج نشان داد که با افزایش سطح آبیاری تعداد کل دانه بلال افزایش یافت. بیشترین تعداد کل دانه بلال در سطح آبیاری ۱۲۵ درصد نیاز آبی با میانگین دوساله ۶۷۸/۸ دانه و کمترین تعداد کل دانه بلال در سطح ۷۵ درصد نیاز آبی با میانگین دوساله ۵۵۰/۲ دانه مشاهده گردید (شکل ۴).

سطح آبیاری ۱۲۵ درصد نیاز آبی و کمترین آن از سطح آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی حاصل گردید (شکل ۳). نتایج آزمایش وست‌گیت (Westgate, 1994) نیز بیانگر کاهش تعداد دانه در ردیف ذرت با کاهش سطح آبیاری می‌باشد. او علت این امر را کاهش موفقیت در باروری و عدم تشکیل سلول تخم می‌داند. اثر تراکم کاشت بر تعداد دانه در ردیف و همچنین اثر متقابل آبیاری × تراکم کاشت بر تعداد دانه در ردیف معنی‌دار نشد (جدول ۱، ۲ و ۳). لکن مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری × تراکم نشان داد که میانگین دو ساله تعداد دانه در ردیف تیمارهای نه‌گانه در گروه‌های مختلف آماری قرار گرفته‌اند و از این نظر تیمار سطح آبیاری

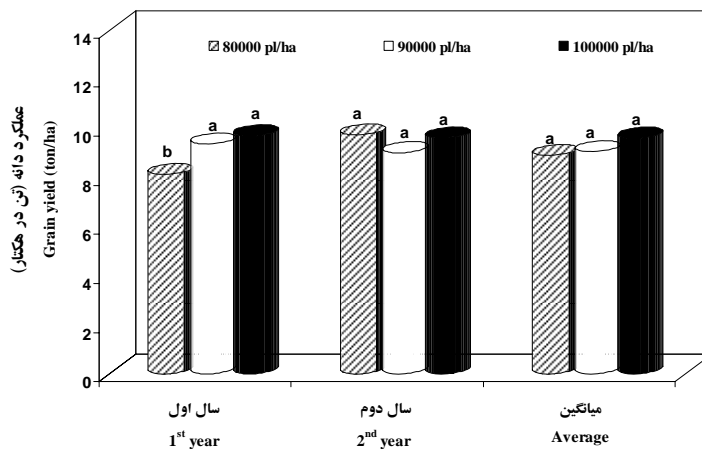


شکل ۱- عملکرد دانه در سطوح مختلف آبیاری. WR= نیاز آبی

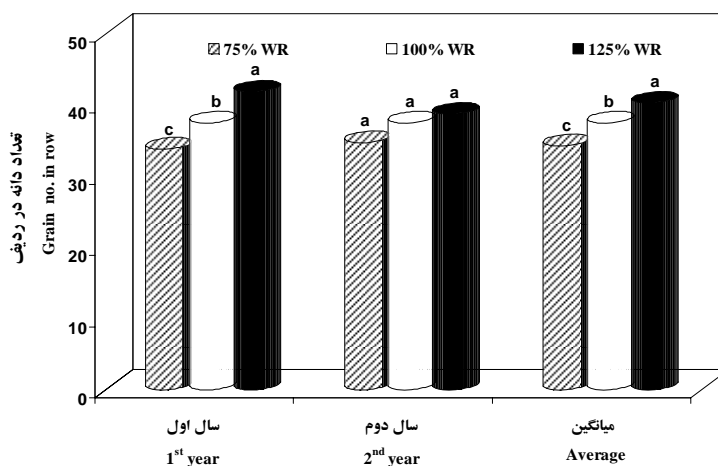
Fig. 1. Mean of grain yield in different irrigation levels. WR= Water requirement

نشان داد که اثر متقابل آبیاری × تراکم کاشت نیز بر تعداد کل دانه بلال معنی‌دار نشد (جدول ۱، ۲ و ۳). مقایسه میانگین دو ساله

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین تراکم‌های مختلف کاشت از نظر تعداد کل دانه بلال اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. نتایج



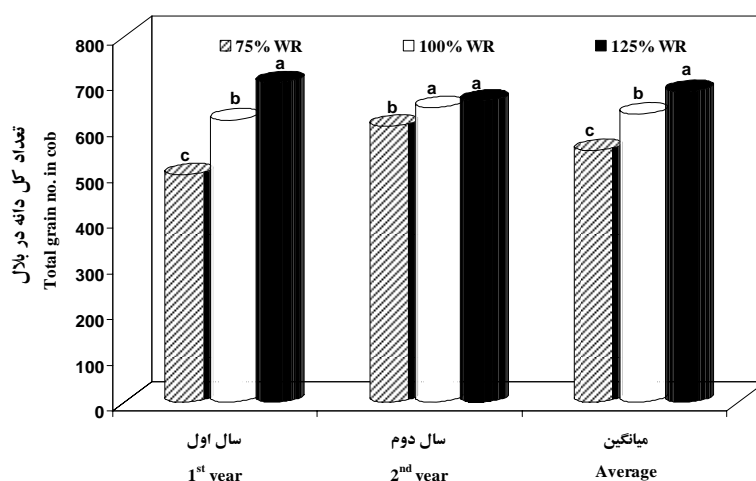
شکل ۲- میانگین عملکرد دانه در تراکم‌های مختلف کاشت  
Fig. 2. Mean of grain yield in different plant densities



شکل ۳- میانگین تعداد دانه در ردیف در تیمارهای مختلف آبیاری. WR= نیاز آبی گیاه  
Fig. 3. Mean of grain number per row in different irrigation levels.  
WR= Water requirement

اثر سطوح مختلف آبیاری بر وزن هزاردانه در سطح ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۱، ۲ و ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در هر دو سال انجام آزمایش با کاهش سطح آبیاری، وزن هزار دانه نیز کاهش یافت. نسیمیت و ریچی

تعداد کل دانه بلال مربوط به اثر متقابل آبیاری × تراکم نشان داد که بین سه تیمار a3b2، a3b1 و a3b3 که دارای بیشترین تعداد کل دانه بلال بودند، از این نظر اختلاف معنی داری مشاهده نشد (جدول ۴).



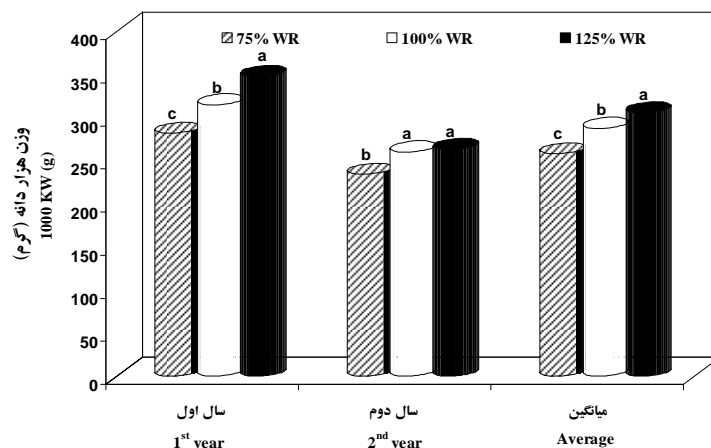
شکل ۴- میانگین تعداد دانه بلال در تیمارهای مختلف آبیاری. WR= نیاز آبی  
 Fig. 4. Mean of grain number in different irrigation levels. WR= Water requirement

۷۵ درصد نیاز آبی به ترتیب با میانگین‌های دو ساله ۱۷۱/۹ و ۱۳۶/۵ سانتی‌متر دارای بلندترین و کمترین ارتفاع گیاه بودند (شکل ۶). نسیمیت و ریچی (Nesmith and Ritchie, 1992) نیز گزارش نمودند که با افزایش سطح آبیاری ارتفاع گیاه ذرت نیز افزایش می‌یابد.

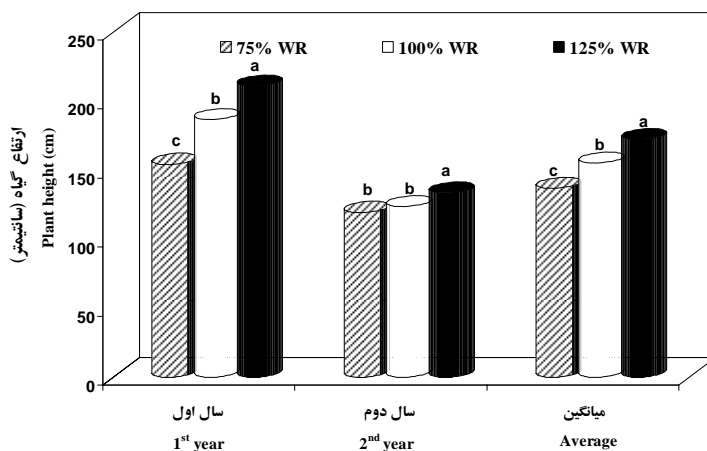
اثر تراکم بوته بر ارتفاع گیاه معنی‌دار نگردید (جداول ۱، ۲ و ۳). به عبارت دیگر تراکم‌های مختلف کاشت نتوانست ارتفاع گیاه را تحت تاثیر قرار دهد، این یافته با نتایج تحقیقات سایندمتس و پلرین (Sabindemetes and Pellerin, 1992) همخوانی دارد. تجزیه واریانس داده‌ها در سال‌های اول و دوم نشان داد که اثر متقابل آبیاری × تراکم بوته بر ارتفاع گیاه معنی‌دار نبود (جداول ۱ و ۲). لکن تجزیه واریانس مرکب داده‌های دو ساله نشان داد که اثر متقابل آبیاری × تراکم بوته بر ارتفاع گیاه در

(Nesmith and Ritchie, 1992) معتقدند که کاهش حجم آبیاری از طریق کوتاه کردن دوره پرشدن دانه باعث کم شدن وزن هزاردانه می‌گردد. سطح آبیاری ۱۲۵ درصد نیاز آبی دارای بیشترین (با میانگین دوساله ۳۰۵/۴۴ گرم) و سطح آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی (با میانگین دوساله ۲۵۸/۳۳ گرم) دارای کمترین وزن هزاردانه بودند (شکل ۵). اثر تراکم کاشت و همچنین اثر متقابل آبیاری و تراکم کاشت بر وزن هزاردانه معنی‌دار نگردید (جداول ۱، ۲ و ۳). مقایسه میانگین‌های ناشی از اثر متقابل آبیاری × تراکم بوته بر وزن هزاردانه نشان داد که تیمار a3b3 (با میانگین دوساله ۳۱۱/۸ گرم) دارای بیشترین وزن هزاردانه بود (جدول ۴).

اثر سطوح مختلف آبیاری بر ارتفاع گیاه در سطح ۱٪ معنی‌دار شد (جداول ۱، ۲ و ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمارهای ۱۲۵ و



شکل ۵- وزن هزار دانه در سطوح مختلف آبیاری. WR= نیاز آبی  
 Fig. 5. Means of 1000 kernel weight in different irrigation levels.  
 WR= Water requirement



شکل ۶- میانگین ارتفاع بوته در سطوح مختلف آبیاری. WR= نیاز آبی  
 Fig. 6. Mean of plant height in different irrigation levels. WR= Water requirement

تیمار a1b1 با میانگین ۱۳۴ سانتی متر کوتاه‌ترین ارتفاع گیاه را دارا بودند (جدول ۴).  
 نتایج نشان داد که ارتفاع بلال از سطح زمین تحت تاثیر سطوح مختلف آبیاری قرار گرفت به

سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).  
 مقایسه میانگین دو ساله اثر متقابل آبیاری × تراکم بوته نشان داد که دو تیمار a3b2 و a3b1 با میانگین ۱۷۷ سانتی متر بلندترین ارتفاع گیاه و

مقایسه میانگین حاصل از اثر متقابل آبیاری × تراکم بوته نشان داد که دو تیمار a3b1 و a3b2 با قرار گرفتن در یک گروه آماری بیشترین میزان ارتفاع بلال و سه تیمار a1b2، a1b1 و a1b3 با قرار گرفتن در یک گروه آماری کمترین میزان ارتفاع بلال را دارا بودند که در بین آنها تیمار a1b1 (سطح آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی و تراکم ۸۰ هزار بوته در هکتار) با میانگین ۵۶/۲۲ سانتی متر در مکان آخر قرارداداشت (جدول ۴).

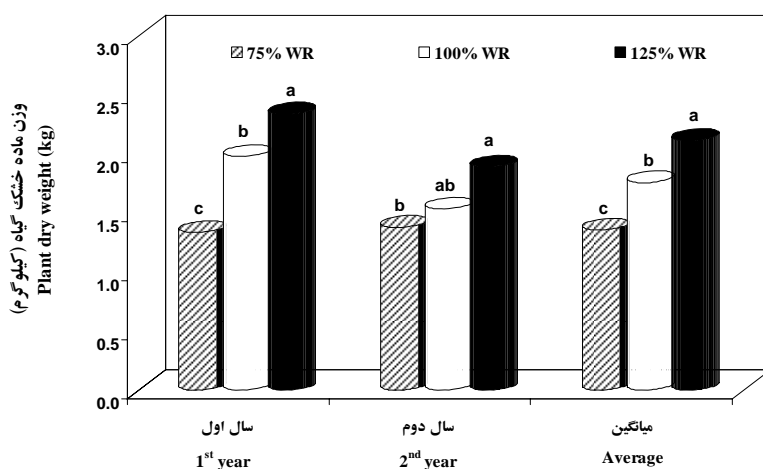
اثر سطوح مختلف آبیاری بر وزن خشک گیاه در سطح ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۱، ۲ و ۳). معنی دار شدن اثر تیمار آبیاری بر وزن زیست توده نشانگر این است که فتوسنتز، و به طور کلی تولید ماده خشک بوسیله گیاه، وابستگی جدانشدنی با میزان آب در دسترس دارد و با افزایش سطح آبیاری، وزن خشک گیاه نیز افزایش یافت، این نتیجه با نتایج تحقیقات اک (Eck و 1984) مطابقت دارد. بیشترین میانگین دوساله وزن زیست توده گیاه از سطح آبیاری ۱۲۵ درصد نیاز آبی (۲/۱۱ کیلوگرم) و کمترین آن از سطح آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی (۱/۳۶ کیلوگرم) بدست آمد (شکل ۷). اثر تراکم بوته بر وزن زیست توده گیاه معنی دار نبود (جدول ۱، ۲ و ۳). شکاری (Shekari, 1998) در تحقیقات خود نشان داد که تراکم بوته بر وزن خشک گیاه بی‌تاثیر بود.

اثر متقابل آبیاری × تراکم بوته بر وزن خشک گیاه معنی دار نبود

طوری که اثر سطوح آبیاری بر ارتفاع بلال از سطح زمین در سطح ۱٪ معنی دار شد (جدول ۱، ۲ و ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در هر دو سال انجام آزمایش با افزایش سطح آبیاری، ارتفاع بلال نیز افزایش یافت. بنابراین مشخص شد که با افزایش سطح آبیاری ارتفاع بلال به دلیل تلاش گیاه برای استفاده از نور بیشتر افزایش یافته‌است که با نتایج تحقیقات محمدی و صالحی (Mohammadi and Salehi, 2002) مطابقت دارد. باید توجه داشت که یکنواخت بودن ارتفاع بلال‌ها، برداشت مکانیزه آنها را تسهیل می‌نماید. بیشترین میانگین دوساله ارتفاع بلال از تیمار ۱۲۵ درصد نیاز آبی (۸۳/۱ سانتی متر) و کمترین میانگین دوساله ارتفاع بلال از تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی (۵۷ سانتی متر) حاصل گردید.

در این بررسی بین میانگین ارتفاع بلال در تراکم‌های مختلف بوته اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۱، ۲ و ۳). تیتوکاگو و گاردنر (Titiokagho and Gardner, 1988) نیز با افزایش تراکم بوته بر فاصله بلال از سطح زمین اثر معنی‌داری ملاحظه نکردند. این در حالی است که سایبندمتس و پلرین (Sabindemetes and Pellerin, 1992) گزارش کردند که در تراکم‌های زیاد، ارتفاع بوته و محل قرار گرفتن بلال از سطح زمین افزایش یافت.

اثر متقابل آبیاری × تراکم کاشت بر ارتفاع بلال معنی‌دارنشده (جدول ۱، ۲ و ۳). لیکن



شکل ۷- وزن ماده خشک گیاه در سطوح مختلف آبیاری. WR= نیاز آبیاری  
 Fig. 7. Mean of plant dry weight in different irrigation levels. WR= Water requirement

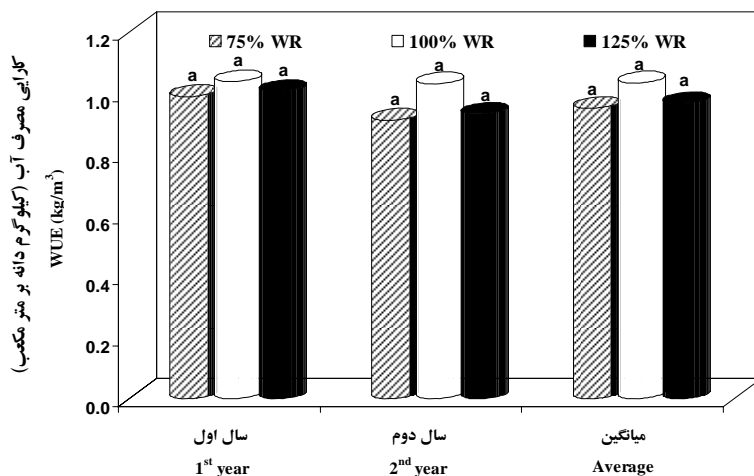
مصرف آب سطوح مختلف آبیاری اختلاف قابل ملاحظه‌ای مشاهده نگردید، لکن نتایج نشان داد که در هر دو سال تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی نسبت به دو تیمار دیگر دارای میزان کارایی مصرف آب بیشتری بود (شکل ۸).

علی رغم اینکه اثر تراکم بوته بر کارایی مصرف آب در سال اول در سطح ۱ درصد معنی دار شد لکن، تجزیه واریانس داده‌ها در سال دوم و همچنین تجزیه واریانس مرکب دو ساله نشان داد که اثر تراکم بوته بر کارایی مصرف آب معنی دار نبود (جدول ۱، ۲ و ۳).

در سال اول انجام آزمایش با افزایش تراکم بوته، میزان کارایی مصرف آب کاهش یافت. اثر متقابل آبیاری × تراکم بوته بر کارایی مصرف آب معنی دار نشد (جدول ۱، ۲ و ۳). مقایسه میانگین دو ساله حاصل از اثر متقابل آبیاری × تراکم بر کارایی مصرف آب ذرت

(جدول ۱، ۲ و ۳). نتایج مقایسه میانگین‌های حاصل از اثر متقابل آبیاری × تراکم بوته نشان داد که بین میانگین دو ساله وزن خشک گیاه تیمارهای نه گانه در سطح ۵ درصد تفاوت معنی دار وجود داشت. تیمار a3b2 با میانگین دوساله وزن خشک گیاه ۲/۱۴ کیلوگرم دارای بیشترین و و سه تیمار a1b1، a1b2 و a1b3 با قرار گرفتن در یک گروه آماری و با میانگین دوساله وزن خشک گیاه ۱/۳۶ کیلوگرم، کمترین میزان وزن خشک گیاه را دارا بودند (جدول ۴).

اثر سطوح مختلف آبیاری بر کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۳۰۲ معنی دار نشد (جدول ۱، ۲ و ۳). به عبارت دیگر سطوح مختلف آبیاری اثر معنی داری بر میزان عملکرد بازاء واحد آب مصرفی نداشتند. اگرچه در هر دو سال انجام آزمایش بین میزان کارایی



شکل ۸- کارایی مصرف آب در سطوح مختلف آبیاری. WR= نیاز آبی

Fig. 8. Means of water use efficiency in different irrigation levels.  
WR= Water requirement

قابل توجهی در افزایش عملکرد دانه و اجزاء عملکرد آن داشت. این افزایش عملکرد به میزان ۱۳ درصد نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی (بطور میانگین در طول دو سال) بود. افزایش عملکرد در تیمار ۱۲۵ درصد نیاز آبی (با میانگین مصرف آب ۱۲۰۰۰ متر مکعب در هکتار) بیانگر آن است که در شرایط آب و هوایی کرج در سالهای اجرای آزمایش تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی (با میانگین مصرف آب ۱۰۰۰۰ متر مکعب در هکتار) نیاز آبی گیاه بطور کامل تأمین نشده است. به عبارت دیگر در تیمار مذکور نوعی کم آبیاری انجام شده است، لذا این امر سبب آن گردیده است که اثرات کم آبیاری در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی شدید شود و عملکرد دانه رقم مذکور به میزان ۲۸/۵ درصد

دانه‌ای سینگل کراس ۳۰۲ بیانگر آن بود که در بین تمامی تیمارها، تیمار a2b3 (سطح آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی با تراکم ۱۰۰۰۰۰ بوته در هکتار) دارای بیشترین میانگین دوساله کارایی مصرف آب به میزان ۱/۱۰۱ کیلوگرم دانه بر متر مکعب آب بود (جدول ۴).

بطور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که ذرت دانه‌ای KSC 302 حساس به تنش رطوبتی در طول فصل رشد می‌باشد و کاهش یکنواخت آب آبیاری به میزان ۲۵ درصد نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی در طول فصل رشد، سبب کاهش عملکرد دانه و اجزاء عملکرد رقم مذکور شد. در مقابل نتایج نشان داد که افزایش آب آبیاری به میزان ۲۵ درصد نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی تأثیر



عملکرد و کارایی مصرف آب تراکم‌های مختلف بوته برای این رقم مشاهده نگردید.

بررسی مقایسه میانگین دوساله اثر متقابل آبیاری  $\times$  تراکم نشان داد که تیمار سطح آبیاری ۱۲۵٪ با تراکم ۹۰۰۰۰ بوته در هکتار از نظر عملکرد دانه، وزن هزار دانه، وزن خشک گیاه، ارتفاع گیاه، تعداد دانه در ردیف و سطح آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی با تراکم ۱۰۰۰۰۰ بوته در هکتار از نظر کارایی مصرف آب تیمارهای برتر بودند.

براساس نتایج این تحقیق در شرایط عدم محدودیت منابع آبی، کاربرد ۱۲۰۰۰ متر مکعب آب در هکتار (در روش آبیاری بارانی) و اعمال تراکم کاشت ۹۰ هزاربوته در هکتار و در شرایط محدودیت منابع آبی کاربرد ۱۰۰۰۰ متر مکعب آب در هکتار و اعمال تراکم کاشت ۱۰۰ هزاربوته در هکتار برای ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۳۰۲ در شرایط کرج مناسب می‌باشد.

(بطور میانگین در طول دو سال) نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی کاهش یافت.

سطوح متفاوت آبیاری اثر معنی‌داری بر کارایی مصرف آب رقم مذکور نداشتند و از این نظر همه تیمارهای آبیاری در یک گروه آماری قرار گرفتند، لکن بررسی نتایج نشان داد افزایش و یا کاهش یکنواخت حجم آب آبیاری به میزان ۲۵ درصد نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد تامین نیاز آبی در طول هر دو فصل رشد نتوانست اثر مثبتی را بر افزایش کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای نسبت به تیمار شاهد بگذارد. به عبارت دیگر برای ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۳۰۲ در هر دو سال انجام آزمایش بیشترین میزان کارایی مصرف آب در تیمار شاهد (تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی) مشاهده گردید. نتایج نشان داد که تراکم‌های متفاوت بوته نتوانستند اثر معنی‌داری بر عملکرد و اجزاء عملکرد دانه و کارایی مصرف آب رقم مذکور بگذارند. به عبارت دیگر اختلاف قابل ملاحظه‌ای بین

## References

- O'Brien, D. M., Lamm, F. R., Stone, L. R., and Rogers, D. H. 2001. Corn yield and profitability for low-capacity irrigation system. *Applied Engineering in Agriculture* 17 (3): 315-324
- Cox W. J. 1997. Corn silage and grain yield response to plant densities. *Journal of Production Agriculture* 70: 405-410.
- Darusman, A. H., Stone, L. R., Spurgeon, W. E., and Lamm, F. R., 1997. Water flux below the root zone vs. irrigation amount in drip-irrigated corn. *Agronomy Journal* 89: 375-379.
- Eck, H. V. 1984. Irrigated corn yield response to nitrogen and water. *Agronomy Journal* 76(3): 421-428.
- Earley, E., Rath, B., Sief, R. D., and Hageman, R. H. 2001. Effects of shade applied at different stage of plant development on corn production. *Crop Science* 7:151-159.

- Howell, T. A., Hatfield, J. L., Yamada, H., and Davis. K. R. 1984.** Evaluation of cotton canopy temperature to detect crop water stress. Transaction of ASAE 27 (1): 84-88.
- Koochaki, A., Hosseini, M., and Nassiri Mahallati, M. 1995.** The relation between water, soil and plant in cultivation plant. 2<sup>nd</sup> Edition. Jihad Daneshgahi of Mashhad. (In Persian)
- Lamm, F. R., Royers, D. H., and Manges, H. L. 1994.** Irrigation scheduling with planned soil water depletion. Transaction of the ASAE 37(5):1491-1497.
- Lamm, F. R. 2004.** Corn production as related to sprinkler irrigation capacity. Pp. 23-36. Proceedings 16th Annual Central Plains Irrigation Conference. Kearney, Nebraska.
- Li, Q. S., Willardson, L. S., Deng, W., Li, X. J., and Liu, C. J. 2005.** Crop water deficit estimation and irrigation scheduling in western Jilin province, Northeast China. Agricultural Water Management 71 (3): 47-60.
- Mohammadi, A. and Salehi, B. 2002.** Effect of row spacing and plant density on growth and yield of corn (SC 704) in climatic condition of Achachi, Meiane. Pp. 229. In: Abstracts of the 7th Iranian Congress of Crop Sciences. Karaj, Iran. (In Persian).
- Nesmith, D. S., and Ritchie, J. T. 1992.** Effects of soil water-deficits during tassel emergence on development of maize (*Zea mays* L.). Field Crops Research 28: 251-256.
- Peet, M. 2004.** Sweet corn. Available: <http://www.ncsu.edu/sustainable/profiles/botcorn.html>
- Pinter, L., Alfoldi, Z., and Paldi, E. 1994.** Feed value of forage maize hybrids varying in tolerance to plant density. Agronomy Journal 86: 799- 804.
- Rhoads, F. M., and Bennrt, J. M. 1990.** Corn. Pp. 569-597. In: Irrigation of Agricultural Crops. American Society of Agronomy, Madison, USA.
- Sabindemetes, M., and Pellerin. S. 1992.** Effect of mutual shading on the emergence of nodal and root/shoot ratio of maize. Plant and Soil 147: 87-93.
- Sangoi, L., Gracietti, M. A., Rampazzo, C., and Bianchetti, P. 2002.** Response of Brazilian maize hybrids from different eras to changes in plant density. Field Crops Research 79 (1): 39-51.
- Shekari, F. 1998.** Effect of Different plant densities on quality and quantity of corn (SC 604) in different planting dates. Pp. 437. In: Abstracts of the 5th Iranian Congress of Crop Sciences. Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran. (In Persian).
- Titiokagho, F., and Gardner, F. P. 1988.** Responses of maize to plant population density: II. Reproductive development, yield and yield adjustments. Agronomy Journal 80: 935-945.
- Westgatc, M. E. 1994.** Seed formation in maize during drought. Pp. 361-365. In: Boote, K. J., Bennett, J. M., Scinclair, T. R., Paulsen, G. M. (Eds.). Physiology and Determination of Crop Yield. CSSA-ASA-SSSA, Madison, WI.