

تأثیر کم آبیاری ذرت دانه‌ای با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب

رسول اسدی^{۱*} و روح... اسدی

مدرس گروه کشاورزی دانشگاه پیام نور؛

rakh_802@yahoo.com

مدرس گروه اقتصاد و مدیریت دانشگاه پیام نور؛

as_rolly_2000@yahoo.com

چکیده

کاهش مصرف آب در دوره‌های خشکسالی از طریق کم آبیاری امکان‌پذیر است. کم آبیاری روشی مطرح در مدیریت آبیاری برای صرفه‌جویی در مقدار مصرفی آب آبیاری بدون وارد کردن خسارت شدید به گیاه می‌باشد. به منظور تعیین تأثیر کم آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۴ با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای، آزمایشی در سال ۱۳۸۹ در قالب ۴ تیمار آبیاری (نیاز آبی خالص گیاه (تیمار شاهد) و سه تیمار، مکش در ۱/۲FC، ۱/۵FC و ۱/۸FC)، بصورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی ارزنوئیه واقع در استان کرمان اجرا گردید. تیمارهای مورد مطالعه، از لحاظ میزان عملکرد محصول، دور آبیاری، کارایی مصرف آب، برخی از اجزای عملکرد و معیار اقتصادی نسبت منفعت به هزینه ارزیابی گردیدند. نتایج تحقیق نشان داد، تیمار شاهد با عملکرد ۹۳۹۳ کیلوگرم در هکتار و با اختلاف ۴ درصدی نسبت به تیمار مکش در ۱/۲FC در بهترین جایگاه قرار گرفته است این در صورتی است که حجم آب مصرفی و کارایی مصرف آب این تیمار به ترتیب ۱۰ درصد بیشتر و ۶/۵ درصد کمتر از تیمار مکش در ۱/۲FC می‌باشد. وزن هزار دانه، تعداد دانه در ردیف و ردیف دانه در بلال در تیمار مکش در ۱/۲FC نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۵، ۶/۵ و ۶/۵ درصد کاهش داشت اما این تیمار در ارزیابی اقتصادی در جایگاه خوبی قرار گرفت. بنابراین استفاده از روش کم آبیاری در کشت ذرت دانه‌ای با تیمار مکش در ۱/۲FC در منطقه ارزنوئیه استان کرمان می‌تواند راهکاری مناسب برای صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش کارایی مصرف آب در دوره‌های خشکسالی باشد.

واژه‌های کلیدی: تنش آبی، آبیاری قطره‌ای نواری، صرفه‌جویی در مصرف آب، ذرت دانه‌ای سینگل کراس

که علاوه بر تأمین مواد غذایی و فرآورده‌های دامی،
در اشتغال‌زایی بخش‌های کشاورزی، صنعت و بازرگانی

مقدمه

ذرت از مهمترین محصولات کشاورزی است

۱. آدرس نویسنده مسؤول: گروه کشاورزی دانشگاه پیام نور، تهران، ایران- صندوق پستی ۴۶۹۷-۱۹۳۹۵

* دریافت: دی، ۱۳۹۰ و پذیرش: اردیبهشت، ۱۳۹۱

(۱۹۹۰)، طی پژوهشی دو روش آبیاری کامل و کم آبیاری، بر روی چند محصول زراعی از جمله ذرت را با هم مقایسه کرد و نشان داد که کم آبیاری با کاهش مصرف آب، انرژی و سایر نهاده‌های کشاورزی، موجب افزایش سطح زیرکشت و افزایش درآمد در حدود ۴۲ درصد نسبت به آبیاری کامل می‌شود. همچنین این پژوهشگر از کم آبیاری به عنوان یک استراتژیک جهت افزایش راندمان اقتصادی یاد کرد (زمردی و همکاران ۱۳۸۵).

سالمی و مشرف (۱۳۸۵). در تحقیق سه ساله خود به بررسی تأثیر کم آبیاری بر خصوصیات کیفی و عملکرد ذرت دانه‌ای پرداختند. تیمارهای آبیاری اعمال شده شامل: شاهد، آبیاری کامل، ۸۰ و ۶۰ درصد آبیاری کامل بودند. نتایج این تحقیق با در نظر گرفتن بررسی‌ها آماری و اهمیت بهینه‌سازی آب مصرفی با اعمال کم آبیاری و بررسی مقدار کارایی مصرف آب نشان داد که تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی بر سایر تیمارها برتری دارد و به عنوان یک روش مدیریتی کارآمد در آبیاری مزارع ذرت توصیه می‌شود.

کاهش منابع آب و افزایش بهای آن امروزه کشاورزان را به سمت استفاده از سیستم‌های آبیاری با راندمان بالا جهت آبیاری گیاهان زراعی سوق داده است. با توجه به پیشرفت علم و اهمیت کشاورزی برای استفاده بهینه از آب، تجهیزات و روش‌های مختلف آبیاری ابداع گردیده است. این در حالیست که در صورت استفاده صحیح از آب علاوه بر افزایش تولید در واحد سطح می‌توان سطح زیر کشت را نیز افزایش داد.

یکی از راه‌های نیل به این اهداف کاربرد شیوه‌های جدید آبیاری مانند استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای است که استفاده از این سیستم علاوه بر کاهش مصرف آب، افزایش عملکرد محصول را در پی دارد (باسال و همکاران ۲۰۰۹). در چند دهه گذشته امکان استفاده از روش‌های آبیاری قطره‌ای برای محصولات مختلف زراعی مورد بررسی قرار گرفته و مشخص شده

نقش مهمی ایفا می‌کند (صابری و همکاران ۱۳۸۵). این گیاه به علت قدمت و قدرت انطباق و سازگاری زیاد با اقلیم‌های مختلف در تمام دنیا گسترده شده است (امیری و همکاران ۱۳۸۸). از لحاظ سطح زیرکشت در بین گیاهان زراعی دنیا، ذرت پس از گندم و برنج مقام سوم و از نظر میزان عملکرد بعد از نیشکر مقام دوم را به خود اختصاص داده است، همچنین این گیاه منبع غنی از روغن و پروتئین است که بین ۸ تا ۱۵ درصد پرتئین مورد نیاز دنیا را تأمین می‌نماید (علیزاده و همکاران ۱۳۸۸).

بدلیل حساس بودن گیاه ذرت به کم آبی (ککیر ۲۰۰۴)، یکی از مهمترین مشکلات زارعین در مناطق خشک و نیمه‌خشک، فراهم ساختن شرایط مطلوب خصوصاً تأمین آب کافی در طول دوره رشد می‌باشد. تنش خشکی یکی از مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش‌های غیر زیستی می‌باشد که باعث افزایش کارایی مصرف آب و بازده استفاده از اراضی در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌شود (رشیدی و رضادوست ۱۳۸۴).

کم آبیاری، یک استراتژیک بهینه برای تولید محصولات کشاورزی در شرایط کمبود آب می‌باشد که از طریق حذف آبیاری‌های کم بازده و کاهش میزان حجم آبیاری در هر نوبت آبیاری بدون اثر منفی بر سود خالص، باعث افزایش کارایی مصرف آب می‌شود (سهرابی و همکاران ۱۳۸۵). همچنین این استراتژیک به عنوان یک تکنیک فنی و اقتصادی، برای سامان بخشیدن به روابط آب مصرفی و عملکرد محصول مطرح می‌باشد به طوری که در این تکنیک به زراعی در شرایط کمبود آب، آگاهانه به گیاه اجازه داده می‌شود، با دریافت آب کمتر از نیاز، محصول خود را تا اندازه‌ای کاهش دهد که از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد (قربانی و هزارجریبی ۱۳۸۷).

تحقیقات زیادی بر تأثیر کم آبیاری بر کمیت و کیفیت محصولات مختلف زراعی و همچنین کارایی مصرف آب صورت گرفته است بطوریکه انگلیش

ناحیه ریشه می‌باشند. نتایج این تحقیق نشان داد که عملکرد ذرت با مقدار ۸۱۷۰ کیلوگرم در هکتار و با کارایی مصرف آب ۱/۵۲ کیلوگرم بر مترمکعب که در تیمار $\theta/\theta_{Fc} = ۰/۸$ بدست آمد نسبت به تیمار $\theta/\theta_{Fc} = ۱$ با عملکرد ۶۵۳۰ کیلوگرم در هکتار و کارایی مصرف آب ۱/۳۹ کیلوگرم بر مترمکعب از افزایش قابل قبولی برخوردار بود. شائوژانگ و همکاران (۱۹۹۸) در آزمایشی ضریب کارایی مصرف آب برای ذرت تحت کم‌آبیاری را مورد مطالعه قرار دادند که تیمارهای آبیاری بر حسب درصدهایی از ظرفیت زراعی (۴۰، ۵۰ و ۶۰ درصد) در نظر گرفته شد. در این مطالعه بالاترین مقدار آب مصرفی ۷۴۶۰ مترمکعب در هکتار و کمترین آن ۵۳۴۰ مترمکعب در هکتار گزارش گردید.

با توجه به موقعیت مناسب زراعی منطقه ارزشی استان کرمان و وجود بحران آب در این منطقه و همچنین عدم استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای در کشت ذرت‌دانه‌ای در این منطقه، استفاده از روش‌های به‌زراعی نظیر تکنیک کم‌آبیاری، در تولید محصولات کشاورزی از جمله محصول باارزش و استراتژیک ذرت‌دانه‌ای با استفاده از سیستم نوین آبیاری قطره‌ای، ضرورت اجرای این تحقیق را توصیه می‌نماید.

مواد و روش‌ها

منطقه اجرای طرح

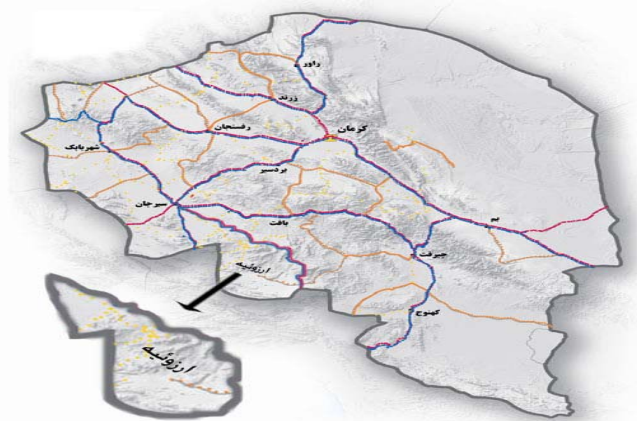
منطقه ارزشی در ۲۷۰ کیلومتری جنوب غربی شهر کرمان و در محدوده جغرافیایی $۱۹^{\circ} ۲۸'$ تا $۳۸^{\circ} ۲۸'$ عرض شمالی و $۷^{\circ} ۵۷'$ تا $۳۲^{\circ} ۵۹'$ طول شرقی واقع گردیده و دارای ارتفاع ۱۰۴۴ متر از سطح دریا می‌باشد (شکل ۱). اقلیم منطقه نیمه‌بیابانی خفیف و جزء نواحی گرم محسوب می‌گردد و میانگین بارندگی سالانه در این منطقه در حدود ۷۰ میلی‌متر در سال گزارش شده است (بختیاری ۱۳۸۳).

است در شرایط مساوی روش آبیاری قطره‌ای نسبت به روش‌های مرسوم آبیاری قادر به کاهش آب آبیاری برای محصولات مختلف می‌باشد.

تحقیقی تحت عنوان تأثیر آبیاری قطره‌ای بر کشت‌های ردیفی توسط آراز و همکاران (۱۹۹۹) در ایالت کالیفرنیا انجام گردید که در آن، آزمایشات ۱۵ ساله پژوهشگران مختلف در زمینه آبیاری قطره‌ای در آزمایشگاه تحقیقات مدیریت آب کالیفرنیا مورد ارزیابی قرار گرفت و مطالعاتی که در خصوص مدیریت آبیاری و مدیریت بهبود کیفیت خاک در مزارع ذرت، پنبه، یونجه و گوجه‌فرنگی چه به صورت آزمایشی و چه به صورت کشت محصول صورت گرفته بود مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیقات نشان دهنده بالا بودن میزان محصول و راندمان استفاده از آب در سیستم آبیاری قطره‌ای در مقایسه با سایر سیستم‌ها می‌باشد.

حامدی و همکاران (۱۳۸۴) در تحقیقی در خصوص مقایسه سیستم آبیاری قطره‌ای و آبیاری جویچه‌ای از طریق سطوح مختلف نیاز آبی بر عملکرد ذرت دریافتند که در روش آبیاری قطره‌ای عملکرد دانه ذرت ۲۰۱۵ کیلوگرم در هکتار نسبت به روش جویچه‌ای افزایش یافته و کارایی مصرف آب نیز در این روش در حدود سه برابر آبیاری جویچه‌ای می‌باشد.

از مسائل مهم در خصوص آبیاری گیاه ذرت می‌توان به اندازه‌گیری دور و زمان آبیاری اشاره کرد که در اکثر اوقات برای زارعین مشکل‌ساز می‌باشد. استفاده از تانسومتر جهت اعلام زمان آبیاری یکی از روش‌های ساده‌ای است که می‌تواند برای زارعین مفید و بی‌دغدغه باشد. در این راستا یانگ‌کیانگ و همکاران (۲۰۰۴) در تحقیقی اثر کمبود آب در خاک را بر روی عملکرد محصول و کارایی مصرف آب در ذرت و گندم مورد مطالعه قرار دادند. در این تحقیق برای ذرت دو تیمار $۰/۸$ و $\theta/\theta_{Fc} = ۱$ در نظر گرفته شد، که θ متوسط حجم آب در خاک در ناحیه ریشه و θ_{Fc} متوسط ظرفیت زراعی در



قالب و روش اجرا طرح

به منظور تعیین تأثیر کم آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۴ با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای، آزمایشی در زمینی به ابعاد ۱۲×۲۱ متر بصورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۸۹ به اجرا در آمد. این آزمایش در قالب ۴ تیمار آبیاری (نیاز آبی خالص گیاه (تیمار شاهد) و سه تیمار، مکش در ۱/۲FC، ۱/۵FC و ۱/۸FC) اجرا گردید. در این آزمایش تیمارها در کرت‌هایی به عرض ۳ متر و طول ۶ متر که شامل ۴ ردیف کشت به فاصله ۷۵ سانتی‌متر از یکدیگر قرار گرفتند. فاصله بوته‌های ذرت کشت شده در هر ردیف کشت ۱۶ سانتی‌متر و فاصله بین تکرارهای آزمایش که بصورت عمودی کنار هم قرار گرفتند، ۱/۵ متر بود و تعداد کل کرت‌ها با احتساب تکرارها به ۱۲ کرت رسید.

در این تحقیق جهت تعیین زمان آبیاری از تانسیموترهایی از نوع فلزی ثابت استفاده گردید به طوری که در دو عمق ۱۵ و ۴۵ سانتی‌متری، در وسط هر کرت و در بین دو خطوط کشت نصب گردیدند. جهت قرائت میزان رطوبت موجود در خاک در مرحله اولیه رشد از تانسیموتری استفاده شد که در عمق ۱۵ سانتی‌متری نصب گردید و از تانسیموتری که در عمق ۴۵ سانتی‌متری نصب

شد جهت قرائت در مراحل میانی و پایانی رشد استفاده گردید. برای مشخص کردن حجم آبیاری نیز با استفاده از تانسیموتر و به کمک منحنی رطوبتی خاک رطوبت حجمی متناظر با مکش‌های فوق را بدست آورده و سپس رطوبت خاک در هر یک از تیمارها را به رطوبت خاک در حد FC رسانده تا عمق آبیاری بدست آید و سپس عدد بدست آمده را در سطح کرت‌ها ضرب کرده تا حجم آب آبیاری مشخص گردد.

در این تحقیق نیاز آبی گیاه با استفاده از فرمول پنمن-مونیتیت اصلاح شده توسط فائو و اعمال ضریب گیاهی تعیین گردید (علیزاده ۱۳۸۷). همچنین بدلیل عدم وجود ایستگاه هواشناسی در منطقه مورد مطالعه، جهت محاسبه مقدار آب مورد نیاز گیاه پارامترهای مربوط به فرمول پنمن-مونیتیت اصلاح شده توسط فائو از ایستگاه هواشناسی حاجی آباد (در استان هرمزگان) که در فاصله ۲۰ کیلومتری منطقه مورد مطالعه است، اخذ گردید و ضریب گیاهی با توجه به منحنی تغییرات ضریب گیاهی ذرت در طول فصل رشد برای دوره‌های آبیاری با استفاده از دستورالعمل نشریه شماره ۵۶ فائو تعیین شد (جارد و همکاران ۲۰۰۸).

جداول ۱ و ۲ برخی خصوصیات شیمیایی آب و خاک مزرعه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. همچنین مقدار کود شیمیایی مورد نیاز گیاه بر اساس توصیه آزمایشگاه

شدند، ب) کارایی مصرف آب که از تقسیم نمودن عملکرد محصول هر کرت بر میزان آب مصرفی در هر کرت بدست آمد و ج) سایر اندازه‌گیری‌ها شامل وزن هزار دانه، تعداد ردیف دانه در بلال و تعداد دانه در ردیف که بر روی ۱۰ بلال که بصورت تصادفی انتخاب شدند اندازه‌گیری گردید. همچنین در این آزمایش منحنی رطوبتی خاک تحت مکش‌های مختلف در سه عمق بدست آمد که در جدول ۳ نشان داده شده است.

آب و خاک مرکز تحقیقات کشاورزی استان کرمان، ۶۰ کیلوگرم اوره، ۸۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل بود که تمامی کود فسفاته و یک سوم کود ازته در زمان کشت و مابقی کود ازته در مرحله ۳-۴ برگه شدن ذرت استفاده شد. پارامترهایی که در این مطالعه اندازه‌گیری شدند عبارت بودند از: الف) عملکرد محصول که برای اندازه‌گیری آن در هر کرت از دو ردیف کشت شده وسط استفاده گردید و دو ردیف کناری به عنوان حاشیه حذف

جدول ۱- برخی خصوصیات شیمیایی آب مورد مطالعه

pH	EC (dS/m)	آنیون‌ها (meq/L)				کاتیون‌ها (meq/L)					
		CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	Mg ⁺²	Ca ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Fe ⁺²	Mn ⁺²
۷/۱	۴	-	۵/۲	۵۷/۲	۴۱	۲۱/۴	۱۳/۴	-	۶۹	۰/۰۷۸	۰/۰۱۴

جدول ۲- نتایج آنالیز برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

SAR	PH	EC (ds/m)	آنیون‌ها و کاتیون‌های محلول (میلی اکیوالان در لیتر)						رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	عمق خاک (سانتی متر)
			آنیون‌ها و کاتیون‌های محلول (میلی اکیوالان در لیتر)									
			Ca	Mg	Na	Cl	Hco ₃	So ₄				
۱/۶۵	۷/۵	۰/۸۵	۴/۲	۵/۹	۴/۲۱	۴/۱	۲/۷۹	۷/۶۳	۶	۸	۸۶	۳۰-۰
۱/۸۱	۷/۲	۰/۸۱	۴/۵	۵/۷	۴/۱۱	۳/۸	۲/۵۴	۷/۵۱	۱۰	۹	۸۱	۶۰-۳۰

جدول ۳- میانگین رطوبت موجود در مکش‌های مختلف

۱/۸FC	۱/۵FC	۱/۲FC	نقطه پژمردگی	ظرفیت زراعی	عمق خاک
(درصد)	(درصد)	(درصد)	(درصد)	(درصد)	(سانتیمتر)
۹/۹	۱۱/۴	۱۲/۶	۵/۸	۱۶/۳	۳۰-۰
۱۰/۳	۱۱/۹	۱۲/۸	۶/۶	۱۶/۵	۶۰-۳۰

منافع احتمالی سالانه به معادل هزینه یکنواخت سالانه هر تیمار، محاسبه می‌شود و نسبت محاسبه شده با معیار یک مقایسه می‌گردد. چنانچه $B/C \geq 1$ باشد انجام طرح اقتصادی و اگر $B/C < 1$ باشد انجام طرح غیر اقتصادی می‌باشد. در این روش برای مقایسه بین تیمارهای مختلف، لازم است که ابتدا نسبت منفعت به هزینه هر تیمار را طبق دستورالعمل فوق محاسبه و هر تیمار را که نسبت منفعت به هزینه آن کمتر از یک بود مردود شمرد، سپس تیمار بهینه را

مقایسه اقتصادی تیمارهای تحقیق

با توجه به اینکه بکارگیری روش آبیاری قطره‌ای در محصولات زراعی هزینه‌هایی را در بر دارد و از طرف دیگر اعمال کم‌آبیاری باعث کاهش هزینه‌های تولید محصول می‌شود لذا، در این تحقیق برای مقایسه اقتصادی، میزان عملکرد تیمارهای مختلف به ازای میزان آب مصرفی آن‌ها، از تکنیک اقتصادی نسبت منفعت به هزینه استفاده گردید (سلطانی، ۱۳۷۲). در این روش نسبت معادل یکنواخت

در آن‌هایی که نسبت منفعت به هزینه آن‌ها بیشتر از یک می‌باشد، با هم مقایسه کرد (سلطانی، ۱۳۷۲).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های بدست آمده تحقیق در پایان کشت با استفاده از نرم افزار آماری MSTAT-C مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن (در سطح یک درصد) انجام گردید.

نتایج و بحث

جدول ۴- خلاصه تجزیه واریانس طرح

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	کارایی مصرف آب	وزن هزار دانه	تعداد دانه در ردیف	تعداد ردیف دانه در بلال
تکرار	۲	۲۳۷۰۰	۰/۰۱۲	۶۰۸/۹۳۱	۲۵/۷۵	۱/۳۳۳
آبیاری	۳	۷۲۰۱۵۱۹/۷۷۸**	۰/۰۷۸**	۴۵۵۷/۹۲۶**	۲۲/۷۵**	۱۰**
خطا	۶	۱۱/۱۱	۰/۰۰۰۱	۴۲/۳۶۳	۰/۷۵	۰/۰۰۰۱
CV (درصد)		۰/۰۴	۱/۶۶	۲/۴۳	۱/۹۱	۰

** معنی دار

تیمار، مکش در ۱/۲FC، ۱/۵FC و ۱/۸FC به ترتیب برابر با ۷۱۰۰، ۶۴۰۰، ۶۱۸۳ و ۵۹۳۰ متر مکعب در هکتار اندازه‌گیری شد. نتایج سالمی و مشرف (۱۳۸۵) نیز نشان داد که آب مورد نیاز ذرت دانه‌ای در طول دوره رشد حدود ۵۵۰۰ تا ۸۵۰۰ متر مکعب در هکتار می‌باشد.

میزان آب مصرفی و عملکرد دانه

در این تحقیق با توجه به این‌که سیستم آبیاری مزرعه از نوع آبیاری قطره‌ای (تیپ) بود لذا میزان آب مصرفی در هر کرت توسط کنتور حجمی اندازه‌گیری و یادداشت برداری می‌گردید، به‌طوری‌که میزان آب مصرفی در تیمارهای نیاز آبی خالص گیاه (تیمار شاهد) و سه

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه تحت تأثیر تیمارهای آبیاری

تیمارها	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه در ردیف	تعداد ردیف دانه در بلال
شاهد	۹۳۹۳a	۱/۳۱b	۳۰۵a	۴۸a	۱۶a
۱/۲FC	۸۹۸۳a	۱/۴۰a	۲۹۳a	۴۵a	۱۵a
۱/۵FC	۶۷۷۶b	۱/۰۸c	۲۵۷b	۴۱b	۱۳b
۱/۸FC	۶۲۳۶c	۱/۰۵c	۲۱۸c	۳۶b	۱۲b

نتایج را هرانداز و همکاران (۲۰۱۰) و ککیر (۲۰۰۴) بدست آوردند.

دور آبیاری

در این تحقیق جهت اعلام زمان آبیاری با توجه به تیمارهای اعمال شده، از تانسومتر استفاده گردید. هنگامی که میزان تخلیه آب به حد نصاب آبیاری برای هر کدام از تیمارها رسید، عملیات آبیاری صورت می‌گرفت. همان‌طور که در جدول ۶ مشخص شده است دور آبیاری به جزء برای تیمار شاهد که هر ۲ روز یک مرتبه در طول فصل رشد بوده است، برای ۳ تیمار دیگر در طول فصل رشد متغیر می‌باشد.

با توجه به طول دوره رشد ذرت در این آزمایش (۱۲۰ روز) و همچنین اعمال تنش آبی، بیشترین فراوانی دور آبیاری در تیمار ۱/۲FC، ۳ روزه می‌باشد. همچنین دور آبیاری ۴ روزه بیشترین دور آبیاری بود که در دو تیمار ۱/۲FC و ۱/۵FC مشاهده گردید. بیشترین دور آبیاری ۵ و ۶ روزه به ترتیب در تیمارهای ۱/۵FC و ۱/۸FC مشاهده گردید. این اختلاف در دوره‌های آبیاری با رشد گیاه نیز در ارتباط می‌باشد به طوری که هر چه به پایان دوره رشد گیاه نزدیک می‌شویم با رشد ریشه و استفاده آن از آب موجود در اعماق خاک، اختلاف معنی‌داری در دوره‌های آبیاری در طول فصل رشد گیاه ایجاد می‌گردد. اکتم و همکاران (۲۰۰۳)، به تأثیر اعمال کم-آبیاری با دوره‌های آبیاری ۲، ۴، ۶ و ۸ روزه با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای بر گیاه ذرت پرداختند، آن‌ها به این نتیجه رسیدند که بیشترین عملکرد محصول در دور آبیاری ۲ روزه با عملکرد ۱۰/۶۶ تن در هکتار بوده همچنین اذعان داشتند که هر چه دور آبیاری بیشتر شود عملکرد محصول کاهش می‌یابد که با نتیجه بدست آمده از تحقیق هاوول و همکاران (۱۹۹۸) و تحقیق حاضر هم‌خوانی دارد.

نتایج بدست آمده از مقایسه میانگین عملکرد دانه حاصل از اثر تیمار آبیاری که توسط آزمون دانکن در سطح یک درصد انجام گردید در جدول ۵ نشان داده شده است. بر این اساس مشخص می‌شود که دو تیمار نیاز آبی خالص گیاه (تیمار شاهد) و مکش در ۱/۲FC با وجود اختلاف ۴ درصدی، در یک گروه آماری (a) قرار گرفته‌اند، این در صورتی است که اختلاف میزان آب مصرفی بین دو تیمار در حدود ۱۰ درصد می‌باشد. عملکرد نسبتاً خوب تیمار مکش در ۱/۲FC می‌تواند بدلیل اثرات مثبت تنش خفیف در طول فصل رشد بر اجزاء عملکرد گیاه و همچنین اثرپذیری سایر اندام‌های گیاهی مرتبط با اجزاء عملکرد دانست که در نهایت باعث عملکرد نسبتاً خوب تیمار اعمال شده تحت تنش خفیف می‌شود (وایت و راین، ۲۰۰۴).

حجم آب مصرفی دو تیمار مکش در ۱/۵FC و ۱/۸FC، نسبت به تیمار شاهد به ترتیب در حدود ۱۲/۹ و ۱۶/۵ درصد کمتر است ولی میزان عملکرد با اختلاف به-ترتیب در حدود ۲۸ و ۳۴ درصد نسبت به تیمار شاهد می‌باشد. این اختلاف زیاد در عملکرد می‌تواند به این علت باشد که اعمال تنش خشکی زیاد به گیاه باعث کاهش اندازه و یا توقف رشد برگ شده و سطح فتوسنتز کننده گیاه را کاهش می‌دهد و از این طریق باعث کم شدن رشد گیاه و در نهایت کاهش عملکرد می‌گردد (پایرو و همکاران، ۲۰۰۶). لازم به ذکر است که عملکرد دانه ذرت بر اساس رطوبت ۱۴ درصد دانه محاسبه گردیده است.

لام و تروین (۲۰۰۳)، در تحقیقی تحت عنوان تأثیر سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بر عملکرد ذرت به بررسی پژوهش‌های ده سال اخیر این موضوع پرداختند، از نتایج این تحقیق می‌توان به این موضوع اشاره کرد که مصرف آب ذرت در طول فصل رشد بین ۵۶۷۰ تا ۸۸۹۰ مترمکعب در هکتار و میزان عملکرد از ۶/۷۶۱ تا ۹/۹۷۵ تن در هکتار متغیر می‌باشد. مشابه این

جدول ۶- فراوانی دوره‌های آبیاری برای هر تیمار در طول دوره فصل رشد

دور آبیاری	تیمار شاهد	۱/۲FC	۱/۵FC	۱/۸FC
۲ روزه فراوانی	۶۰	۶		
۳ روزه فراوانی		۱۶	۲	
۴ روزه فراوانی		۱۵	۱۳	۵
۵ روزه فراوانی			۱۰	۶
۶ روزه فراوانی			۱	۹
۷ روزه فراوانی				۱
۸ روزه فراوانی				۱

بهینه از هر واحد آب مصرفی و افزایش سود خالص را نشان می‌دهد (اکبری و همکاران، ۱۳۸۴).

دو تیمار ۱/۵FC و ۱/۸FC به‌رغم وجود اختلاف ۲/۵ درصدی در کارایی مصرف آب نسبت به یکدیگر و همچنین اختلاف در حدود ۱۹ درصدی نسبت به تیمار شاهد، از لحاظ آماری در یک گروه آماری (c) قرار گرفته‌اند. آذری و همکاران (۱۳۸۶) در تحقیقی به بررسی عملکرد و کارایی مصرف آب گیاه ذرت در روش آبیاری قطره‌ای پرداختند. آن‌ها سه سطح آبی ۱۲۰، ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی را با یکدیگر مقایسه کردند. از نتایج این تحقیق می‌توان به این موضوع اشاره کرد که کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای بین ۱/۲۷ تا ۱/۵۷ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد.

وزن هزار دانه

با توجه به جدول ۴، اثر تیمار آبیاری بر روی صفت وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد نشان دهنده تفاوت معنی‌دار می‌باشد. همچنین همانطور که از مقایسه میانگین وزن هزار دانه حاصل از اثر تیمار آبیاری که توسط آزمون دانکن در سطح یک درصد انجام گردید،

کارایی مصرف آب

با توجه به اینکه گیاه ذرت دارای مسیر فتوسنتزی چهار کربنه می‌باشد لذا از کارایی مصرف آب نسبتاً بالایی برخوردار می‌باشد، اما تغییر عوامل محیطی و گیاهی در طول فصل رشد گیاه در کاهش یا افزایش کارایی مصرف آب ذرت موثر می‌باشند، بطوریکه کاهش رطوبت خاک ممکن است از طریق انسداد روزنه‌ها سبب افزایش کارایی مصرف آب این گیاه گردد (ساندر و باستیانسن، ۲۰۰۴).

در این تحقیق همانطور که انتظار می‌رفت تأثیر کم‌آبیاری بر کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای مثبت می‌باشد. بطوریکه تأثیر تنش آبی بر تیمار مکش در ۱/۲FC باعث شد که این تیمار با کارایی مصرف آب ۱/۳۹۷ کیلوگرم بر مترمکعب و با اختلافی در حدود ۷ درصد نسبت به تیمار شاهد در بهترین جایگاه آماری قرار گیرد (جدول ۵). در اینجا می‌توان به این نکته اشاره کرد که بررسی‌های انجام گرفته در مورد کم‌آبیاری در نقاط مختلف دنیا، کارآمدی این تکنیک مدیریتی در استفاده

توسط این دو تیمار به ترتیب به میزان ۱۵ و ۲۵ درصد نسبت به تیمار شاهد ضعیف‌تر بوده که باعث کاهش شدید تعداد دانه در ردیف گردید. در این خصوص آذری و همکاران (۱۳۸۶)، اظهار داشتند که تنش آبی در مراحل گل‌دهی و اوایل پر شدن دانه، باعث کم شدن تعداد دانه در ردیف بلال می‌شود.

تعداد ردیف دانه در هر بلال از دیگر اجزاء تشکیل دهنده عملکرد در ذرت بوده و به عنوان یک صفت ارثی کمتر تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد (شاکرمی و رفیعی، ۲۰۰۹). با این حال همانطور که از جدول ۴ مشخص است تیمار آبیاری بر روی صفت فوق اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشته است. به طوری که کاهش مصرف آب در زراعت ذرت باعث کاهش تعداد ردیف دانه می‌گردد (جدول ۵).

مقایسه اقتصادی

این تحقیق با بهاء، هر متر مکعب آب (بدون اعمال یارانه‌ها) ۳۲۰ ریال (اسلامی و همکاران، ۱۳۸۷)، و همچنین هزینه بهره‌برداری که شامل هر کیلوگرم بذر ذرت ۱۸۵۰۰ ریال، هر کیلوگرم کود شیمیایی ۲۴۰۰ ریال، هر متر لوله آبد ۷۰۰ ریال، هر متر عملیات نصب و کارگذاری لوله‌های آبد ۲۵۰ ریال، هر متر عملیات وجین ۲۰۰ ریال و هر کیلوگرم ذرت دانه‌ای ۳۵۰۰ ریال (بر اساس گزارشات هفتگی کمیته فنی بذر ذرت استان کرمان)، مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۷ و ۸).

با توجه به نتایج حاصل از محاسبات انجام شده، بیشترین نسبت منفعت به هزینه را تیمار نیاز آبی خاص گیاه (شاهد) به خود اختصاص داده و بعد از آن تیمار ۱/۲FC قرار گرفته است. دو تیمار، ۱/۵FC و ۱/۸FC نیز به دلیل مقدار کمتر از یک نسبت منفعت به هزینه دارای توجیه اقتصادی نمی‌باشند (شکل ۲).

مشخص است (جدول ۵)، به رغم اختلاف ۵ درصدی در وزن هزار دانه بین دو تیمار، نیاز آبی خالص گیاه (شاهد) و مکش در ۱/۲FC، اما از لحاظ آماری در یک گروه آماری (a) قرار گرفته‌اند و تیمار ۱/۵FC، با وزن هزار دانه ۲۵۷ گرم در هکتار در گروه آماری (b) و دیگر تیمار مورد بررسی با اختلاف ۲۹ درصدی نسبت به تیمار شاهد، در بدترین جایگاه آماری (c) قرار گرفته است. محققین زیادی اذعان داشتند که مهمترین عامل که باعث کاهش وزن دانه در شرایط تنش شدید خشکی می‌شود، کوتاه شدن دوره پر شدن دانه می‌باشد، بنابراین عرضه مواد پرورده به گیاه تحت شرایط تنش شدید خشکی کاهش می‌یابد که باعث کاهش وزن دانه هر بلال و وزن هزار دانه آن و در نهایت باعث کاهش عملکرد محصول می‌گردد (مجیدیان و همکاران، ۱۳۸۷). مشابه این نتایج را اوسبورنس و همکاران (۲۰۰۲) و چونگ و همکاران (۲۰۰۳) بدست آوردند.

تعداد دانه در ردیف و ردیف دانه در بلال

یکی از اجزاء مهم عملکرد هیبریدهای تک بلاله ذرت، تعداد دانه در ردیف است. این صفت ممکن است بر اثر تأخیر در ظهور کاکل و یا سقط جنین در اثر کمبود هیدرات‌های کربن کاهش یابد. البته تنش‌های محیطی مانند تنش خشکی باعث کوتاه شدن دوره تمایز سنبلچه گردیده که منجر به کاهش تعداد سنبلچه در سنبله می‌گردد که کاهش عملکرد را در پی دارد (مجیدیان و همکاران، ۱۳۸۷).

همان‌طور که از جدول ۴ مشخص است تیمار آبیاری بر روی صفت تعداد دانه در ردیف اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشته است. همچنین از جدول ۵ برمی‌آید به رغم اختلاف ۶/۵ درصدی تعداد دانه در ردیف بین تیمار نیاز آبی خالص گیاه (شاهد) و تیمار ۱/۲FC، از لحاظ آماری تفاوتی وجود ندارد. همچنین به دلیل دور آبیاری طولانی‌تر گیاه در مراحل اولیه رشد، در دو تیمار ۱/۵FC و ۱/۸FC، اثر بر روی صفت فوق‌الذکر

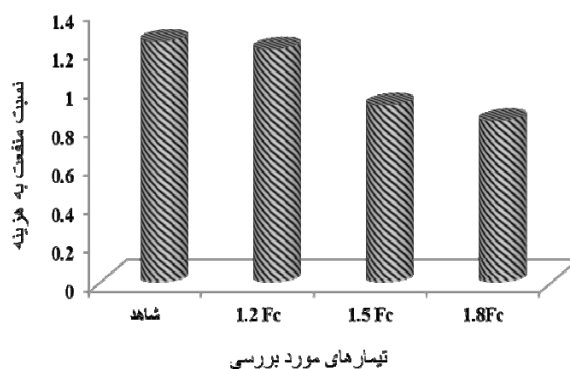
جدول ۷- میزان اقلام مصرفی و هزینه آن‌ها در هر کرت

تیمار	متوسط میزان آب		متوسط میزان لوله		متوسط میزان بذر		متوسط میزان کود		مجموع (ریال)
	مصرفی (m ³)	هزینه (ریال)	مصرفی (m)	هزینه (ریال)	مصرفی (gr)	هزینه (ریال)	مصرفی (kg)	هزینه (ریال)	
شاهد	۱۲/۷۸	۴۰۸۹/۶	۲۵	۱۷۵۰۰	۶۲	۱۱۴۷	۷	۱۶۸۰۰	۴۷۶۳۶/۶
۱/۲FC	۱۱/۵۷	۳۷۰۲/۴	۲۵	۱۷۵۰۰	۶۲	۱۱۴۷	۷	۱۶۸۰۰	۴۷۲۴۹/۴
۱/۵FC	۱۱/۱۳	۳۵۶۱/۶	۲۵	۱۷۵۰۰	۶۲	۱۱۴۷	۷	۱۶۸۰۰	۴۷۱۰۸/۶
۱/۸FC	۱۰/۶۷	۳۴۱۴/۴	۲۵	۱۷۵۰۰	۶۲	۱۱۴۷	۷	۱۶۸۰۰	۴۶۹۶۱/۴

هزینه نصب لوله‌های آبده و وجین کاری برای هر کرت به ترتیب ۴۵۰۰ و ۳۶۰۰ (ریال) در نظر گرفته شده است.

جدول ۸- درآمد در هر کرت

تیمار	عملکرد در هر کرت (kg)	قیمت ذرت (ریال)	مجموع (ریال)
شاهد	۱۶/۹	۳۵۰۰	۵۹۱۵۰
۱/۲FC	۱۶/۲	۳۵۰۰	۵۶۷۰۰
۱/۵FC	۱۲/۲	۳۵۰۰	۴۲۷۰۰
۱/۸FC	۱۱/۲	۳۵۰۰	۳۹۲۰۰



شکل ۲- نسبت منفعت به هزینه در تیمارهای مختلف

نتیجه‌گیری

اعمال کم‌آبیاری بر گیاه ذرت‌دانه‌ای از طریق تخمین رطوبت خاک با استفاده از تانسومتر در سیستم آبیاری قطره‌ای در منطقه ارزوئیه استان کرمان نتایج زیر را برداشت:

اعمال کم‌آبیاری توسط تیمارهای مکش در ۱/۲FC، ۱/۵FC و ۱/۸FC به ترتیب باعث صرفه‌جویی ۱۰، ۱۳ و ۱۶/۵ درصدی در حجم آب مصرفی نسبت به تیمار نیاز آبی کامل گیاه در طول فصل رشد گردید. این میزان

صرفه‌جویی در مصرف آب باعث شد عملکرد محصول در تیمارهای مذکور به ترتیب به میزان ۴، ۲۸ و ۳۴ درصدی نسبت به تیمار نیاز آبی کامل گیاه کاهش یابد. استفاده از تانسومتر جهت تعیین دور آبیاری در کشت ذرت‌دانه‌ای منطقه ارزوئیه استان کرمان به این نتیجه رسید که در صورت آبیاری کامل، دور آبیاری ۲ روزه می‌باشد و بیشترین دوره‌های آبیاری ۳ و ۴ روزه در تیمار ۱/۲FC، ۵ روزه در تیمار ۱/۵FC و ۶ روزه در تیمار ۱/۸FC مشاهده گردید.

نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۵، ۶/۵ و ۶/۵ درصد، ۱۰، ۱۵ و ۱۹ درصد و ۲۹، ۲۵ و ۲۵ درصد کاهش یابد. در پایان با توجه به مصرف آب کمتر (حدود ۱۰ درصد) تیمار ۱/۲FC نسبت به تیمار شاهد و عملکرد نسبتاً خوب این تیمار و همچنین قرار گرفتن این تیمار از لحاظ کارایی مصرف در بهترین جایگاه و مهم‌تر از همه جایگاه خوب این تیمار در مقایسه اقتصادی، می‌توان گفت که جهت مدیریت بهینه آب، این تیمار دارای توجیه قابل قبول‌تری جهت بکارگیری در منطقه مورد مطالعه و سایر مناطق که از نظر خصوصیات آب و هوایی شبیه منطقه مورد مطالعه می‌باشند، است.

کم‌آبیاری تیمار مکش در ۱/۲FC هرچند که باعث کاهش عملکرد محصول نسبت به تیمار نیاز آبی کامل گیاه گردید اما کارایی مصرف آب در این تیمار در حدود ۶/۵ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت، این در حالی بود که کارایی مصرف آب در تیمارهای مکش در ۱/۵FC و ۱/۸FC کاهش به ترتیب ۱۷/۵ و ۱۹/۵ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشتند.

کم‌آبیاری در تیمارهای مکش در ۱/۲FC، ۱/۵FC و ۱/۸FC باعث گردید تا میزان صفات وزن هزار دانه، تعداد دانه در ردیف و ردیف دانه در بلال

منابع مورد استفاده

۱. آذری، ا. برومندنسب س. بهزادی، م.، و معیری، م. ۱۳۸۶. بررسی عملکرد گیاه ذرت در روش آبیاری قطره‌ای نواری. مجله علمی کشاورزی. ۳۰: ۸۱-۸۸.
۲. اسلامی، ا. شفیعی، ل. و حیدری، ن. ۱۳۸۷. تعیین اولویت های کشت محصولات مختلف زراعی بر اساس محاسبه شاخص کارایی ریالی مصرف آب در سیستم آبیاری دوار مرکزی در منطقه بردسیر کرمان. مجله آبیاری و زهکشی ۲: ۱۲۲-۱۱۵.
۳. اکبری، د. میرزایی، غ.، ر. و تشکری، ع. ۱۳۸۴. تأثیر کم‌آبیاری بر عملکرد محصول پنبه در شرق استان مازندران. مجله خشکی و خشکسالی. ۱۵: ۶-۱.
۴. امیری، س.، نورمحمدی، س. جعفری، ع.، و چوگان، ر. ۱۳۸۸. تجزیه و تحلیل همبستگی، رگرسیون و علیت برای عملکرد دانه و اجزای آن در هیبریدهای زودرس ذرت دانه‌ای. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی. ۱۶: ۹۹-۱۲۲.
۵. بختیاری، س. ۱۳۸۳. اطلس گیتاشناسی استان‌های ایران. تهران: موسسه جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی، صفحه ۱۶۵.
۶. حامدی، ف. جعفری، ح. قادری ج و زنگنه ر. ۱۳۸۴. مقایسه سیستم آبیاری قطره‌ای نواری و سطحی از طریق سطوح مختلف نیاز آبی بر عملکرد ذرت. مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران.
۷. رشیدی، م.، و رضادوست، س. ۱۳۸۴. بررسی اثرات سطوح مختلف آبیاری بر خصوصیات کمی و کیفی ارقام آفتابگردان. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۶: ۱۲۵۰-۱۲۴۱.
۸. زمردی، ش. نورجو، ا. و امامی، ع. ۱۳۸۵. بررسی اثرات کم‌آبیاری در کمیت، کیفیت و قابلیت نگهداری گوجه‌فرنگی. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. ۲۷: ۳۰-۱۹.
۹. سالمی، ح.، ر. و مشرف، ل. ۱۳۸۵. تأثیرات کم‌آبیاری بر خصوصیات کیفی و عملکرد ارقام ذرت دانه‌ای در منطقه اصفهان. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. ۲۶: ۷۱-۸۵.
۱۰. سلطانی، غ.، ر. ۱۳۷۲. اقتصاد مهندسی. دانشگاه شیراز. ۷۹ ص.

۱۱. سهرابی، ی، شکیبا، م، ر، نوقایی، م، رحیم‌زاده، ف، تورچی، م و فتوحی، ک. ۱۳۸۵. ارزیابی اثر آبیاری محدود و زمان برداشت ریشه روی عملکرد و برخی از خصوصیات کیفی چغندر قند. مجله پژوهش و سازندگی. ۷۰: ۱۳-۸.
۱۲. صابری ع. مظاهری، د. و حیدری، ح. ۱۳۸۵. بررسی تأثیر تراکم و آرایش کاشت و برخی از خصوصیات زراعی ذرت تری وی کراس ۶۴۷. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۳: ۶۷-۷۶.
۱۳. علیزاده، ا. ۱۳۸۷. رابطه آب و خاک و گیاه. مشهد: دانشگاه امام رضا. ۳۰۹ ص.
۱۴. علیزاده، ح. ع. لیاقت، ع. و عباسی، ف. ۱۳۸۸. بررسی اثر کود آبیاری جویچه‌ای بر کارایی مصرف کود و آب، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای. نشریه آب و خاک. ۲۳: ۱۴۷-۱۳۷.
۱۵. قربانی، ق و هزارجریبی، ا. ۱۳۸۷. اثرات کمبود آب آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام پنبه. مجله آبیاری و زهکشی ایران. ۲: ۵۹-۵۳.
۱۶. مجیدیان، م، قلاوندی، ع، حقیقی، ک. و کریمیان، ن. ۱۳۸۷. اثر تنش خشکی، کود شیمیایی نیتروژن و کود آلی بر قرائت کلروفیل متر، عملکرد دانه و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۷۰۴. مجله علوم زراعی ایران. ۱۰: ۳۰۳-۳۳۰.
17. Ayars J., Phene, C., Hutmacher, R., Davis, K., Schoneman, R., Vail, S. and Mead, R. 1999. Surface drip irrigation of row crops: a review of 15 year of research at the Water Management Research Laboratory. *Agricultural Water Management*. 42: 1-27.
18. Basal H., Dagdelen, N., Unay, A., Yilmaz, E. 2009. Effects of deficit drip irrigation on Cotton yield and fiber quality. *Agronomy and Crop Science*, 159: 19-29.
19. Cakir, R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops*. 89: 1-16.
20. Cetin, O, and Bilget, L. 2002. Effects of different irrigation methods on shedding and yield of Cotton. *Agricultural Water Management*, 54: 1-15.
21. Cheong, M. M. Kim, K. N. Pandey, G. K. Gupta, R. Grant, J. J. and Luan, S. 2003. Calcium sense that differentially regulates salt, drought, and cold responses in Arabidopsis. *The Plant Cell*. 15: 1833-1845.
22. Hernandez, B, Avila, E., C, Olan J. J, Lopez, J. F. and Navarro, L. A. 2010. Morphological quality of sweet corn ears as response to soil moisture tension and phosphate fertilization in Campech, Mexico. *Agricultural Water Management*. 97: 1365-1374.
23. Howel, T. A, Tolk, D. S, Everrt, R. 1998. Evapotranspiration, Yield and Water Use efficiency of corn hybrids in maturity. *Agronomy Journal*. 90: 3-9.
24. Jared, R. Whitaker, G. L. Ritchie, G. W. Bednarz, p. and Cory, I. M. 2008. Cotton subsurface drip and overhead irrigation efficacy, field and quality. *Agronomy Journal*. 100: 1763-1768.
25. Lamm, F. and Trooien, T. 2003. Subsurface drip irrigation for corn production: a review of 10 years of research in Kansas. *Agricultural Water Management*. 22: 195-200.
26. Oktem, A, Simsek, M. and Oktem, G. 2003. Deficit irrigation effects on sweet corn (*zea Mays saccharata strut*) with drip irrigation system in a arid region I. *Water Yield Relationship*.
27. Osborn, S. L. Schepers J. S. Franas, D. and Schlcmer, M. R. 2002. Use of spectral radiance to in-season biomass and grain yield in nitrogen and water stressed corn. *Crop sci*. 42:165-186.
28. Payero, J. O., Steven, R. A., Suat, B. C. and Tarkalson, A. 2006. Yield response of corn to deficit irrigation in the semiarid climate. *Agricultural Water Management*, 84: 101-112.

29. Sander, J. Z. and Bastiaanssen, W. G. 2004. Review of measured crop water productivity values for irrigation wheat, rice, cotton and maize. *Agricultural Water Management*. 69: 115-133.
30. Shakarami, G. and Rafiee, M. 2009. Response of corn to planting pattern and density in Iran. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environ*. 5: 69-73.
31. Shaozhong, K, Wenjuan, S. and Jianhua, Z. 1998. An improved water use efficiency for maize grown under regulated deficit irrigation. *Agricultural Water Management*. 38: 69-76.
32. White, S. C. and Raine, S. R. 2004. Identifying the potential to apply deficit irrigation strategies in cotton using large mobile irrigation machines. 4th international crop science congress. Brisbane, Australia, 26 Sep-1 Oct, 2004.
33. Yongqiang, Z, Eloise, K. and Yu, Qiang. 2004. Effect of soil water deficit on evapotranspiration, crop yield, and water use efficiency in the North China Plain. *Agricultural Water Management*. 64:107-122.