ارزیابی کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط کمبود آب

آزاده مادح خاکسار
دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان و کارشناس سازمان آب و برق خوزستان .amadehkhaksar@yahoo.com
احمد نادری
عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
امیر آینه بند
دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
شهرام لک
دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان

چکیده

به منظور ارزیابی کارایی مصرف آب در ذرت دانه‌ای این تحقیق طی دو سال زراعی ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ به صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در اهواز اجرا شد. فاکتورهای تحقیق سطوح مختلف نیاز آبی (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیازآبی کامل محاسبه شده گیاه ذرت) و تنش خشکی در پنج سطح مختلف (بدون تنش در طول دوره رشد، تنش در مرحله هشت برگی، دوازده برگی، گرده‌افشانی و شیری) بودند. تیمارهای آزمایش از مرحله چهار تا پنج برگی اعمال شد و تا ده روز پیش از رسیدگی فیزیولوژیکی گیاه ادامه داشت. بر اساس نتایج این تحقیق بیشترین کارایی مصرف آب به میزان ۱/۰۶ کیلوگرم برمترمکعب در تیمار آبیاری کامل به دست آمد، که به لحاظ آماری با تیمار ۸۰ درصد آبیاری کامل اختلاف معنی‌دار نداشت. بر اساس نتایج این پژوهش، آبیاری ذرت بر مبنای تأمین صددرصد نیاز آبی گیاه در شرایط عدم محدودیت آب، منجر به افزایش عملکرد گیاه و کارایی اقتصادی مصرف آب می‌شود، امّا در سال‌های خشک، با تأمین ۸۰ درصد از نیاز آبی گیاه و جلوگیری از تنش خشکی در مراحل حساس رشد گیاه، می‌توان با هدف افزایش بهره‌وری از آب به عملکرد قابل قبول دست یافت.

واژه‌های کلیدی : ذرت، کم‌آبیاری، تنش خشکی، کارایی اقتصادی مصرف آب

مقدمه

امروزه نیاز بخش کشاورزی برای تامین آب در حال افزایش است و در آینده نیز به واسطه افزایش روز افزون جمعیت و همچنین تاثیر تغییرات اقلیمی بر میزان بارندگی‌ها و تبخیر در بسیاری از نواحی، این افزایش نیاز، بیشتر خواهد شد (تاردیو، ۲۰۰۵). به همین دلیل رقابت شدید و فزاینده‌ای برای تولید غذای بیشتر به همراه مصرف کمتر آب، به ویژه در کشورهایی که

با محدودیت منابع آب و خاک روبرو هستند، در پیش رو می‌باشد. کمبود آب تنها تهدید اساسی برای بقای بشر، اکوسیستم طبیعی و تکوین تمدن هاست. امنیت غذایی، بهداشت و اقتصاد کلان تحت تاثیر کمبود آب به شدت صدمه می بیند (سپاسخواه و همکاران، ۱۳۸۵). از آنجا که بخش کشاورزی عمده‌ترین مصرف کننده آب (۶۰ تا ۹۵ درصد کل منابع قابل دسترس) به شمار می‌آید و با توجه به ارزش آب در کشاورزی و محدودیت این منبع مهم و حیاتی و وجود خشکسالی‌های متناوب در کشور، صرفه‌جویی در مصرف آب و استفاده بهینه از آب موجود امری لازم و ضروری به نظر می‌رسد، هرگونه صرفه‌جویی آب در این بخش کمک مؤثری به صرفه‌جویی در منابع آب تلقی می‌شود. یکی از عوامل مهم افزایش تولید در واحد سطح استفاده صحیح از آب و روش‌های پیشرفته آبیاری است (قهرمان وسپاسخواه، ۱۳۷۷).

یکی از شاخص‌های اساسی در تعیین استفاده کارا از آب جهت تولید محصولات کشاورزی شاخص کارایی مصرف آب می‌باشد. این شاخص نشان‌دهنده میزان تولید (عملکرد محصول) به ازای واحد حجم آب آبیاری مصرفی در واحد هکتار است. سالمی و مشرف (۱۳۸۵)، پس از اعمال تیمارهای آبیاری شامل آبیاری کامل، ۸۰ و ۶۰ درصد آبیاری کامل، گزارش دادند که تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی بر سایر تیمارها برتری دارد و به عنوان یک روش مدیریتی کارآمد در آبیاری مزارع ذرت توصیه می‌شود. نخجوانی مقدم و همکاران (۱۳۸۹) به نقل از احمد آلی حداکثر کارایی مصرف آب ذرت را در تیمارهای ۱۰۰ و ۸۰ درصد و حداکثر عملکرد دانه را در سطح نیاز آبی ۱۲۰ درصد گزارش کردند. کریمی و همکاران (۱۳۸۸) نشان دادند که کم‌آبیاری باعث افزایش شاخص بهره‌وری آب آبیاری شد و تیمار ۷۵ درصد مناسب‌ترین شاخص بهره‌وری آب را داشت. فرزر و سوریانو (۲۰۰۷) معتقدند که در مناطق با محدودیت آب، افزایش عملکرد به ازای هر واحد آب مصرفی بهتر از افزایش عملکرد در واحد سطح می‌باشد. کم‌آبیاری با ایجاد تنش آب می‌تواند بر رشد و نمو گیاه اثرگذار باشد (پایرو و همکاران، ۲۰۰۶)، اما اثر این تنش بسته به واریته و نوع گیاه متفاوت است (کاکیر، ۲۰۰۴). کاکیر (۲۰۰۴) گزارش نمود که حذف یک آب طی مرحله حساس رشد گیاه می‌تواند به میزان ۳۰ تا ۴۰ درصد منجر به کاهش عملکرد دانه گیاه در سال‌های خشک شود، چنانچه این تنش خشکی طی مرحله گلدهی و یا شکل‌گیری دانه باشد، احتمال کاهش عملکرد به میزان ۶۶ تا ۹۳ درصد وجود دارد، این محقق در شرایط کم‌آبیاری تأثیر برخورد مراحل حساس رشد گیاه بر کارایی مصرف آب را بیشتر از حجم آب مصرفی دانست. کوسکو و دمیر (۲۰۱۳) گزارش دادند که با افزایش حجم آب مصرفی، عملکرد دانه و ماده خشک کل افزایش یافت، اما در نواحی که مجبور به اجرای استراتژی کم‌آبیاری باشیم، بیشترین میزان کارایی مصرف آب برای عملکرد دانه گیاه به میزان ۲/۰۵ و ۱/۶۲ کیلوگرم بر متر مکعب به ترتیب در دو تیمار کم آبیاری همراه با آبیاری کامل در مراحل گلدهی و پرشدن دانه و کم‌آبیاری همراه با آبیاری کامل در مراحل گلدهی و رشد رویشی به دست آمد. هدف اصلی این‌گونه تحقیقات روشن کردن ارتباط بین مقدار آب مصرفی گیاه و مقدار تولید است برای برنامه ریزی کم‌آبیاری بهینه لازم است که مراحل حساس گیاه کمبود آب مشخص شوند، زیرا چنانچه کم آبیاری اعمال شود، با شرایط محدودیتی که در منابع آب وجود دارد، احتمال وقوع تنش خشکی نیز می‌رود. اکثر تحقیقات انجام شده، تأثیر کم آبیاری و تنش خشکی را به طور مجزا مورد بررسی قرار داده‌اند. با توجه به اهمیت ارزیابی اثر همزمان این دو تنش بر گیاه و تعیین مراحل حساس رشد، هدف از انجام این تحقیق، بررسی تأثیر همزمان تنش خشکی و کم آبیاری بر عملکرد گیاه ذرت است.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی اثر همزمان کم آبیاری در طول دوره رشد و عدم آبیاری در برخی مراحل حساس رشد بر کارایی اقتصادی مصرف آب در ذرت دانه‌ای هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط آب و هوایی اهواز، این تحقیق در سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ در مزرعه آزمایشی شهید سالمی واقع در شمال شرقی اهواز اجرا شد. تحقیق، با استفاده از مدل آماری فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای تحقیق سطوح مختلف نیاز آبی (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیازآبی کامل گیاه) و تنش خشکی در پنج سطح مختلف (بدون تنش در طول دوره رشد، تنش در مرحله هشت برگی، دوازده برگی، گرده‌افشانی و شیری) بودند. تیمارهای کم آبیاری و تنش خشکی پس از مرحله چهار تا پنج برگی گیاه (مرحله استقرار گیاهچه) اعمال گردید و تا ده روز پیش از رسیدگی فیزیولوژیکی ادامه یافت. برای تعیین حجم آب مورد نیاز هر کرت آزمایشی، مساحت دقیق هر کرت مشخص و سپس بر اساس مطالعات انجام شده توسط صارمی و همکاران (۱۳۷۴) و کلانتر

احمدی و همکاران (۱۳۸۵) در منطقه و توصیه بر آبیاری پس از ۷۰ میلیمتر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A در خوزستان، زمانی که تبخیر به حدود ۷۰ میلی‌متر از تشتک رسید، مقدار آن با توجه به ضریب تشتک اصلاح و تبخیر و تعرق پتانسیل محاسبه شد. ضرائب گیاهی ماهانه، بر اساس ضرائب گیاهی دوره‌های اولیه، میانی و انتهایی رشد از جداول نشریه شماره ۵۶ سازمان خوار و بار جهانی و چهار مرحله رشد گیاهی با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه طرح و پس از اعمال ضرائب اصلاحی مربوط به باد و رطوبت و سایر پارامترهای موثر، محاسبه شد. پس از ضرب تبخیر و تعرق پتانسیل محاسبه شده در ضریب گیاهی ذرت در مراحل مختلف، تبخیر و تعرق گیاه از روابط پیشنهادی آلن و همکاران (۱۹۹۸) محاسبه شد :

$$ET_O = ET_P \times K_P \qquad (۱)$$

ET_O = تبخیر و تعرق پتانسیل (میلیمتر)

ET_P = تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (میلیمتر)

K_P = ضریب اصلاح تشتک

$$ET_C = ET_O \times K_C \qquad (۲)$$

ETc = تبخیر و تعرق گیاهی (میلیمتر)

ET_O = تبخیر و تعرق پتانسیل (میلیمتر)

K_C = ضریب گیاهی

$$I_n = ET_C - P_e \qquad (۳)$$

I_n = حجم آب مورد نیاز (میلیمتر)

ET_C = تبخیر و تعرق گیاهی (میلیمتر)

P_e = باران موثر با احتمال ۸۰ درصد (میلیمتر)

پس از تعیین حجم آب مورد نیاز گیاه در هر مرتبه آبیاری، بر اساس تیمار آبیاری و راندمان ۹۰ درصد آبیاری با استفاده از پمپ، کنتور و لوله، به صورت یکنواخت انجام شد. رسیدگی دانه‌ها در هر سال با ایجاد لایه سیاه در قاعده دانه‌ها حدود اوایل آذرماه مشخص گردید و برداشت نهایی به صورت دستی از سطحی معادل دو مترمربع از دو خط میانی کاشت انجام گرفت. در آزمایشگاه بلال‌ها برای تعیین عملکرد و اجزای عملکرد دانه جدا شدند. جهت تعیین درصد رطوبت اندام‌های مختلف و دانه و محاسبه عملکرد ماده خشک کل و دانه، نمونه‌های تصادفی از محصول بخش‌های مختلف و دانه هر کرت برداشت و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴۸ ساعت خشک گردید و با توجه به وزن اولیه اندام‌ها و دانه، عملکرد ماده خشک کل و عملکرد دانه بر اساس وزن خشک آنها تصحیح شد. کارایی اقتصادی مصرف آب آبیاری بر حسب دانه با استفاده از رابطه پیشنهادی علیزاده (۱۳۸۴) محاسبه شد :

(کل‌حجم‌آب‌مصرفی/عملکرد دانه) = کارایی اقتصادی‌مصرف‌آب (۴)

در رابطه فوق کارایی اقتصادی مصرف آب بر حسب کیلوگرم‌برمترمکعب، عملکرد دانه و ماده خشک کل بر حسب کیلوگرم در هکتار و کل حجم آب مصرفی بر حسب مترمکعب در هکتار است. به منظور تجزیه واریانس داده‌ها و محاسبات همبستگی ، از نرم‌افزار پیشرفته آماری SAS استفاده شد. رسم نمودارها به کمک نرم افزار اِکسل انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

عملکرد ماده خشک کل

بر اساس نتایج این تحقیق، اثر سال، کم آبیاری در طول دوره، تنش خشکی مرحله‌ای و اثر متقابل کم‌آبیاری و تنش خشکی در سطح یک درصد بر عملکرد ماده خشک کل گیاه معنی‌دار شد (جدول ۱). آنالیز سالانه نیز، بیانگر معنی‌دار شدن اثر تیمارهای تحقیق بر این صفت در هر دوسال انجام پژوهش بود، همچنین بر اساس نتایج در سال اول اثر متقابل تنش خشکی و کم‌آبیاری معنی‌دار شد و در سال دوم اثر متقابل این دو پارامتر بر عملکرد ماده خشک کل گیاه معنی‌دار نشد (جدول ۲).

جدول ۱ : نتایج تجزیه واریانس دوساله صفات مورد بررسی بر اساس میانگین مربعات

منابع تنوع	درجه آزادی	عملکرد بیولوژیکی	عملکرد دانه	کارایی اقتصادی مصرف آب
سال	۱	۱۸۹/۷۷ **	۱/۵۲ **	۰/۰۰۸ ns
کم آبیاری	۲	۱۰۰/۶۲ **	۳۷/۸۶ **	۰/۲۹ **
سال * کم‌آبیاری	۲	۵/۶۶ **	۰/۰۷ ns	۰/۰۰۰۸ ns
تکرار درون سال	۴	۱/۸۴ **	۰/۱۵ ns	۰/۰۰۷ ns
تنش خشکی	۴	۳۷/۰۹ **	۴۸/۳۱ **	۱/۲۹ **
تنش‌خشکی*کم‌آبیاری	۸	۱/۳۷ **	۳/۳۳ **	۰/۰۳ **
سال * تنش‌خشکی	۴	۱/۲ **	۱/۲ **	۰/۰۲ **
سال*تنش‌خشکی*کم‌آبیاری	۸	۰/۱۶ ns	۰/۲۲ ns	۰/۰۱ *
خطا	۵۶	۰/۲۳	۰/۱۳۸	۰/۰۰۵
ضریب تغییرات (٪)		۵	۱۳	۱۴

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطوح یک و پنج درصد ، ns اختلاف معنی دار نیست.

جدول ۲ : نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی بر اساس میانگین مربعات

منابع تنوع	درجه آزادی	عملکرد بیولوژیکی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیکی	عملکرد دانه
		سال ۱۳۸۷		سال ۱۳۸۸	
تکرار	۲	۱/۰۳ **	۰/۲۵ ns	۱/۳۴ *	۰/۰۴۷ ns
کم آبیاری	۲	۷۵/۹۰۸ **	۱۷/۷۶ **	۳۰/۳۸ **	۲۰/۱۷ **
تنش خشکی	۴	۲۰/۷۲ **	۱۷/۳۹ **	۱۷/۵۷ **	۳۲/۱۲ **
تنش‌خشکی*کم‌آبیاری	۸	۰/۹۵ **	۲/۱۸ **	۰/۵۸ ns	۱/۳۶ **
خطا		۰/۰۹	۰/۰۹۵	۰/۳۷	۰/۱۸۲
ضریب تغییرات (٪)		۳	۱۲	۵	۱۵

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطوح یک و پنج درصد ، ns اختلاف معنی دار نیست.

در سال اول بیشترین عملکرد بیولوژیکی به تیمار آبیاری کامل بدون تنش خشکی در طول دوره رشد با میانگین عملکرد ۱۴/۶ تن در هکتار و کمترین مقدار آن به تیمار ۶۰ درصد آبیاری کامل با اعمال تنش خشکی در مرحله دوازده برگی با میانگین ۵/۵ تن در هکتار اختصاص یافت (جدول ۴). احتمالاً افزایش بیوماس گیاه در تیمار تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی، بدون تنش خشکی مرحله‌ای، به دلیل گسترش بیشتر و تداوم بهتر سطح برگ باشد که موجب ایجاد منبع فیزیولوژیکی قوی و کافی برای استفاده هرچه بیشتر از نور دریافتی و تولید ماده خشک می‌گردد. در این تحقیق در تیمار آبیاری کامل و تیمارهای کم آبیاری، بیشترین کاهش عملکرد ماده خشک کل همزمان با وقوع تنش خشکی در مراحل رشد رویشی، خصوصاً دوازده برگی و تنش کم‌آبیاری همزمان با گلدهی اتفاق افتاد. کاهش در عملکرد بیولوژیکی در تیمار آبیاری کامل و تنش در مراحل هشت برگی، دوازده برگی، گلدهی و شیری به ترتیب ۳۰، ۳۷، ۲۸ و ۱۹ درصد نسبت به شرایط بدون تنش خشکی در طول دوره رشد بود (جدول ۴). فار و فاسی (۲۰۰۹) و کاکیر (۲۰۰۴) اثر تنش آبی بر عملکرد بیولوژیکی را معنی‌دار و مرحله گلدهی را حساس‌ترین مرحله رشد اعلام کردند. براساس تحقیق سلطانی‌محمدی و همکاران (۱۳۹۰) و ابوالخیر و مکی (۲۰۰۷) بیشترین کاهش عملکرد بیولوژیکی در اثر تنش‌آبی در مرحله بعد از گلدهی به دلیل اثر تنش روی عملکرد دانه به دست آمد.

در سال دوم در بین تیمارهای کم‌آبیاری بیشترین مقدار عملکرد ماده خشک کل به تیمار آبیاری کامل با میانگین عملکرد ۱۳/۲ تن در هکتار و کمترین مقدار با ۲۵ درصد کاهش، به تیمار تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه کامل با میانگین عملکرد ۱۰/۳ تن در هکتار تعلق داشت (جدول ۳). این یافته با دستاوردهای لک (۱۳۸۵) و مجدم (۱۳۸۵) تطابق داشت. سرمدنیا و کوچکی (۱۳۷۷) عامل کاهش عملکرد بیولوژیکی در شرایط تنش آبی در طول دوره رویشی را کوچک شدن برگ‌ها در شرایط تنش و در نتیجه کاهش شاخص سطح برگ در دوره رسیدن محصول و همچنین کاهش میزان جذب نور توسط گیاه دانستند، در تنش شدید روزنه‌ها بسته شدند و این امر جذب دی اکسید کربن و تولید ماده خشک را کاهش داد و تداوم تنش، کاهش شدید شدت فتوسنتز را به دنبال داشت. در این سال در بین تیمارهای تنش خشکی (قطع آب)، بیشترین مقدار به تیمار بدون تنش در طول دوره رشد با میانگین ۱۴/۲ تن در هکتار و کمترین مقدار آن به تیمار تنش قطع آب در مرحله هشت

برگی و دوازده برگی با ۲۴ درصد کاهش و میانگین عملکرد ۱۰/۸ تن در هکتار اختصاص یافت (جدول ۳). عامل ایـن کـاهش در مراحل رویشی احتمالاً اثر تنش آبی بر فتوسنتز است، زیرا کمبود آب مانع از آن می‌شود که وزن زیسـتی گیـاه بـه حـداکثر خود برسد و در محله گلدهی کاهش عملکرد دانه در اثر اختلال در گرده‌افشانی و در مرحله شیری کاهش وزن دانه‌ها می‌باشد.

جدول ۳ : مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیکی در سال ۱۳۸۸

تیمار	عملکرد بیولوژیکی (تن درهکتار)
تنش خشکی *	
بدون تنش مرحله‌ای	۱۴/۲۱
تنش در مرحله ۸ برگی	۱۰/۷۶
تنش در مرحله ۱۲برگی	۱۰/۸۴
تنش در مرحله گرده افشانی	۱۱/۸۵
تنش در مرحله شیری	۱۱/۶۵
LSD5%	۰/۵۹
LSD1%	۰/۷۹
کم‌آبیاری **	
تامین ۱۰۰ درصد نیازآبی گ	۱۳/۱۷
تامین ۸۰ درصد نیازآبی گیا	۱۲/۰۶
تامین ۶۰ درصد نیازآبی گیا	۱۰/۳۴
LSD5%	۰/۴۶
LSD1%	۰/۶۲

* میانگین هر یک از تیمارهای تنش خشکی از میانگین هر سطح تنش خشکی در تیمارهای کم آبیاری به دست آمده است.
** میانگین هر یک از تیمارهای کم آبیاری از میانگین هر سطح کم آبیاری در تیمارهای تنش خشکی به دست آمده است.

جدول ۴ : مقایسه میانگین اثر متقابل کم‌آبیاری و تنش خشکی بر صفات مورد بررسی

تیمار (کم آبیاری و تنش خشکی)		عملکرد بیولوژیکی (تن درهکتار)	عملکرد دانه بلال (تن در هکتار)	عملکرد دانه بلال (تن در هکتار)
		سال ۱۳۸۷		سال ۱۳۸۸
کم آبیاری	تنش خشکی			
تامین ۱۰۰ درصد نیازآبی گیاه	بدون تنش مرحله‌ای *	۱۴/۶	۷/۲۹	۷/۸۲
	تنش در مرحله ۸ برگی	۱۰/۲	۳/۲۱	۳/۲۲
	تنش در مرحله ۱۲برگی	۹/۱	۲/۲۹	۲/۳۲
	تنش در مرحله گرده افشانی	۱۰/۴	۱/۴۸	۱/۷۸
	تنش در مرحله شیری	۱۱/۸	۳/۸۸	۴/۴۲
تامین ۸۰ درصد نیازآبی گیاه	بدون تنش مرحله‌ای *	۱۱/۲	۴/۹۹	۶/۷۴
	تنش در مرحله ۸ برگی	۸/۳	۲/۹	۲/۷۹
	تنش در مرحله ۱۲برگی	۷/۴	۱/۹۸	۲/۰۸
	تنش در مرحله گرده افشانی	۸/۳	۱/۳۹	۱/۳
	تنش در مرحله شیری	۹/۱	۳/۰۴	۳/۱۵
تامین ۶۰ درصد نیازآبی گیاه	بدون تنش مرحله‌ای *	۸/۳	۲/۲۳	۳/۴۳
	تنش در مرحله ۸ برگی	۶/۲	۱/۳۸	۱/۵۶
	تنش در مرحله ۱۲برگی	۵/۵	۱/۰۸	۰/۹۹
	تنش در مرحله گرده افشانی	۶/۶	۰/۷۴	۰/۲۴
	تنش در مرحله شیری	۷/۱	۲/۰۱	۲/۰۲
LSD5%		۰/۵۱	۰/۵۲	۰/۷۱
LSD1%		۰/۶۸	۰/۶۹	۰/۹۶

* منظور از بدون تنش مرحله ای در هر سطح کم آبیاری ، این است که عدم آبیاری (تنش خشکی) در مراحل مختلف رشد در سطح مذکور انجام نشده است.

عملکرد دانه

اثر سال، کم آبیاری در طول دوره و تنش خشکی در برخی مراحل رشد و اثر متقابل این دو تیمار بر عملکرد دانـه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). در هر دو سال اجرای پژوهش، وقـوع گـرد و خـاک شـدید در اسـتان خوزسـتان بـه خصوص در شهریورماه و دهه اول مهرماه، همزمان با رشد رویشی و گلدهی ذرت، اثر تنش قطع آب در ایـن مراحـل را تشـدید کرد و باعث کاهش معنی دار عملکرد دانه گیاه شد. به نظر می‌رسد کاهش عملکرد گیاه در اثر این پدیده چندین دلیـل داشـته

باشد، از جمله کاهش کاهش ساعات آفتابی در طول روز و نشستن گرد و خاک بر سطح برگ‌های گیاه، با تاثیر منفی بر جذب نور و تبادلات گازی توسط برگ‌ها، منجر به کاهش فتوسنتز شد، همچنین خشکی ابریشم‌ها و اختلال در گرده‌افشانی منجر به عدم تلقیح مناسب گیاه شد، در مواقعی که گرد و خاک با بادهای شدید همزمان بود، ورس گیاهان نیز با کاهش در جذب و انتقال مواد منجر به کاهش عملکرد گیاه شد. بر اساس آنالیز سالانه، اثرات ساده و متقابل این دو تیمار بر عملکرد دانه معنی‌دار شد (جدول ۲). در سال اول و دوم بیشترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری کامل بدون تنش خشکی در مراحل رشد، به ترتیب با میانگین ۷/۳ و ۷/۸ تن در هکتار و کمترین عملکرد دانه در تیمار ۶۰ درصد آبیاری کامل با تنش خشکی در مرحله گلدهی به ترتیب با میانگین ۰/۷ و ۰/۲۴ تن در هکتار به دست آمد (جدول ۴). در این تحقیق تنش قطع آب، هم مرحله رویشی و هم مرحله زایشی را تحت تأثیر قرار داد، به طوری‌که این کاهش در تیمار آبیاری کامل همزمان با تنش خشکی مرحله‌ای در سال اول در تیمارهای هشت برگی، دوازده برگی، گرده‌افشانی و شیری شدن دانه به ترتیب و به طور میانگین ۵۶، ۶۸، ۸۰ و۴۷ درصد و در سال دوم به ترتیب و به طور میانگین ۵۹، ۷۱، ۷۷ و ۴۴ درصد بود (جدول۴). به نظر می‌رسد تنش کمبود آب در مرحله رویشی از طریق کاهش سطح برگ و فتوسنتز در واحد سطح برگ و در مرحله زایشی به واسطه عدم تلقیح دانه‌ها، کاهش دوره پرشدن دانه‌ها، کوچک شدن دانه‌ها و کاهش وزن دانه‌ها عملکرد دانه را کاهش داد. محققان دریافتند که تنش خشکی در طول دوره گلدهی باعث غیر همزمانی پیدایش اندام‌های نر و ماده ذرت گردید و فاصله آغاز ظهور گل تاجی و ابریشم‌ها را افزایش داد و در نتیجه عملکرد ذرت کاهش یافت، وقوع تنش خشکی همزمان با تقسیم میوزی در گل تاجی موجب عقیم شدن دانه‌های گرده شد، از طویل شدن ابریشم‌ها جلوگیری کرد و باعث کاهش شدید عملکرد گردید، در نتیجه هر گونه تنش در این دوره باعث کاهش عملکرد دانه خواهد شد (رشیدی، ۱۳۸۴).

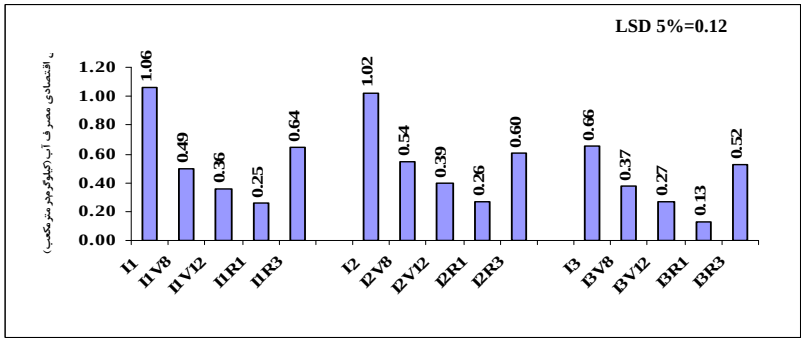
رشیدی (۱۳۸۴) گزارش نمود تنش در مرحله رشد رویشی حداقل اثر را بر عملکرد دانه داشته و بیشترین کاهش عملکرد دانه در اثر اعمال تنش در مرحله رشد زایشی بود. شعاع حسینی و همکاران (۱۳۸۷) بیان نمودند که تحت شرایط تنش خشکی، عملکرد دانه دارای همبستگی‌های مثبت و معنی‌داری با صفات تعداد دانه در ردیف و وزن ۱۰ بلال می‌باشد. اک (۱۹۸۶) گزارش داد که تنش کمبود آب در مرحله رویشی و زایشی تعداد دانه و در مرحله پرشدن دانه وزن دانه را کاهش می‌دهد و باعث کاهش عملکرد دانه می‌گردد. کمبود آب زمینه کاهش شاخص سطح برگ و در نتیجه کاهش فتوسنتز در واحد سطح برگ را فراهم آورده و با کاهش عرضه مواد پرورده و تأثیر منفی آن بر تولید دانه در بلال باعث کاهش عملکرد دانه شد.

کاکیر (۲۰۰۴) نشان داد که تنش رطوبتی در مرحله کاکل‌دهی و تشکیل بلال موجب کاهش شدید ارتفاع و عملکرد محصول شد، تنش در مرحله کاکل‌دهی موجب تأخیر در ظهور گل آذین ماده شد، همچنین اعمال تنش رطوبتی در مرحله رشد رویشی باعث افت ۳۲-۲۸ درصدی ماده خشک تولیدی شد، حساس‌ترین مرحله برای ذرت که موجب افت ۶۶ تا ۹۳ درصدی عملکرد می‌شود اعمال تنش رطوبتی طولانی مدت در مرحله کاکل‌دهی تا مرحله تشکیل بلال است. نتایج تحقیقات غدیری و مجیدی (۲۰۰۳) نشان داد که تنش رطوبتی در مرحله خمیری شدن دانه عملکرد و وزن بلال را به طور معنی‌دار کاهش می‌دهد. لک (۱۳۸۵) و ساکی‌نژاد (۱۳۸۲) تغییر در اجزای عملکرد و کاهش عملکرد دانه در شرایط کم‌آبی را ناشی از کاهش فتوسنتز و عرضه مواد فتوسنتزی در اثر کاهش سطح برگ، کاهش محتوای نسبی آب برگ و بسته‌شدن روزنه‌ها و لوله‌ای شدن برگ دانستند.

کارایی اقتصادی مصرف آب

با توجه به اینکه ذرت دارای مسیر فتوسنتزی چهار کربنه است، کارایی مصرف آب نسبتاً بالایی دارد، اما تغییر عوامل محیطی و گیاهی در طول فصل رشد گیاه بر کاهش یا افزایش این مولفه اثرگذار است، به طوری‌که افزایش کارایی مصرف آب این گیاه ممکن است به دلیل بسته شدن روزنه‌ها در اثر کاهش رطوبت خاک باشد (ساندر و باستیانسن، ۲۰۰۴). براساس احجام آب مصرفی در دو سال تحقیق (جدول ۶) و عملکرد دانه گیاه کارایی اقتصادی مصرف آب محاسبه شد. بر اساس نتایج، اثرات ساده و متقابل کم‌آبیاری در طول دوره و تنش خشکی مرحله‌ای بر کارایی اقتصادی مصرف آب معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین کارایی اقتصادی مصرف آب به تیمار آبیاری کامل و شرایط بدون تنش خشکی معادل با ۱/۰۶ کیلوگرم برمترمکعب اختصاص یافت. تیمار تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه بدون تنش در طول دوره رشد، با حدود ۳ درصد کاهش، کارایی اقتصادی

مصرف آب معادل ۱/۰۳ کیلوگرم برمترمکعب داشت. کمترین کارایی اقتصادی مصرف آب در تیمار تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه و تنش خشکی در مرحله گلدهی با میانگین ۰/۱۳ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد (شکل ۱). از آنجا که کارایی اقتصادی مصرف آب حاصل تقسیم عملکرد اقتصادی محصول (در این تحقیق عملکرد دانه) به حجم آب مصرفی است، مسلماً برای حداکثر شدن آن باید یا مخرج کسر به حداقل برسد و یا صورت کسر بزرگ شود، بنابراین بهبود کارایی مصرف آب یک وظیفه دوگانه است، یعنی باید هم جلوی تلفات آب گرفته شود و هم واریته با عملکرد بالا کاشت (علیزاده، ۱۳۸۴). در این تحقیق با توجه به کاهش عملکرد در شرایط کاهش حجم آب مصرفی (جدول ۵)، در راستای اعمال کم‌آبیاری، عدم آبیاری در هیچ‌کدام از مراحل بررسی شده توصیه نمی‌شود. در این تحقیق تنش شدید کم آبی بدون تنش در هیچ‌یک از مراحل رشد، منجر به حدود ۶۳ درصد کاهش در عملکرد در ازای ۴۰ درصد کاهش در حجم آب مصرفی شد و در صورت وقوع همزمان تنش خشکی در مرحله گلدهی با تنش شدید کم‌آبی، این کاهش در عملکرد دانه به ۹۴ درصد نسبت به تیمار بدون تنش رسید (جدول ۵). معیری و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی کارایی مصرف آب گیاه ذرت در خوزستان نتیجه گرفتند که امکان اعمال تنش ملایم کم‌آبی در مدیریت آبیاری ذرت امکان‌پذیر است که با نتایج تحقیق حاضر تطابق داشت. در تیمار آبیاری کامل و هر یک از تیمارهای کم‌آبیاری، وقوع تنش خشکی در مرحله شیری شدن اثر کاهشی کمتری را بر کارایی مصرف آب داشت و تنش خشکی در مرحله گرده‌افشانی بیشترین تأثیر را بر کارایی مصرف آب داشت (شکل ۱). این یافته با دستاوردهای غدیری و مجیدی (۲۰۰۳) تطابق داشت. احتمالاً مهمترین عامل کاهش کارایی اقتصادی مصرف آب در تیمار تنش در مرحله گلدهی، کاهش شدید عملکرد به دلیل اختلال در گرده‌افشانی باشد. در این تحقیق همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد و کارایی اقتصادی مصرف آب دیده شد.



تامین ۱۰۰ درصد نیازآبی گیاه	بدون تنش مرحله‌ای *	I1
	تنش در مرحله ۸ برگی	I1V8
	تنش در مرحله ۱۲برگی	I1V12
	تنش در مرحله گرده افشانی	I1R1
	تنش در مرحله شیری	I1R3
تامین ۸۰ درصد نیازآبی گیاه	بدون تنش مرحله‌ای *	I2
	تنش در مرحله ۸ برگی	I2V8
	تنش در مرحله ۱۲برگی	I2V12
	تنش در مرحله گرده افشانی	I2R1
	تنش در مرحله شیری	I2R3
تامین ۶۰ درصد نیازآبی گیاه	بدون تنش مرحله‌ای *	I3
	تنش در مرحله ۸ برگی	I3V8
	تنش در مرحله ۱۲برگی	I3V12
	تنش در مرحله گرده افشانی	I3R1
	تنش در مرحله شیری	I3R3

شکل ۱ : کارایی اقتصادی مصرف آب تحت تاثیر اثر متقابل کم‌آبیاری و تنش خشکی

جدول ۵: کاهش عملکرد دانه در اثر کاهش حجم آب مصرفی

	I1	I1V8	I1V12	I1R1	I1R3	I2	I2V8	I2V12	I2R1	I2R3	I3	I3V8	I3V12	I3R1	I3R3
کاهش عملکرد دانه	۰	۵۷	۶۹	۷۸	۴۵	۲۲	۶۲	۷۳	۸۲	۵۹	۶۳	۸۱	۸۶	۹۴	۷۳
کاهش در حجم آب مصرفی	۰	۸	۹	۱۰	۹	۲۰	۲۶	۲۷	۲۸	۲۸	۴۰	۴۵	۴۶	۴۶	۴۶

جدول ۶ : حجم آب آبیاری با احتساب راندمان ۹۰ درصد طی سال‌های تحقیق بر حسب متر مکعب در هکتار

تیمار (کم آبیاری و تنش خشکی)	سال ۱۳۸۷	سال ۱۳۸۸	سال ۱۳۸۷	سال ۱۳۸۸	سال ۱۳۸۷	سال ۱۳۸۸
تنش خشکی/ کم آبیاری	تامین ۱۰۰ درصد نیازآبی گی		تامین ۸۰ درصد نیازآبی گی		تامین ۶۰ درصد نیازآبی گی	
بدون تنش مرحله‌ای *	۶۶۸۳	۷۵۷۶	۵۳۴۶	۶۰۶۱	۴۰۱۰	۴۵۴۶
تنش در مرحله ۸ برگی	۶۱۴۰	۷۰۲۴	۴۹۱۲	۵۶۱۹	۳۶۸۴	۴۲۱۴
تنش در مرحله ۱۲برگی	۶۰۶۰	۶۸۶۷	۴۸۴۸	۵۴۹۴	۳۶۳۶	۴۱۲۰
تنش در مرحله گرده افشانی	۶۰۲۴	۶۸۳۰	۴۸۱۹	۵۴۶۴	۳۶۱۴	۴۰۹۸
تنش در مرحله شیری	۶۰۳۳	۶۸۷۶	۴۸۲۶	۵۵۰۱	۳۶۲۰	۴۱۲۶

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در میان عوامل محدود کننده طبیعی، کمبود آب مهم‌ترین عاملی است که به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک جهان به طرق مختلف باعث محدودیت کاشت و کاهش محصولات غذایی می‌شود. کم آبیاری روشی است که بر اساس آن ضمن وارد نیامدن خسارات شدید به گیاه در اثر تنش خشکی، در مقدار آب آبیاری صرفه جویی می‌شود، بنابراین در مناطق با کمبود آب، همواره یکی از راه‌کارهای مدنظر سیاستگذاران بخش آب می‌باشد و این استراتژی با ایجاد تنش آب می‌تواند بر رشد و نمو گیاه بسته به واریته و نوع گیاه اثرگذار باشد، در این تحقیق عملکرد گیاه در تیمار تامین ۸۰ درصد آبیاری کامل نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت، اما با توجه به کاهش حجم آب مصرفی، کارایی مصرف آب با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار نداشت. بنابراین در مناطقی که توسعه سطح زیر کشت با توجه به منابع محدود آب یک الزام است، می‌توان تیمار تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه را بدون کاهش چشمگیر عملکرد و کارایی مصرف آب به کار برد. پیشنهاد می‌شود محاسبات اقتصادی دقیق توسط کارشناسان اهل فن در خصوص ارزش میزان آب صرفه‌جویی شده و میزان کاهش عملکرد به واسطه کم‌آبیاری انجام پذیرد. لازم به ذکر است که در هر دو سال اجرای این تحقیق افزایش دمای هوا و وقوع پدیده گرد و خاک، اثر تنش‌های کم آبی در طول دوره و به خصوص عدم آبیاری در مراحل حساس رشد گیاه را تشدید کرد و در شرایط مناسب دمایی امکان پذیری حذف یک آب در مرحله رویشی گیاه و یا شیری شدن دانه قابل بررسی است. در شرایط مناسب دمایی مسلماً کاهش عملکرد گیاه در تنش ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه نیز کمتر خواهد بود.

تقدیر و تشکر

بدین‌وسیله از دانشگاه آزاد اسلامی و سازمان آب و برق خوزستان به خاطر حمایت‌های مادی و معنویشان تشکر و قدردانی می‌نمایم.

منابع

۱- رشیدی، ش. ۱۳۸۴. بررسی اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد و سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت TC647 در شرایط آب و هوایی خوزستان. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ۱۵۱صفحه

۲- ساکی‌نژاد، ط. ۱۳۸۲. مطالعه اثر تنش آب بر روند جذب عناصر ازت، فسفر، پتاسیم و سدیم در دوره‌های مختلف رشد، با توجه به خصوصیات مرفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه ذرت در شرایط آب و هوایی اهواز. پایان نامه دوره دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات اهواز، ۲۸۸ صفحه.

۳- سالمی، ح ر؛ مشرف، ل. ۱۳۸۵. تاثیرات کم آبیاری بر خصوصیات کیفی و عملکرد ارقام ذرت دانه ای در منطقه اصفهان. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، جلد ۷، شماره ۲۶: ۸۴-۷۱.

۴- سپاسخواه،ع. و توکلی،ع و موسوی،س ف.۱۳۸۵. اصول و کاربرد کم آبیاری.کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۲۸۸ صفحه

۵- سرمدنیا، غ؛ کوچکی، ع. ۱۳۷۷. فیزیولوژی گیاهان زراعی. ترجمه، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۰۰ صفحه

۶- سلطانی محمدی، ا؛ کشکولی، ح ع؛ نادری، ا ؛ برومند نسب،س. ۱۳۹۰. اثر توام تنش آبی و شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای در مراحل مختلف رشد در شرایط اقلیمی اهواز، مجله پژوهش آب ایران، سال پنجم، ۹: ۱۷۰-۱۶۱

۷- شعاع حسینی، م؛ خاوری خراسانی، س؛ فارسی، م. ۱۳۸۷. بررسی اثرات تنش کمبود آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد در چند هیبرید ذرت دانه‌ای با استفاده از تجزیه علیت، مجله دانش کشاورزی. جلد ۱۸ شماره ۱، صفحه ۸۶-۷۱

۸- صارمی، م؛ سیادت، س. ع. ۱۳۷۴ . اثر تنش ناشی از فواصل آبیاری‌ها روی عملکرد و اجزای عملکرد و خصوصیات مرفولوژیکی ذرت رقم ۷۰۴ تحت شرایط آب و هوایی اهواز. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی خوزستان.

۹-علیزاده، ا. ۱۳۸۴. رابطه آب و خاک و گیاه (ویرایش دوم). مشهد: انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، ۴۷۰صفحه.

۱۰- قهرمان، ب. و سپاسخواه، ع. ۱۳۷۷ ، کم آبیاری بهینه تحت شرایط مختلف مقدار اولیه آب در نیمرخ خاک. مجموعه مقالات نهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

۱۱- کریمی، م؛ اصفهانی، م؛ بیگلوئی، م.ح؛ ربیعی، ب؛ کافی‌قاسمی، ع. ۱۳۸۸. تأثیر تیمارهای کم‌آبیاری بر صفات مورفولوژیک وشاخص‌های‌رشددرت‌علوفه‌ای‌درشرایط‌آب‌وهوایی‌رشت. مجله الکترونیک تولیدگیاهان زراعی. جلددوم، شماره دوم، ص۱۱۰-۹۱
۱۲- کلانتر احمدی، ا؛ س.ع. سیادت؛ برزگری، م؛ فتحی، ق. ۱۳۸۵. بررسی تأثیر تنش رطوبتی بر خصوصیات مرفولوژیک‌وعملکرد دانه هیبریدهای تجاری ذرت درشرایط اقلیمی دزفول، مجله علمی کشاورزی، جلد۲۹، شماره ۱ : ۳۱-۴۲
۱۳- لک ، ش. ۱۳۸۵. اثرات تنش کمبود آب بر خصوصیات اگروفیزیولوژیکی و عملکرد ذرت دانه‌ای هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ در مقادیر متفاوت نیتروژن و تراکم بوته در شرایط آب و هوایی خوزستان. پایان نامه دوره دکتری تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان، ۳۳۰ صفحه.
۱۴- مجدم، م. ۱۳۸۵. اثرات تنش کمبود آب و مدیریت مصرف نیتروژن بر خصوصیات اگروفیزیولوژیکی و عملکرد دانه‌ای هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط آب و هوایی خوزستان. پایان نامه دوره دکتری تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان، ۲۲۲ صفحه.
۱۵- معیری،م؛ پذیرا، ا؛ سیادت،ح؛ عباسی،ف؛ دهقانی سانیچ، ح. ۱۳۹۱. ارزیابی کارایی مصرف آب در دشت اوان (مطالعه موردی جنوب حوزه آبریز کرخه)، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۶، شماره ۶، ص ۱۳۴۸-۱۳۳۹
۱۶- نخجوانی مقدم، م م ؛ دهقانی سانتج، ح؛ اکبری، م؛ صدرقاین؛ س ح. ۱۳۸۹. اثر سطوح مختلف آب بر کارایی مصرف آب رقم ذرت دانه ای زودرس ۳۰۲ در روش آبیاری بارانی. نشریه آب و خاک، جلد ۲۴ ، شماره ۶: ۱۲۴۵-۱۲۳۶.
17- Abo-El-Kheir M S A, Mekki B B. 2007. Response of maize cross–10 to water deficits during silking and grain filling stages. World Journal of Agricultural Sciences, 3(3):269–272 .
18-Allen RG, Pereira LS,.Raes D , Smit M. 1998. Crop Evapotranspiration Irrig. Drain. Paper 56, FAO, Rome
19-Cakir R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crops Research, 89(1): 1-16.
20-Eck HV. 1986. Irrigated corn yield response to nitrogen and water. Agronomy Journal, 76: 421-428.
21-Farre I, Faci J M. 2009. Deficit irrigation in maize for reducing agricultural water use in a Mediterranean environment. Agricultural Water Management, 96: 383–394.
22-Ghadiri H, Majidi M. 2003. Effect of different nitrogen fertilizer levels and moisture stress during milky and dough stages on grain yield, yield components and water use efficiency of corn (Zea mays L.). Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources,7(2): 103-113.
23-Kuscu1 H, Demir A.O. 2013. Yield and water use efficiency of maize under deficit irrigation regimes in a Sub-humid Climate. Philipp Agric. Scientist. Vol. 96 No. 1, 32–41
24-Payero, José O.; Melvin, Steven R.; Irmak, Suat; and Tarkalson, David. 2006. Yield Response of Corn to Deficit Irrigation in a Semiarid Climate. Biological Systems Engineering: Papers and Publications. Paper 52.
25-Sander JZ, Bastiaanssen WG. 2004. Review of measured crop water productivity values for irrigation wheat, rice, cotton and maize. Agricultural Water Management, 69:115-133
26-Tarddieo, F. 2005. Plant tolerance to water deficit : Physical limits and possibilities for progress. C.R. Geosience. 337:57-67.

Evaluation of water use effecincy of grain corn *(Zea mays* L.) Hybrid SC.704 at deficit condition

Abstract

This research was conducted to assessment of water use effecincy of corn, in 2008 and 2009 cropping season in factorial experiment using randomized Block Design (RCBD) with three replications. The experimental factors were included of combination of 100, 80, 60 percent of full water requirement with irrigation-off at the 8 and 12 leaf, anthesis and milky stages and non-irrigation-off as the witness. Irrigation treatments implement at 4-5 leaf stage (seedling establishment) and continued until 10 days before physiological maturity. The highest rate of water use effecincy (1.06 Kg.m3) obtained from full irrigation treatment, which was not significantly difference with 80 percent full irrigation. According to the results of this research, when Water Resources not limited, full irrigation Increased crop yield and economic efficiency of water use, but in dry year, irrigation based on 80 percent full water requirement of corn plant with out water stress in sensitive stages, could be recommended for increment of water productivity.

Key words : Deficit Irrigation; Water Stress; Corn; Water Use Efficiency