

تابع مصرف آب - عملکرد ارقام میان‌رس و زودرس ذرت دانه‌ای (ارقام ۵۰۰ و ۳۰۲) در روش آبیاری بارانی

محمد مهدی نخجوانی مقدم^{۱*}، قاسم زارعی^۲، سالومه سپهری صادقیان^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۳/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۵/۱۷

چکیده

در این پژوهش اثر سطوح متفاوت آب مصرفی و تراکم بوته بر عملکرد و کارایی مصرف آب ارقام میان‌رس و زودرس ذرت دانه‌ای (به ترتیب دو رقم ۵۰۰ و ۳۰۲) در روش آبیاری بارانی به مدت دو سال زراعی در منطقه کرج بررسی گردید. پژوهش مذکور به صورت دو آزمایش مستقل کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام گردید. سطوح آب مصرفی اعمال شده در هر دو آزمایش یکسان بود (سه سطح ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی ذرت دانه‌ای)، با توجه به نوع رقم، در هر آزمایش تراکم‌های کاشت اعمال شده متفاوت بود (برای رقم ۵۰۰ سه تراکم کاشت ۸۵۰۰۰، ۷۵۰۰۰ و ۹۵۰۰۰ بوته در هکتار و برای رقم ۳۰۲ سه تراکم کاشت ۸۰۰۰۰، ۹۰۰۰۰ و ۱۰۰۰۰۰ بوته در هکتار). نتایج نشان داد که با افزایش عمق آب، آبیاری عملکرد دانه ارقام ذرت به طور معنی‌داری افزایش یافت. هرچند تراکم‌های متفاوت کاشت نتوانستند اثر معنی‌داری را بر عملکرد و کارایی مصرف آب ارقام مذکور بگذارند. بررسی نتایج نشان داد که در محدوده عمق آبیاری ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌متر، عملکرد ارقام ذرت تقریباً به صورت خطی افزایش یافت، پس از عمق آبیاری ۱۰۰۰ میلی‌متر، شیب رابطه عملکرد با آب آبیاری به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت. بیش‌ترین میزان کارایی مصرف آب برای ارقام ۵۰۰ و ۳۰۲ ذرت دانه‌ای به ترتیب در سطوح ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی مشاهده گردید (به ترتیب ۰/۹۴ و ۱/۰۳ کیلوگرم بر مترمکعب). به طور کلی نتایج نشان داد که در شرایط محدودیت منابع آبی، با کاشت ارقام میان‌رس و زودرس ذرت دانه‌ای، برنامه‌ریزی صحیح آبیاری و بکارگیری ۹۵۰۰ مترمکعب آب در هکتار در منطقه کرج و تحت روش آبیاری بارانی می‌توان کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای را به بیش از ۱ کیلوگرم بر مترمکعب رساند.

واژه‌های کلیدی: آبیاری بارانی، ذرت دانه‌ای، کارایی مصرف آب، عملکرد

مقدمه

در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان نظیر کشور ایران کمبود آب از مهم‌ترین عوامل کاهش سطح، عملکرد و کارایی مصرف آب گیاهان زراعی است. ذرت (*Zea mays L.*) از مهم‌ترین گیاهان زراعی است که عملکرد آن همبستگی بالایی با قابلیت دسترسی به آب دارد (Kresovic et al., 2016 ; Markovic et al., 2017 ; Dagdelen et al., 2008). اگرچه عوامل دیگر مانند تراکم، کود، تابش خورشید نیز بر عملکرد ذرت تاثیرگذار هستند ولی این عوامل

معمولاً با مقدار آبی که گیاه در طول فصل رشد در دسترس دارد، تنظیم می‌شوند (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۴). در حال حاضر اکثر مناطق ذرت خیز کشور به دلیل مشکل کمبود آب و کاهش سطح آب‌های زیرزمینی، تغییر الگوی کشت داده‌اند. این امر سبب شده تا سطح زیرکشت ذرت دانه‌ای در کشور کاهش پیدا کند. به طوری که سطح زیرکشت ذرت دانه‌ای کشور از ۲۷۴ هزار هکتار در سال زراعی ۱۳۸۳-۱۳۸۲ (بی‌نام، ۱۳۸۴) به ۱۵۸ هزار هکتار در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ (بی‌نام، ۱۳۹۶) کاهش یافته است (کاهش ۴۲ درصدی سطح زیرکشت ذرت دانه‌ای طی ۱۲ سال). علی‌رغم کاهش شدید سطح زیرکشت ذرت دانه‌ای طی سال‌های اخیر، بیش‌تر کشاورزان اقدام به کاشت ارقام دیررس ذرت دانه‌ای که نیاز آبی بالاتری نسبت به ارقام میان‌رس و زودرس ذرت دارند، می‌نمایند. رقم ۷۰۴ که بسیار بین کشاورزان مرسوم شده است، به همراه دیگر ارقام ذرت دیررس، در حال حاضر بیش‌ترین سطح زیرکشت ذرت دانه‌ای کشور را به خود اختصاص داده‌اند. در این شرایط از مهم‌ترین راهکارهایی که می‌توان

۱- استادیار، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۲- دانشیار، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۳- استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

*- نویسنده مسئول: (Email: mehhdin55@yahoo.com)

زوارت و بستیانسن تغییرات کارایی مصرف آب ذرت را به سه عامل آب و هوا، مدیریت آبیاری و مدیریت خاک نسبت دادند. این محققین براساس بررسی جامع از ۸۴ تحقیق انجام شده در نقاط مختلف دنیا، گزارش نمودند کارایی مصرف آب ذرت دارای دامنه وسیعی است (۱/۱ تا ۲/۷ کیلوگرم بر مترمکعب)، بنابراین به کارگیری شیوه‌های جدید مدیریت آب برای افزایش تولید محصول با استفاده ۲۰ الی ۴۰ درصد منابع آب کم‌تر را توصیه نموده‌اند (Zwart and Bastiannsen., 2004). احمد آلی (۱۳۸۸) طی یک آزمایش سه ساله در منطقه میان‌دوآب، حداکثر کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای رقم KSc704 را در سطوح نیاز آبی ۸۰ و ۱۰۰ درصد و حداکثر عملکرد دانه را در سطح نیاز آبی ۱۲۰ درصد گزارش کرد. صادقی (۱۳۹۶) نتیجه گرفت که با یک مدیریت درست و با تامین ۸۵ درصد نیاز آبی گیاه ذرت در شرایط اقلیمی مناطق معتدل استان کرمانشاه، می‌توان به عملکرد مناسبی دست یافت.

بررسی منابع و مراجع در دسترس، نشان می‌دهند که در رابطه با مدیریت آبیاری و تاثیر روش‌های نوین آبیاری بر عملکرد ارقام زودرس و میان‌رس ذرت دانه‌ای، پژوهش‌چندانی انجام نگرفته و کمبود تحقیقات در این زمینه احساس می‌شود. از این‌رو پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر مقادیر متفاوت آب بر عملکرد و کارایی مصرف آب ارقام میان‌رس و زودرس ذرت دانه‌ای و همچنین تعیین عمق مناسب آبیاری ارقام مذکور در شرایط محدودیت منابع آبی، انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر برگرفته از اطلاعات پروژه تحقیقاتی است که به مدت دو سال زراعی در موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی کرج انجام گردید (نخجوانی و همکاران، ۱۳۸۸). این پژوهش به‌منظور بررسی اثرات سطوح مختلف آب آبیاری و تراکم کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم جدید ذرت دانه‌ای (به ترتیب ارقام ۵۰۰ و ۳۰۲)، در روش آبیاری بارانی طی دو سال زراعی در شهرستان کرج انجام شد. از آن‌جا که این دو رقم انتخابی ذرت دارای تاریخ کاشت و تراکم کاشت متفاوت با یکدیگر بودند، بنابراین این پژوهش به صورت دو آزمایش مستقل کرت‌های یکبار خرد شده^۲ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. در پژوهش مذکور اثر تامین سه سطح متفاوت آب مصرفی (۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی ذرت دانه‌ای) به همراه سه سطح مختلف تراکم کاشت (سه تراکم کاشت ۷۵، ۸۵ و ۹۵ هزار بوته در هکتار برای رقم میان‌رس ۵۰۰ و

در نظر گرفت، جایگزین کردن ارقام زودرس و میان‌رس ذرت دانه‌ای به جای ارقام دیررس این گیاه است. ارقام میان‌رس و زودرس ذرت دانه‌ای نسبت به ارقام دیررس ذرت طول دوره رشد و نمو کوتاه‌تری دارند و می‌توانند در اکثر مناطق ذرت‌کاری ایران به خصوص مناطق سرد و معتدل بصورت کشت دوم و در مناطق بسیار سرد کشور در کشت اول (بهاره) مورد استفاده قرار بگیرند (دهقان‌پور و همکاران، ۱۳۸۸). با این وجود کاشت ارقام زودرس و میان‌رس ذرت دانه‌ای برای کشاورزان یک نوآوری محسوب شده و پذیرش آن منوط به فراهم شدن شرایطی است، به‌ویژه آن‌که ارقام دیررس علی‌رغم مصرف آب بیش‌تر، دارای عملکرد بالاتری می‌باشند و زارعین در مقابل خارج کردن این ارقام از برنامه کشت خود مقاومت نشان می‌دهند (استخر، ۱۳۸۵). محمدی و رحمانی (۱۳۹۵) گزارش نمودند از آن‌جا که با کاشت ارقام زودرس ذرت دانه‌ای نسبت به ارقام دیررس در استان فارس میزان آب کم‌تری مصرف می‌شود (از طریق کاهش تعداد دفعات آبیاری)، بایستی کشت رقم دیررس ۷۰۴ در منطقه مذکور کاهش یابد. لارسن و کلگ نتیجه گرفتند که ارقام زودرس و میان‌رس ذرت دانه‌ای نسبت به ارقام دیررس سازگاری بهتری به کمبود آب (به‌ویژه در انتهای فصل رشد) دارند (Larson and Clegg., 2009). هم‌چنین کامان و همکاران گزارش نمودند در شرایط تنش خشکی آخر فصل، ارقام زودرس و میان‌رس ذرت ممکن است از تبعات سو تنش خشکی فرار کنند (Kaman et al., 2011). مقدار آب مصرفی و عملکرد محصول گیاه ذرت در انواع سامانه‌های آبیاری توسط متخصصان مختلف مورد بررسی و تحقیق قرار گرفت. ابرین و همکاران نتیجه گرفتند که استفاده از سیستم آبیاری بارانی در مقایسه با آبیاری جویچه‌ای در آمریکا، سبب افزایش عملکرد و سودمندی در تولید ذرت می‌شود (O'Brien et al., 2001). مارتینز و همکاران دریافتند با کاربرد آب به میزان ۸۰ درصد نیاز آبی در سیستم آبیاری بارانی در منطقه آلباسته^۱ اسپانیا، ذرت با کاهش عملکرد زیادی مواجه نشد (Martines et al., 2003). اثر مدیریت آب آبیاری بر کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای از جنبه‌های متفاوت کم‌آبیاری و برنامه‌ریزی آبیاری، در مقالات مختلف مورد بحث و بررسی قرار گرفته است (Zwart and Bastiannsen., 2004; Trout and DeJonge., 2017). چن و همکاران گزارش دادند که مقدار آب موردنیاز برای به‌دست آوردن حداکثر کارایی مصرف آب کم‌تر از میزان آب موردنیاز برای حصول حداکثر عملکرد دانه است (Chen et al., 2009). پایرو و همکاران دریافتند کارایی مصرف آب ذرت حساسیت بالایی به مقدار آب آبیاری داشته و با افزایش حجم آب مصرفی، این مشخصه مهم مدیریتی کاهش می‌یابد (Payero et al., 2008).

عملیات کاشت در هر دو سال در دهه سوم خرداد ماه انجام شد. فاصله بین ردیف‌های کشت ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی هر ردیف نیز بسته به نوع تراکم، متغیر بود. در هر تیمار فرعی ۶ ردیف به طول ۱۲ متر کشت شدند که دو ردیف وسط، اصلی و چهار ردیف کناری، به‌عنوان حاشیه بودند. در این پژوهش از روش آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبیاری‌های قابل تنظیم VYR 50 (ساخت اسپانیا) 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 گردید. نتایج تجزیه شیمیایی آب در جدول ۲ ارائه شده است.

سه تراکم کاشت ۸۰، ۹۰ و ۱۰۰ هزار بوته در هکتار برای رقم زود-رس (۳۰۲) بر عملکرد و کارایی مصرف آب ارقام ذرت دانه‌ای مورد بررسی قرار گرفتند. خصوصیات فیزیکی خاک محل انجام آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی خاک محل آزمایش

عمق خاک (cm)	رطوبت حجمی در حد ظرفیت زراعی (%)	جرم ویژه ظاهری خاک (gr/cm ³)	بافت خاک
۰-۲۰	۲۶/۳	۱/۳۶	لوم
۲۰-۴۰	۲۷	۱/۴۲	لوم
۴۰-۶۰	۲۸/۶	۱/۴۲	لوم

جدول ۲- نتایج تجزیه کیفی آب

کاتیون‌های محلول (meq/lit)					PH	هدایت الکتریکی (ds/m)	منبع آب
سدیم	منیزیم	کلسیم	سولفات	بی‌کربنات			
۳	۲/۴	۲/۴	۱/۸	۲/۳۵	۷/۸	۰/۸	چاه

مقایسه میانگین تیمارها به کمک آزمون دانکن انجام گرفت.

نتایج و بحث

اثر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد دانه دو رقم ۵۰۰ و ۳۰۲ ذرت دانه‌ای در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳ و ۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها طبق آزمون دانکن نشان داد که در هر دو سال انجام آزمایش با کاهش سطح آبیاری، عملکرد دانه برای هر دو رقم ۳۰۲ و ۵۰۰ کاهش یافت. هاول و همکاران دلیل این امر را مختل شدن فعالیت‌های فیزیولوژیک می‌دانند (Hoewell et al., 1995). برای هر دو رقم ذرت دانه‌ای مورد مطالعه، بیش‌ترین میانگین دو ساله عملکرد دانه از تیمار ۱۲۵ درصد نیاز آبی و کم‌ترین میانگین دو ساله عملکرد دانه، از تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی حاصل گردید (شکل‌های ۱ و ۲). اشرفی و نجفی (۱۳۸۸) نیز حداکثر عملکرد ذرت دانه‌ای رقم KSc700 در منطقه کرج را در تیمار ۱۲۰ درصد نیاز آبی و با روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (عمق کارگزاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار، ۱۵ سانتی‌متر از سطح خاک) گزارش نمودند. غالب مطالعات انجام شده توسط دیگر محققین نیز بیانگر آن است که عملکرد ذرت عمدتاً تحت تاثیر تنش آبی کاهش می‌یابد (Payero et al., 2008; Chen et al., 2009). با این حال، پایرو و همکاران معتقدند که کاهش عملکرد محصول ذرت بسته به الگوی درجه حرارت و بارندگی هر منطقه، ویژگی‌های خاک و گیاه، شیوه‌های مدیریت مزرعه، و هم‌چنین شرایط آب و هوایی متفاوت است (Payero et al., 2008).

در طول هر فصل رشد، مقادیر روزانه تبخیر و تعرق مرجع (ET₀) با استفاده از داده‌های هواشناسی ایستگاه دانشکده کشاورزی کرج و از طریق معادله پنمن - مانتیث فائو تعیین گردید. سپس نیاز آبی گیاه از طریق اعمال مقادیر ضرایب گیاهی برحسب مرحله رشد آن، به‌صورت روزانه تعیین گردید (Allen et al., 1999). میزان بارندگی موثر طی دو دوره رشد مقادیر ناچیزی بود (برای سال اول و دوم به ترتیب برابر با ۸ و ۱۰ میلی‌متر) که از اعمال آن صرف‌نظر شد. مقدار کود مصرفی براساس آزمون خاک محاسبه و برای تمامی تیمارها به‌طور یکسان اعمال گردید. قبل از کاشت کود فسفات آمونیوم (به مقدار ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) به انضمام نیمی از کود اوره موردنیاز (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) مورد استفاده قرار گرفت و نصف دیگر کود اوره (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) در مرحله ۹-۸ برگی از طریق سیستم آبیاری بارانی (کود آبیاری) به زمین داده شد. عملیات داشت شامل آبیاری، وجین و مبارزه با علف‌های هرز و تنک کردن بوته‌ها، هم‌چنین یادداشت برداری صفات مورفولوژیکی برای همه تیمارها به‌طور یکسان و هم‌زمان انجام گردید. زمانی که رطوبت دانه‌های ذرت به ۲۰ الی ۳۰ درصد رسید، برداشت محصول انجام شد. طی هر دو سال، برداشت محصول در آبان‌ماه انجام و مقادیر عملکرد دانه ارقام ذرت تعیین گردید. در مطالعه حاضر با داشتن مقادیر عملکرد دانه (Ya) و میزان آب داده شده به گیاه (I)، مقادیر شاخص کارایی مصرف آب (WUE) در تیمارهای مختلف تعیین و روابط عملکرد و کارایی مصرف آب با میزان آب آبیاری تعیین گردید. نتایج حاصل از اندازه‌گیری صفات موردنظر با استفاده از نرم‌افزار SPSS تحلیل و

جدول ۳- خلاصه نتایج تجزیه مرکب دو ساله واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و کارایی مصرف آب رقم میان‌رس ۵۰۰ ذرت دانه‌ای

میانگین مربعات (MS)			درجه آزادی	منابع تغییرات
کارایی مصرف آب	عملکرد دانه	وزن هزار دانه		
۰/۰۰۳ ^{n.s}	۱۵/۱۷۹	۴۴۲۰۴/۱۶۷**	۱	سال (Y)
۰/۰۵۶	۳/۴۴۶	۵۹۲/۸۸۹	۴	خطا (E)
۰/۰۱۴ ^{n.s}	۵۳/۵۵۸**	۲۵۴۲/۷۲۲**	۲	آبیاری (A)
۰/۰۰۱ ^{n.s}	۰/۹۴۱ ^{n.s}	۱۵/۳۸۹	۲	Y*A
۰/۰۴۷	۳/۲۷۴	۹۵/۵۲۸	۸	E
۰/۰۰۲ ^{n.s}	۰/۱۴۱ ^{n.s}	۱۰/۰۵۶ ^{n.s}	۲	تراکم (B)
۰/۰۰۶ ^{n.s}	۰/۶۷۰ ^{n.s}	۱۴۳/۸۶۱ ^{n.s}	۴	A*B
۰/۰۱۵ ^{n.s}	۱/۱۰۲ ^{n.s}	۳۵/۰۵۶ ^{n.s}	۲	Y*B
۰/۰۱۱ ^{n.s}	۱/۰۹۶ ^{n.s}	۱۳۸/۶۹۴ ^{n.s}	۴	Y*A*B
۰/۰۰۶ ^{n.s}	۰/۵۲۰	۸۵/۷۸۷	۲۴	خطای کل

** معنی‌دار در سطح ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ^{n.s} عدم معنی‌داری

جدول ۴- خلاصه نتایج تجزیه مرکب دو ساله واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و کارایی مصرف آب رقم زودرس ۳۰۲ ذرت دانه‌ای

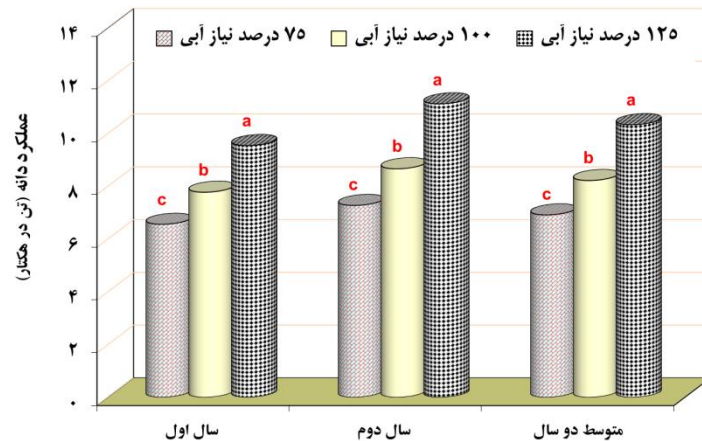
میانگین مربعات (MS)			درجه آزادی	منابع تغییرات
کارایی مصرف آب	عملکرد دانه	وزن هزار دانه		
۰/۰۴۱ ^{n.s}	۰/۷۹۱ ^{n.s}	۵۲۳۳۸/۹۰۷**	۱	سال (Y)
۰/۰۰۹	۰/۶۵۵	۶۶۷/۰۱۹	۴	خطا (E)
۰/۰۰۳ ^{n.s}	۷۵/۸۲۱**	۱۰۱۸۴/۰۱۹**	۲	آبیاری (A)
۰/۰۰۷ ^{n.s}	۱/۳۹۶ ^{n.s}	۱۷۱۲/۷۹۶**	۲	Y*A
۰/۰۱۴	۰/۸۶۷	۴۰۷/۰۱۹	۸	E
۰/۰۲۳ ^{n.s}	۲/۴۲۳ ^{n.s}	۱۴۲/۰۱۹ ^{n.s}	۲	تراکم (B)
۰/۰۱۶ ^{n.s}	۱/۷۰۵ ^{n.s}	۱۱۰/۰۴۶ ^{n.s}	۴	A*B
۰/۰۶۴*	۶/۰۹۸*	۵۰/۰۱۹ ^{n.s}	۲	Y*B
۰/۰۱۳ ^{n.s}	۰/۹۷۱ ^{n.s}	۴۰/۶۵۷ ^{n.s}	۴	Y*A*B
۰/۰۱۸	۱/۴۴۴	۱۶۶/۵۴۶	۲۴	خطای کل

** معنی‌دار در سطح ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ^{n.s} عدم معنی‌داری

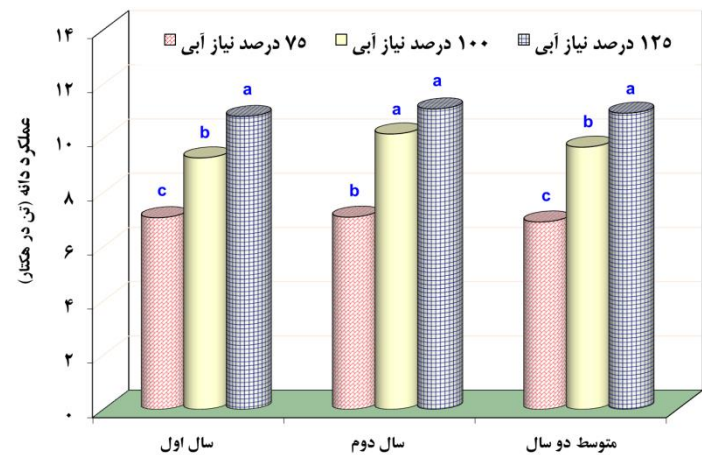
گیاه در تیمار ۱۰۰ درصد، ناشی از پایین بودن ضرایب گیاهی در نظر گرفته شده برای هر دو رقم ۵۰۰ و ۳۰۲ ذرت دانه‌ای باشد. این امر سبب آن گردید که اثرات کم‌آبیاری در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی تشدید گردد به طوری که برای رقم ۵۰۰ ذرت دانه‌ای این کاهش عملکرد به میزان ۱۶ درصد و برای رقم ۳۰۲ ذرت دانه‌ای به میزان ۲۸/۵ درصد نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی (به‌طور میانگین در طول دو سال) است. این امر نشان می‌دهد که ارقام ۵۰۰ و ۳۰۲ ذرت دانه‌ای حساس به تنش رطوبتی هستند و با کاهش میزان آب آبیاری، عملکرد دانه نیز کاهش می‌یابد در صورت اعمال کم‌آبیاری برای این دو رقم ذرت دانه‌ای، باید مراحل حساس به رشد آن همانند گیاه گندم مشخص و عملیات کم‌آبیاری در مراحل غیرحساس به آب این محصول اعمال گردد. همچنین لازم است به همراه معرفی هر رقم جدید از این گیاه، میزان نیاز آبی و ضرایب گیاهی مختص آن تعیین و ارائه گردند.

اثر سطوح مختلف آبیاری بر وزن هزاردانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳ و ۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در هر دو سال با کاهش سطح آبیاری، وزن هزار دانه ارقام ۳۰۲ و ۵۰۰ ذرت دانه‌ای کاهش یافت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین تراکم‌های مختلف کاشت از نظر عملکرد دانه و وزن هزار دانه هر دو رقم ۳۰۲ و ۵۰۰ ذرت اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. همچنین نتایج نشان داد که اثر متقابل آبیاری و تراکم کاشت بر عملکرد دانه و وزن هزار دانه ارقام مذکور معنی‌دار نشد (جدول ۳ و ۴).

افزایش عملکرد دانه در تیمار ۱۲۵ درصد بیانگر آن است که در تیمار ۱۰۰ درصد (نیاز آبی کامل برآورد شده به روش پنمن - ماتنیث فائو با اعمال ضرایب گیاهی)، نیاز آبی گیاه به‌طور کامل تامین نشده است. به عبارت دیگر، در تیمار مذکور نوعی کم‌آبیاری انجام شده است. از آن‌جا که ضرایب گیاهی علاوه بر شرایط اقلیمی به نوع رقم گیاه نیز وابسته‌اند، بنابراین به نظر می‌رسد عدم تامین نیاز آبی کامل



شکل ۱- مقایسه میانگین عملکرد دانه رقم ۵۰۰۰ ذرت دانه‌ای تحت تاثیر تیمارهای متفاوت آبیاری



شکل ۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه رقم ۳۰۲ ذرت دانه‌ای تحت تاثیر تیمارهای متفاوت آبیاری

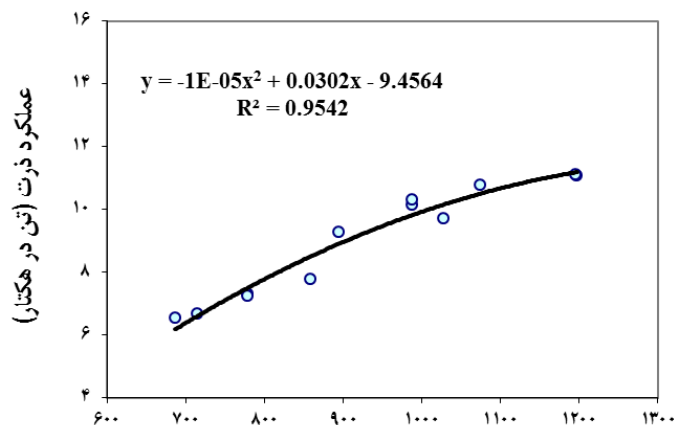
افزایش یافت، لیکن پس از عمق آبیاری ۱۰۰۰ میلی‌متر، شیب رابطه عملکرد با آب آبیاری به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت. به‌عبارت دیگر، افزایش عمق آبیاری به بیش از ۱۰۰۰ میلی‌متر، تاثیر زیادی بر عملکرد محصول نداشت (کم‌تر از ۹ درصد). هم‌چنین کاهش شدید شیب منحنی عملکرد محصول با آب آبیاری در محدوده عمق آبیاری ۱۱۰۰ تا ۱۲۰۰ میلی‌متر، نشانگر آن است که نیاز آبی گیاه در تیمار ۱۲۵ درصد نیاز آبی (محدوده عمق آبیاری ۱۲۰۰ میلی‌متر) به احتمال زیاد تامین گردیده است و افزایش عمق آبیاری به بیش از این مقدار، تاثیر معنی‌داری بر عملکرد محصول نداشت. بررسی مطالعات گذشته نشان می‌دهد که کاهش میزان عملکرد گیاه (برحسب درصد) ممکن است کمتر از کاهش میزان آب آبیاری باشد. این امر به سبب آن است که با نزدیک شدن عمق آبیاری به عمق کامل آب آبیاری، بهره‌وری نهایی آب کمتر می‌گردد (Trout and DeJonge.,

تابع مصرف آب- عملکرد

براساس نتایج به دست آمده، تابع عملکرد ذرت (برای دو رقم ۵۰۰ و ۳۰۲) که بیانگر چگونگی ارتباط بین حجم آب مصرفی ذرت دانه‌ای و میزان عملکرد متناظر با آن می‌باشد، مطابق نمودار شکل ۳ استخراج گردید. تابع به دست آمده از نوع درجه دوم م باشد. نتایج بیانگر آن است که در محدوده مورد مطالعه (۷۰۰ تا ۱۲۰۰ میلی‌متر)، هم‌زمان با افزایش عمق آب آبیاری، عملکرد ارقام ذرت دانه‌ای به‌صورت یک رابطه غیرخطی ($R^2=0.96$) افزایش یافته‌است (شکل ۳). در این زمینه تروت و دجانگ نیز طی پژوهشی ۴ ساله در دشت‌های مرکزی آمریکا رابطه غیرخطی بین آب آبیاری و عملکرد ذرت را تعیین و گزارش نمودند (Trout and DeJonge., 2017). بررسی نتایج نشان می‌دهد که در محدوده عمق آبیاری ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌متر، عملکرد ارقام ذرت با شیب زیادی و تقریباً به‌صورت خطی

شرایط معمولی و فقدان محدودیت جدی منابع آب، با توجه به ویژگی‌های کمی محصول، کسر آبیاری ۲۰ درصد مناسب‌ترین گزینه در این مورد است و افت عملکرد نسبت به آبیاری کامل فقط ۲ درصد است.

در این زمینه سالمی و همکاران (۱۳۹۳) نتیجه گرفتند در سال‌های با محدودیت جدی دسترسی به آب می‌توان تا ۳۶ درصد میزان آب مصرفی مزارع ذرت (دو رقم ۷۰۴ و ۶۴۷) را نسبت به آبیاری کامل در منطقه نکوآباد استان اصفهان کاهش داد در این صورت کاهش عملکرد محصول کم‌تر از ۱۲ درصد است. اما در



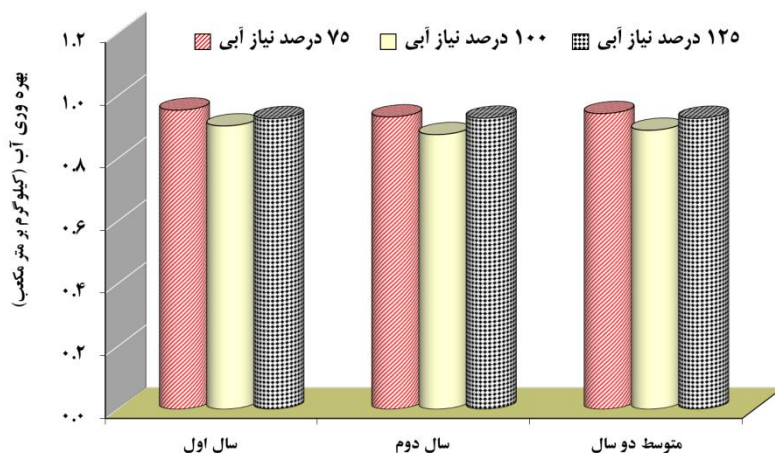
عمق آبیاری (میلی متر)

شکل ۳- رابطه آب - عملکرد دانه ارقام ذرت

ذرت معنی‌دار نشدند (جدول ۳ و ۴). به عبارت دیگر، سطوح مختلف آبیاری نتوانست اثر معنی‌داری بر میزان عملکرد به ازای واحد آب مصرفی در ارقام مذکور بگذارد. با این حال و مطابق نتایج به‌دست آمده، بیش‌ترین مقادیر کارایی مصرفی آب برای ارقام ۳۰۲ و ۵۰۰ ذرت دانه‌ای به ترتیب در تیمارهای ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی حاصل گردیدند (شکل‌های ۴ و ۵).

شاخص کارایی مصرف آب

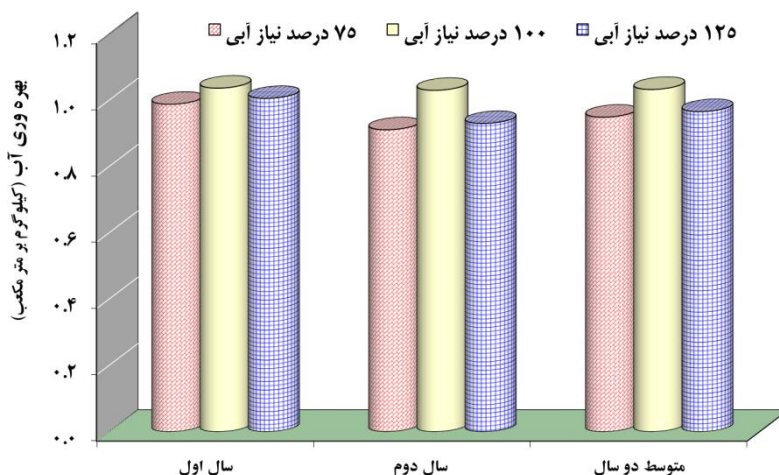
با توجه به فرم تابع آب - عملکرد بدست آمده، در صورت اصرار برای رسیدن به حداکثر عملکرد، کارایی مصرفی آب پایین خواهد بود. در صورتی که منبع آب آبیاری محدودتر از زمین قابل کشت باشد، کم‌آبیاری راهکاری منطقی برای حداکثر کردن بکارگیری از منابع آب محدود و رسیدن به بهره‌وری آب بالا است (Kijne et al., 2003). اثر سطوح مختلف آبیاری بر کارایی مصرفی آب دو رقم ۳۰۲ و ۵۰۰



شکل ۴- اثرات سطوح مختلف آبیاری بارانی بر بهره‌وری آب رقم میان‌رس ۵۰۰ ذرت دانه‌ای

کیلوگرم بر مترمکعب) و در سال دوم (۱/۰۳ کیلوگرم بر مترمکعب) در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی مشاهده گردید. اثر متقابل آبیاری و تراکم کاشت بر کارایی مصرف آب ارقام ذرت دانه‌ای معنی‌دار نگردیدند (جداول ۲ و ۳).

برای رقم میان‌رس ۵۰۰ حداکثر مقدار کارایی مصرف آب در سال اول (۰/۹۶ کیلوگرم بر مترمکعب) و در سال دوم (۰/۹۳ کیلوگرم بر مترمکعب) در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی مشاهده گردید. هم‌چنین، برای رقم زودرس ۳۰۲ حداکثر مقدار کارایی مصرف آب در سال اول (۱/۰۴



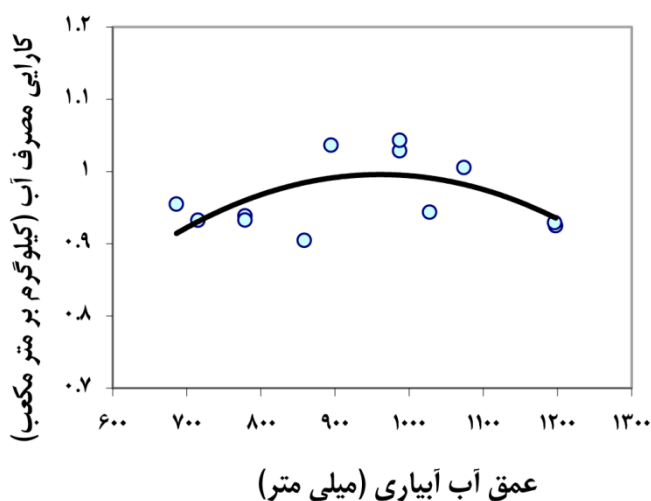
شکل ۵- اثرات سطوح مختلف آبیاری بارانی بر بهره‌وری آب رقم زودرس ۳۰۲ ذرت دانه‌ای

مترمکعب آب در هکتار در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، کارایی مصرف آب بیش از ۱/۲ کیلوگرم بر مترمکعب برای رقم دیررس KSc700 ذرت دانه‌ای حاصل می‌گردد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که با افزایش عمق آب آبیاری به روش آبیاری بارانی (از سطح ۷۵ الی ۱۲۵ درصد نیاز آبی برآورد شده به روش پنمن - مانیتث فائو)، عملکرد دانه ارقام ذرت به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. افزایش عملکرد در تیمار ۱۲۵ درصد نیاز آبی بیانگر آن است که در تیمار ۱۰۰ درصد، نیاز آبی گیاه به‌طور کامل تامین نشده است. به عبارت دیگر، در تیمار مذکور نوعی کم‌آبیاری انجام شده است، بنابراین سبب گردیده که اثرات کم‌آبیاری در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی تشدید شود به‌طوری‌که برای رقم ۵۰۰ ذرت دانه‌ای این کاهش عملکرد به میزان ۱۶ درصد و برای رقم ۳۰۲ ذرت دانه‌ای به میزان ۲۸/۵ درصد نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی (به‌طور میانگین در طول دو سال) بود. این نتایج نشان می‌دهند که رقم زودرس ۳۰۲ و رقم میان‌رس ۵۰۰ ذرت دانه‌ای رقم‌هایی حساس به تنش رطوبتی می‌باشند و حداکثر عملکرد رقم‌های مذکور زمانی حاصل می‌شود که نیاز آبی گیاه به‌طور کامل تامین گردد. به همین دلیل، ضرورت دارد ضرایب گیاهی خاص این رقم تعیین و در برنامه‌ریزی آبیاری به‌کار

بررسی نتایج مقادیر آب مصرفی و کارایی مصرف آب دو رقم ۳۰۲ و ۵۰۰ ذرت دانه‌ای نشان می‌دهد که ابتدا با افزایش حجم آب آبیاری، مقادیر کارایی مصرف آب افزایش (به‌صورت رابطه غیرخطی) و بعد از رسیدن به حداکثر مقدار خود، مجدداً کاهش یافت (شکل ۶). زوارت و بستیانسن نیز الگوی مشابهی را برای کارایی مصرف آب ذرت (WUE) در مناطق مختلف پیدا و گزارش کردند (Zwart and Bastiaansen, 2004). پایرو و همکاران دریافتند کارایی مصرف آب ذرت حساسیت بالایی به مقدار آب آبیاری داشته و با افزایش حجم آب مصرفی، این مشخصه مهم مدیریتی کاهش می‌یابد (Payero et al., 2008). براساس نتایج حاصل از این پژوهش، میزان حداکثر WUE (۱ کیلوگرم بر مترمکعب) در روش آبیاری بارانی تقریباً با مصرف ۹۵۰۰ مترمکعب آب در هکتار برای هر دو رقم ذرت دانه‌ای به‌دست می‌آید. به عبارت دیگر، با افزایش حجم آب آبیاری به بیش از ۹۵۰۰ مترمکعب، مقدار WUE ارقام مذکور کاهش می‌یابد (شکل ۶). براساس نتایج به‌دست آمده از این تحقیق، برای دسترسی به مقدار حداکثر WUE در روش آبیاری بارانی در منطقه کرج، کاشت ارقام ذرت دانه‌ای ۳۰۲ و ۵۰۰ در شرایطی قابل توصیه است که با برنامه‌ریزی صحیح آبیاری و به‌کارگیری ۹۵۰۰ مترمکعب آب در هکتار، کارایی مصرف آب بیش از ۱ کیلوگرم بر مترمکعب حاصل شود. اشرفی و نجفی (۱۳۸۸) نیز با انجام یک تحقیق سه ساله در منطقه کرج، دریافتند که با مصرف ۸۲۰۰



شکل ۶- رابطه بین کارایی مصرف آب و عمق آبیاری ارقام ذرت

تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. به شماره ثبت ۸۵/۶۷۴ ۲۶ ص.

اشرفی، ش. و نجفی، ا. ۱۳۸۸. اثر سطوح مختلف آب، تراکم کاشت و آرایش کاشت بر روی عملکرد و بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای رقم KSC700 ذرت دانه‌ای تحت آبیاری قطره‌ای زیرسطحی. نشریه شماره ۷۱۶ موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره ثبت ۸۸/۴۰۴

بی‌نام، ۱۳۸۴. آمارنامه کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی

بی‌نام، ۱۳۹۶. آمارنامه کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی

دهقان‌پور، ز.، سبزی، م. ح.، مزین، ا.، حسن‌زاده مقدم، ه.، استخر، ا.، زمانی، م.، صادقی، ف.، نورمحمدی، س. و محسنی، م. ۱۳۸۸. معرفی رقم فجر، هیبرید جدید ذرت دانه‌ای زودرس (سینگل کراس ۲۹۰). مجله به‌نژادی نهال و بذر. ۲۵-۱:۲

سالمی، ح. ر.، توکلی، ع. ر. و حیدری، ن. ۱۳۹۳. اثرات کم آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای و تعیین بهره‌وری آب در شبکه آبیاری نکوآباد اصفهان. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی. ۴: ۶-۸۵۸-۸۶۹

صادقی، ف. ۱۳۹۶. بررسی عملکرد و برخی ویژگی‌های زراعی هیبریدهای تجاری ذرت (*Zea mays L.*) در شرایط کم آبیاری در منطقه کرمانشاه. مجله تحقیقات غلات. ۷: ۱ تا ۶۷ تا ۸۳

کوچکی، ع.، حسینی، م. و نصیری محلاتی، م. ۱۳۷۴. رابطه آب و خاک و گیاه در گیاهان زراعی. چاپ دوم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۶۰ ص.

بررسی نتایج نشان می‌دهد که در محدوده عمق آبیاری ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌متر، عملکرد رقم‌های مذکور تقریباً به صورت خطی افزایش یافت، لکن پس از عمق آبیاری ۱۰۰۰ میلی‌متر، شیب رابطه عملکرد با آب آبیاری به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت. به عبارت دیگر، افزایش عمق آب آبیاری به بیش از ۱۰۰۰ میلی‌متر، تاثیر زیادی بر عملکرد محصول نداشت. هم‌چنین کاهش شدید شیب منحنی عملکرد محصول با آب آبیاری در محدوده عمق آبیاری ۱۱۰۰ تا ۱۲۰۰ میلی‌متر، نشانگر آن است که نیاز آبی گیاه در تیمار ۱۲۵ درصد نیاز آبی (محدوده عمق آبیاری ۱۲۰۰ میلی‌متر) به احتمال زیاد تأمین گردیده است و افزایش عمق آب آبیاری به بیش از این مقدار، تاثیر معنی‌داری بر عملکرد محصول نداشت. به طور کلی نتایج نشان داد که در شرایط محدودیت منابع آبی، با کاشت ارقام میان رس و زودرس ذرت دانه‌ای، برنامه‌ریزی صحیح آبیاری و بکارگیری عمق مناسب آبیاری (بین ۹۵۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌متر) در منطقه کرج و تحت روش آبیاری بارانی می‌توان کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای را به بیش از ۱ کیلوگرم بر مترمکعب رساند.

منابع

احمد آلی، ج. ۱۳۸۸. بررسی کارایی مصرف آب آبیاری سیستم‌های نشتی و میکرو در کشت یک و دو ردیفه ذرت دانه‌ای. نشریه شماره ۶۳۰ موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره ثبت ۸۸/۶۲۴

استخر، ا. ۱۳۸۵. مقایسه هیبریدهای امیدبخش ذرت در شرایط زارعی در کشت تاخیری. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی موسسه

- Kresovic, B., Tapanarova, A., Tomić, Z., Ljubomir Zivotic, L and Gaji, B. 2016. Grain yield and water use efficiency of maize as influenced by different irrigation regimes through sprinkler irrigation under temperate climate. *Agricultural Water Management*. 169: 34-43.
- Larson, E.J and Clegg, M.O. 2009. Using corn maturity to maintain grain yield in the presence of late season drought. *Journal of Production Agriculture*. 12: 400-405.
- Markovic, M., JOSipovic, M., Sostaric, J., Jambrovic, A and Brkic, A. 2017. Response of Maize (*Zea mays* L.) Grain Yield and Yield Components to Irrigation and Nitrogen Fertilization. *Journal of Central European Agriculture*. 18.1:55-72.
- Martines, S.R., Montero, J., Corcoles, J.I., Tarjuelo, J.M and Juan, A.D. 2003. Effect of water distribution uniformity of sprinkler irrigation system on corn yield. Available online at: <https://www.researchgate.net/publication/242765387>
- O'Brien, D.M., Lamm, F.R., Stone, L.R and Rogers, D.H. 2001. Corn yields and profitability for low-capacity irrigation system. *Applied Engineering in Agriculture*. 17.3:315-324
- Payero, O., Tarkalson, D., Irmak, S., Davison, D and Petersen, L. 2008. Effect of irrigation amounts applied with subsurface drip irrigation on corn evapotranspiration, yield, water use efficiency, and dry matter production in a semiarid climate. *Agricultural Water Management*. 95: 895-908.
- Trout, T.J and DeJonge, K.C. 2017. Water productivity of maize in the US high plains. *Irrigation science*. 35:251-266
- Zwart, S.J and Bastiansen, W.G.M. 2004. Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton, and maize. *Agricultural Water Management*. 69:115-133.
- محمدی، د و رحمانی، ر. ۱۳۹۵. شناسایی عوامل اقتصادی - اجتماعی موثر بر پذیرش ارقام زودرس و میان‌رس ذرت بعد از گندم در استان فارس. *مجله تحقیقات اقتصاد کشاورزی*. ۸. ۱: ۷۰-۵۱.
- نخجوانی مقدم، م.م و نجفی، ا. ۱۳۸۸. بررسی اثرات سطوح مختلف آب با استفاده از سیستم آبیاری بارانی بر روی عملکرد ارقام جدید ذرت دانه‌ای (سینگل کراس ۳۰۲ و ۵۰۰) در تراکم‌های متفاوت کاشت. گزارش نهایی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزه به شماره ثبت ۸۸/۷۱۸.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D and Smith, M. 1999. Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements). *FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56*.
- Chen, C., Wang, E and Yu, Q. 2009. Modeling the effects of climate variability and water management on crop water productivity and water balance in the North China Plain. *Agricultural Water Management*. 97.8: 1175-1184.
- Dagdelen, N., Gurbuz, T., Sezgin, F., Yilmaz, E., Yesilirmak, E., Akcay, S. 2008. Effect of Different Water Stress on the Yield and Yield Components of Second Crop Corn in Semiarid Climate. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 8.3-4: 415-421.
- Howell, T.A., Yazar, A., Schneider, A.D., Duser, D.A and Copeland, K.S. 1995. Yield and water use efficiency of corn in response to LEPA irrigation. *Transaction of the ASAE*. 38.6: 1737- 1747.
- Kaman, H., Kirda, C and Sesveren, S. 2011. Genotypic differences of maize in grain yield response to deficit irrigation. *Agricultural Water Management*. 98: 801-807.
- Kijne, J.W., Barker, R and Molden, D. 2003. Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement. *International Water Management Institute, Sri Lanka. Series Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture Series. No. 1. 338 pp.*

Yield-Water Function of Middle-Aged and Early Varieties of Maize (KSC 500 and KSC 302) Under Sprinkler Irrigation System

M.M. Nakhjavani moghaddam^{*1}, Gh. Zarei², S. Sepehri Sadeghian³

Recived: May.31, 2018

Accepted: Aug.08, 2018

Abstract

In this research, the effect of different levels of sprinkler irrigation and planting density on yield and Water Use Efficiency (WUE) of middle-aged and early varieties of grain maize (KSC500 and KSC302) evaluated under sprinkler irrigation method for two years in Karaj. This research was carried out as two independent split plot experiments in a randomized complete block design with three replications. The applied water levels in both experiments were the same (three irrigation levels: 75,100 and 125% of the Etc). However, according to the variety, in each experiment, the planting densities were different (in the case of KSC500 variety, sub plots were three plants densities including 75000, 85000 and 95000 plant per hectare and in the case of KSC302 variety, three plants densities including 80000, 90000 and 100000 plant per hectare were considered. The results showed that increasing the depth of irrigation water significantly increased the grain yield of maize. However, different planting densities had no significant effect on yield and WUE of the mentioned cultivars. Based on the results in the range of the irrigation depth from 700 to 1000 mm, the yield of maize varieties was linearly increased. However, with further increase in the depth of irrigation water, the slope of the relationship between the yield and irrigation water decreased significantly. In the first experiment (KSC500), applying 75% of the ETc has led to the highest WUE (0.944 kg/m^3) and in the second experiment (KSC302), applying 100% of the has led to the highest WUE (1.03 kg/m^3). Finally it can be concluded that under limited water resources conditions, planting early and middle-aged varieties of maize, using proper irrigation scheduling and applying about $9500 \text{ m}^3/\text{ha}$ of irrigation water in Karaj region under sprinkler irrigation method, can lead to an increase in maize WUE up to 1 kg/m^3 or more.

Keywords: Maize, Sprinkler irrigation, Water Use Efficiency, Yield

1- Assistant professor, of Irrigation and Drainage Engineering, Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
2- Associate Professor of Irrigation and Drainage Engineering, Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
3- Assistant professor of Irrigation and Drainage Engineering, Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
(*- Corresponding Author Email: mehdin55@yahoo.com)