



مدیریت آب و آبیاری

دوره ۶ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۵

صفحه‌های ۶۱-۷۲

تأثیر آبیاری شیاری و قطره‌ای در شرایط اعمال سطوح مختلف آبیاری، بر عملکرد ذرت دانه‌ای در کرمان

مینا ایران‌پور^۱، محسن ایران‌دوست^۲، عباس رضایی استخرویه^{۳*}

۱. دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرمان

۲. استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرمان

۳. استادیار، بخش مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۱/۳۰

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۴/۱۰/۲۶

چکیده

امروزه، بحران کمبود آب افزایش بهره‌وری در بخش کشاورزی را اجتناب‌ناپذیر کرده است. در این پژوهش تأثیر دو روش آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب در ذرت دانه‌ای در سطوح مختلف آبیاری بررسی شده است. تیمارها شامل سه سطح (آبیاری کامل، ۸۵ و ۷۰ درصد) و دو روش آبیاری (شیاری و قطره‌ای نواری) به ترتیب به‌عنوان عامل اصلی و فرعی، در قالب کرت‌های خردشده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اعمال شد. نتایج نشان داد، عملکرد دانه در آبیاری قطره‌ای نواری در مقایسه با شیاری ۴۷ درصد افزایش یافت. تیمار ۸۵ درصد در آبیاری قطره‌ای نواری، ضمن کاهش ۱۴۷۰ مترمکعب آب مصرفی نسبت به آبیاری کامل در همین سامانه، بهره‌وری آب را ۱۰/۵ درصد افزایش داد و باعث کاهش ۴/۹ درصدی عملکرد محصول، ۳/۶ درصدی وزن هزار دانه، ۷/۱ درصدی تعداد دانه در ردیف و ۶/۸ درصدی تعداد ردیف در بلال شد. تیمار برتر در سامانه آبیاری قطره‌ای نواری (۸۵ درصد)، نسبت به تیمار آبیاری کامل در سامانه آبیاری شیاری، عملکرد دانه را ۳۸ درصد و بهره‌وری آب را ۱۷۱ درصد افزایش داد. بر اساس نتایج، با اعمال آبیاری به مقدار ۸۵ درصد آبیاری کامل در کشت ذرت دانه‌ای، آبیاری قطره‌ای نواری راهکاری مناسب برای صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش بهره‌وری آن در دوره‌های خشکسالی خواهد بود.

کلیدواژه‌ها: آبیاری شیاری، آبیاری قطره‌ای نواری، بهینه‌سازی مصرف آب، عملکرد دانه، کم آبیاری.

مقدمه

با توجه به ارزش و محدودیت آب در بخش کشاورزی و خشکسالی‌های متناوب، صرفه‌جویی در مصرف و استفاده بهینه از آب موجود، لازم و ضروری به نظر می‌رسد. در شرایط محدودیت منابع آب و فراوانی نسبی اراضی، هدف اساسی بالابردن تولید به‌زای هر واحد آب مصرفی است. کم‌آبیاری روشی فنی و اقتصادی است که برای سامان بخشیدن به روابط آب مصرفی و عملکرد محصول مطرح است. در این روش به‌زراعی 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 مقرون‌به‌صرفه باشد (۱۰). استفاده از روش کم‌آبیاری مدیریت کارا و آگاهانه است که فقط با هدف بهبود راندمان آبیاری صورت نمی‌پذیرد، بلکه به دنبال کاهش مصارف غیرمفید و افزایش سهم مصارف مفید است (۴).

شیوه مدیریت مصرف آب در مزرعه، تأثیرگذارترین عامل بر عملکرد محصول در کشاورزی فاریاب است. فشار ناشی از کمبود آب در بخش کشاورزی، انگیزه یافتن راه‌هایی برای بهبود بهره‌وری آب و بهره‌برداری کامل از منابع آب در دسترس را افزایش داده است. به‌کارگیری روش‌های جدید آبیاری یکی از این راه‌هاست (۱۴). کاربرد شیوه‌های جدید آبیاری علاوه بر کاهش مصرف آب، افزایش عملکرد محصول را نیز در پی دارد (۱۷). در چند دهه گذشته امکان استفاده از روش‌های آبیاری قطره‌ای در محصولات مختلف زراعی بررسی و مشخص شده که آبیاری قطره‌ای قادر به کاهش آب مصرفی و افزایش بهره‌وری آب در محصولات مختلف است (۱۵).

در تحقیقی اثر تنش خشکی در سه مرحله بررسی شد: قبل از گل‌دهی، زمان گل‌دهی و زمان پرشدن دانه‌های ذرت. نتایج حاصل حاکی از آن است که تنش خشکی در هر یک از مراحل فوق باعث کاهش معنادار عملکرد می‌شود، ولی

تنش در مرحله گل‌دهی بیشترین خسارت (کاهش ۴۲ درصدی) را بر عملکرد دانه دارد. تنش در مرحله پرشدن دانه ۱۵/۸ درصد و در مرحله قبل از گل‌دهی ۱۲/۵ درصد کاهش عملکرد دانه را به همراه داشت (۲۱).

در تحقیق دیگری تأثیر سیستم آبیاری قطره‌ای نواری و آبیاری سطحی از طریق سطوح مختلف آبیاری، بر عملکرد ذرت مقایسه و مشخص شد که در روش آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به روش سطحی، عملکرد دانه ۲۰۱۵ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت و بهره‌وری آب سه برابر شد (۵).

در مقایسه دو سیستم آبیاری بارانی و قطره‌ای نواری، مشخص شد که کاربرد آبیاری قطره‌ای نواری باعث ۵ درصد افزایش در تولید محصول ذرت شد (۲۶). در بررسی اثر دوره‌های آبیاری سه، چهار، پنج و شش روزه با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای نواری بر عملکرد گیاه ذرت دانه‌ای مشخص شد که بیشترین عملکرد محصول در دوره آبیاری سه روزه ۱۲/۸۵ تن در هکتار بوده است. از لحاظ تجزیه و تحلیل آماری، اختلاف معناداری بین دوره‌های آبیاری سه و چهار روزه مشاهده نشد. لذا، هر چه دوره آبیاری بیشتر شود، عملکرد محصول کاهش می‌یابد. اختلاف در دوره‌های آبیاری با رشد گیاه نیز در ارتباط است؛ هر چه به پایان دوره رشد گیاه نزدیک می‌شویم، با رشد ریشه و استفاده آن از آب موجود در اعماق خاک، اختلاف معناداری از لحاظ عملکرد در دوره‌های آبیاری در طول فصل رشد گیاه ایجاد می‌شود (۲۳). در تحقیقی، عملکرد و بهره‌وری آب در ذرت دانه‌ای با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای (تیپ) و نواری در شهر قزوین بررسی و میزان آب مصرفی ذرت در طول فصل رشد بین ۶۳۸۶ تا ۸۴۹۴ مترمکعب، حداکثر بهره‌وری آب ۳/۷۵ کیلوگرم بر مترمکعب و عملکرد ۱۲۴۹ کیلوگرم در هکتار گزارش شد (۱۱).

در این تحقیق به بررسی اثر سطوح مختلف آبیاری

مدیریت آب و آبیاری

تأثیر آبیاری شیاری و قطره‌ای در شرایط اعمال سطوح مختلف آبیاری، بر عملکرد ذرت دانه‌ای در کرمان

میانگین بارندگی ۱۵۴/۱ میلی‌متر، میانگین رطوبت نسبی سالانه ۳۲ درصد و اقلیم منطقه بر اساس روش دومارتن، نیمه‌خشک تعیین شده است (۳). منطقه دارای خاکی غیرشور، غیرسدیمی با pH معمولی، و بافت خوب است؛ اما، افق زیرین بافت رسی دارد و باید نفوذپذیری کمتری داشته باشد. آب آبیاری با pH معمولی، شوری ۱/۳ دسی‌زیمنس بر متر و SAR برابر با ۳/۴۱ مناسب آبیاری گیاه ذرت است. خصوصیات فیزیکی-شیمیایی خاک منطقه در جدول ۱ و خصوصیات شیمیایی آب آبیاری در جدول ۲ آمده است.

شیاری و قطره‌ای نواری بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای در منطقه کرمان پرداخته‌ایم.

مواد و روش‌ها

محل اجرا

این پژوهش در اراضی ایستگاه شهید زنده روح مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان در جاده جویبار (۲۰ کیلومتری جنوب کرمان) با ۵۷ درجه و ۵ دقیقه طول شرقی، ۳۰ درجه و ۱۷ دقیقه و ۳۰ ثانیه عرض شمالی و ۱۸۱۹ متر ارتفاع از سطح دریا، در سال زراعی ۱۳۹۲ اجرا شد. بر اساس اطلاعات اقلیمی سال‌های ۱۳۳۱ تا ۱۳۸۴، میانگین دما در منطقه ۱۷/۱ درجه سانتی‌گراد،

جدول ۱. نتایج تجزیه فیزیکی-شیمیایی خاک منطقه

EC (dS m ⁻¹)	pH	SAR	عناصر خاک (%)				بافت خاک	ذرات خاک (%)			عمق خاک (cm)
			Ca	Mg	Na	K		رس	سیلت	شن	
۱/۳	۷/۶	۱/۷	۶/۹	۷	۴/۵	۱۲	لوم سیلتی	۴	۵۵	۴۱	۰-۲۰
۱/۱	۷/۲	۲/۲	۱۱	۱۰/۱	۷	۹/۳	رسی	۹	۳۲	۵۹	۲۰-۴۰

جدول ۲. خصوصیات شیمیایی آب آبیاری در طرح

pH	Ec (dS m ⁻¹)	آنیون‌ها (meq l ⁻¹)				کاتیون‌ها (meq l ⁻¹)					
		CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Fe ²⁺	Mn ²⁺
۶/۹	۱/۳	-	۵/۱	۹/۷۱	۲۱/۸	۱۴/۴	۱/۴	-	۹/۶	۷/۸	۴/۱

در قالب کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اعمال شد. هر کرت ۳ متر عرض، ۶ متر طول و پنج ردیف داشت. فاصله بین ردیف‌ها ۰/۵ متر، فاصله بین بوته‌ها ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بین تکرارها ۱/۵ متر بود. برای آماده‌سازی زمین، شخم اولیه در دی ماه و شخم ثانویه همراه با کودپاشی در اواسط بهمن

تحقیق در زمینی به وسعت ۵۱۰ مترمربع در قالب کرت‌های خردشده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل سه سطح آبیاری (آبیاری کامل، ۸۵ و ۷۰ درصد، به ترتیب با نمادهای I_۱، I_۲ و I_۳)، به عنوان عامل اصلی، دو روش آبیاری (شیاری و قطره‌ای نواری، به ترتیب با نمادهای S_۱ و S_۲) به عنوان عامل فرعی،

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۶ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۵

تاریخ ۱۵ اردیبهشت ۱۳۹۲، عملیات پیاده‌سازی لوله‌های تیپ و اعمال تیمارهای آبیاری شروع شد.

محاسبه نیاز آبی گیاه

اطلاعات هواشناسی مورد نیاز از ایستگاه هواشناسی فرودگاه کرمان تهیه و نیاز آبی گیاه با استفاده از فرمول فائو- پنمن-مانتیش (رابطه ۱) و با اعمال ضریب گیاهی (رابطه ۲) تعیین شد (۱۳).

ماه ۱۳۹۱ انجام شد. بر اساس نتایج تجزیه خاک، ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم و ۱۵۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات تریپل قبل از کاشت و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در مراحل مختلف رشد به‌طور یکسان به تمامی قطعات آزمایش داده شد. پس از یک نوبت غرقاب زمین، در تاریخ ۲۵ فروردین ۱۳۹۲، بذرت سینگل کراس ۷۰۴ با فاصله ۱۵ سانتی‌متر کاشته و پس از چهار تا پنج برگی با وجین دستی، فاصله بوته‌ها به ۳۰ سانتی‌متر افزایش یافت (تراکم ۶۷۰۰۰ بوته در هکتار). در

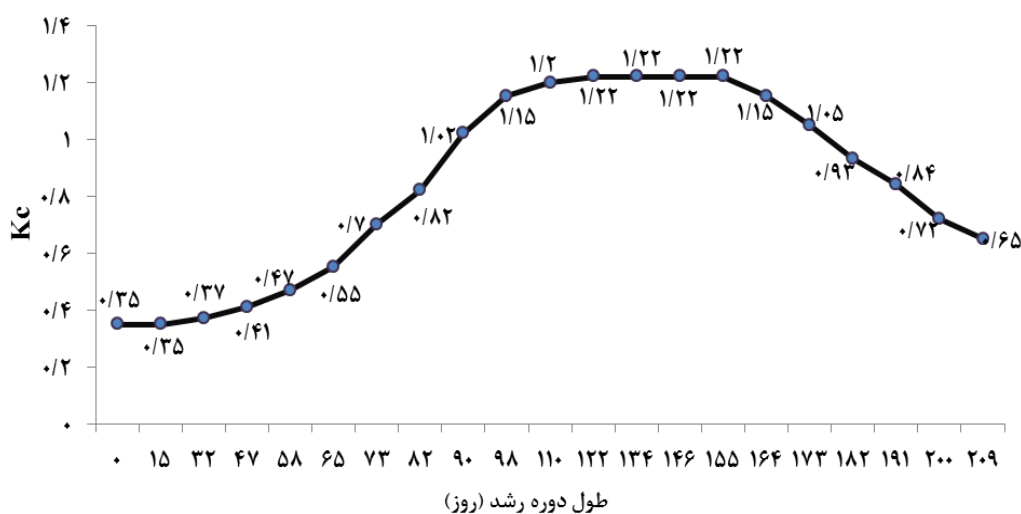
$$ET_o = \frac{0.408 \times \Delta \times (R_n - G) + [900 \times \gamma / (T + 273)] \times U_2 \times (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \times (1 + 0.34 \times U_2)} \quad (1)$$

که در آن ET_o تبخیر و تعرق گیاه مرجع (mm day^{-1})، Δ شیب منحنی فشار بخار ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$)، R_n تابش خالص در سطح پوشش گیاهی ($\text{Mj m}^{-2} \text{d}^{-1}$)، G شار گرمایی به داخل خاک ($\text{Mj m}^{-2} \text{d}^{-1}$)، γ ضریب رطوبتی ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$)، T متوسط دمای هوا در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین ($^\circ\text{C}$)، U_2 سرعت باد در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین (m s^{-1}) و $e_s - e_a$ کمبود فشار بخار آب (kPa) است.

$$ET_{crop} = K_c \times (ET_o) \quad (2)$$

که در آن ET_{crop} تبخیر-تعرق گیاه مورد نظر، K_c ضریب گیاهی (شکل ۱) و ET_o تبخیر-تعرق گیاه مرجع است.

شکل ۱. منحنی تغییرات ضریب گیاهی ذرت دانه‌ای در طول فصل رشد (۶)



شکل ۱. منحنی تغییرات ضریب گیاهی ذرت دانه‌ای در طول فصل رشد (۶)

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۶ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۵

تأثیر آبیاری شیاری و قطره‌ای در شرایط اعمال سطوح مختلف آبیاری، بر عملکرد ذرت دانه‌ای در کرمان

تبخیر- تعرق روزانه گیاه در آبیاری قطره‌ای از رابطه (۳) محاسبه شد (۹).

$$Td = ET_{crop} [0.1 \times (pd)^{0.5}] \quad (3)$$

که در آن Td نیاز آبی روزانه در آبیاری قطره‌ای، ET_{crop} مقدار تبخیر- تعرق گیاه مورد نظر و Pd درصد سطح سایه‌انداز گیاه است.

درصد سطح سایه‌انداز عبارت است از سطح سایه‌انداز گیاه هنگام ظهر، نسبت به سطح زمین متعلق به هر گیاه که حداکثر مقدار آن ۱۰۰ درصد است. اندازه‌گیری‌های لازم برای محاسبه سطح سایه‌انداز در مراحل مختلف رشد گیاه در مزرعه انجام شد. در مرحله رشد اولیه به دلیل کم‌بودن سطح سایه‌انداز گیاه به جای آن از سطح خیس شده خاک در اثر آبیاری استفاده شد.

ارتفاع ناخالص آب آبیاری با استفاده از رابطه (۴) محاسبه شد.

$$dg = \frac{Td}{Ea} \times 100 \quad (4)$$

که در آن dg ارتفاع ناخالص آب آبیاری و Ea راندمان کاربرد آب در سامانه آبیاری است.

بر اساس نمونه‌برداری‌های انجام شده، راندمان کاربرد آب در مزرعه در سامانه آبیاری شیاری ۷۵ درصد و در

سامانه آبیاری قطره‌ای نواری ۹۰ درصد در نظر گرفته شد. حجم ناخالص آب مورد نیاز هر بوته در روز، از رابطه (۵) به دست آمد (۹).

$$G = K \times \frac{dg}{f} \times SP \times sr \quad (5)$$

که در آن G حجم ناخالص آب مورد نیاز هر بوته در هر روز ($l \text{ day}^{-1}$)، f دور آبیاری (day)، Sp فاصله ردیف‌ها (m)، dg ارتفاع ناخالص آب آبیاری (mm)، Sr فاصله بوته‌ها (m) و k ضریب مربوط به واحدهای مورد استفاده است که با توجه به واحدهای معرفی شده برای بقیه پارامترها، مقدار k در این رابطه برابر با ۱ بود. مقدار آب مورد نیاز با استفاده از رابطه (۶) محاسبه و با کنتور حجمی به هر کرت داده شد.

$$V = 3 \times N \times G \quad (6)$$

که در آن V حجم آب لازم برای عبور از هر کنتور (lit.)، N تعداد بوته‌ها در هر ردیف و G حجم آب مورد نیاز برای هر بوته (lit.) و عدد ۳ بیانگر تعداد تکرار متصل به هر کنتور است.

حجم آب آبیاری در سطوح مختلف آبیاری در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نواری و جوی و پشته‌ای در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳. حجم آب مصرفی در تیمارهای مختلف آبیاری (مترمکعب در هکتار)

تیمار	آبیاری قطره‌ای نواری			آبیاری شیاری		
	٪۷۰	٪۸۵	٪۱۰۰	٪۷۰	٪۸۵	٪۱۰۰
آب کاربردی	۶۸۶۰	۸۳۳۰	۹۸۰۰	۱۱۴۸۰	۱۳۹۴۰	۱۶۴۰۰

برای آبیاری قطره‌ای نواری سه نوبت در هفته و در آبیاری شیاری شش روز به دست آمد. در تاریخ ۱۵ مهر ۱۳۹۲ (۱۷۰ روز پس از کاشت) با حذف تأثیرات حاشیه‌ای،

برای محاسبه دوره آبیاری، ارتفاع خالص آب آبیاری (در آبیاری قطره‌ای نواری: Td و در آبیاری شیاری: d_i) بر تبخیر- تعرق به دست آمده تقسیم می‌شود. دوره آبیاری

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۶ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۵

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات مورد نظر در جدول‌های ۴ تا ۷ آمده است. بر اساس نتایج این جدول‌ها عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب گیاه به شرح زیر است.

۱. عملکرد (دانه)

بر اساس نتایج جدول ۴، عملکرد دانه گیاه (با ۱۴ درصد رطوبت) در سطح ۱ درصد تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری، سامانه آبیاری و اثر متقابل آن دو قرار گرفت. دو تیمار ۱۰۰ و ۸۵ درصد آبیاری کامل به ترتیب با عملکرد ۱۱۲۳۴ و ۱۰۶۸۵ کیلوگرم در هکتار (۴/۹ درصد اختلاف) در بهترین جایگاه آماری قرار دارد. تیمار ۷۰ درصد آبیاری کامل با اختلاف ۴۰/۴ درصدی نسبت به تیمار شاهد، ۶۶۹۸ کیلوگرم در هکتار عملکرد داشت (جدول ۵).

در تحقیقی، ذرت دانه‌ای در تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری کامل با عملکرد ۱۱۲۱۷ کیلوگرم در هکتار، دارای بهترین عملکرد بود (۸) که با نتیجه این تحقیق همسوست. عملکرد تیمار ۸۵ درصد به دلیل آثار مثبت تنش ملایم در طول فصل رشد، بر اجزای عملکرد و اثرپذیری سایر اندام‌های گیاهی مرتبط با اجزای عملکرد بود (۲۸).

دلیل اختلاف عملکرد بین دو تیمار ۱۰۰ و ۷۰ درصد آبیاری کامل (بیش از ۴۰ درصد) اعمال کم آبیاری زیاد بود. کم آبیاری شدید باعث کاهش اندازه برگ، توقف رشد برگ و سطح فتوسنتز، کم شدن رشد و در نهایت کاهش عملکرد می‌شود (۲۵). مشابه این نتایج گزارش شده است (۱۶، ۲۰، ۲۲، ۲۳). عملکرد در آبیاری قطره‌ای نواری ۴۷ درصد نسبت به عملکرد به دست آمده از آبیاری شیاری افزایش داشت (جدول ۶).

برداشت محصول از ردیف‌های دو و سه با دست انجام شد. ده بوته از هر کرت انتخاب و تعداد ردیف‌ها و تعداد دانه در هر ردیف شمارش شد. وزن هزار دانه با (۱۴ درصد رطوبت) و کل وزن دانه با (۱۴ درصد رطوبت) در گیاه با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ گرم اندازه‌گیری و محاسبه شد. بهره‌وری آب از رابطه (۸) محاسبه شد (۲۵).

$$WUE = \frac{Y_T}{V_T} \quad (8)$$

که در آن WUE بهره‌وری آب، Y_T عملکرد دانه برداشت شده (با ۱۴ درصد رطوبت) و V_T حجم آب مصرفی است. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم افزار آماری MSTAT-C، رسم نمودارها با نرم افزار Excel و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج جدول ۳، آب کاربردی در آبیاری شیاری در هر سه سطح، ۴۰/۲۴ درصد بیش از آب کاربردی در آبیاری قطره‌ای نواری بود. نتایج مقایسه سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نواری و شیاری بر عملکرد ذرت در آمریکا نشان داد که مقدار آب آبیاری در آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به آبیاری شیاری ۴۳ درصد کاهش یافت (۱۹) که با نتیجه این تحقیق همخوانی دارد. در تحقیق دیگری، به منظور ارزیابی سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب در ذرت دانه‌ای در منطقه حاجی آباد استان هرمزگان با استفاده از آبیاری قطره‌ای نواری، مشخص شد که آب مصرفی در تیمارهای ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد آبیاری کامل به ترتیب ۱۰۸۰۰، ۸۶۰۰ و ۶۵۰۰ مترمکعب در هکتار بود (۸). اختلاف در آب مصرفی دو طرح، به دلایل تفاوت در آب و هوای مناطق است. دو سطح آبیاری ۱۰۰ و ۸۵ درصد آبیاری کامل در آبیاری شیاری به ترتیب با مصرف ۱۶۴۰۰ و ۱۳۹۴۰ مترمکعب آب در هکتار بالاترین آب مصرفی را داشت.

تأثیر آبیاری شیاری و قطره‌ای در شرایط اعمال سطوح مختلف آبیاری، بر عملکرد ذرت دانه‌ای در کرمان

جدول ۴. تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد (دانه)	بهره‌وری آب (دانه)	وزن هزاردانه	تعداد دانه در هر ردیف	تعداد ردیف دانه در بلا
تکرار	۲	۱۶۵۷۸	۰/۱۴۵	۱۲/۴	۲۱/۱	۱۸/۲
سطوح آبیاری A	۲	۲۸۷۴۳۲۵۶**	۰/۷۸۹**	۲۹۸۷/۲**	۳۲۵/۲**	۱۲۴/۲**
خطا (E1)	۴	۴۵۸۷۶۵	۰/۱۰۳	۷/۴	۱/۶	۰/۳
سامانه آبیاری B	۱	۱۱۸۷۹۵۳**	۰/۱۱۷**	۳۲۵/۱**	۱۴۵/۲**	۱۵/۱**
اثر متقابل A*B	۲	۲۸۷۴**	۰/۱۰۸**	۸۷/۲**	۲۲/۰ ^{ns}	۱۵/۰ ^{ns}
خطا (E2)	۶	۵۹۸۷	۰/۱	۰/۱	۲/۲	۰/۲

** و ns به ترتیب معنادار در سطح احتمال ۱ درصد و بدون معنا

جدول ۵. مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه تحت تأثیر تیمارهای عامل اصلی

تیمارها	عملکرد (دانه) (kg ha ⁻¹)	بهره‌وری آب (دانه) (kg m ⁻³)	وزن هزاردانه (gr)	تعداد دانه در هر ردیف	تعداد ردیف دانه در بلا
I1	۱۱۲۳۴ ^a	۰/۹۵۷ ^b	۳۱۴/۳ ^a	۵۳/۹ ^a	۲۳/۷ ^a
I2	۱۰۶۸۵ ^a	۱/۷۳ ^a	۳۰۲/۸ ^a	۵۰/۹ ^b	۲۱/۵ ^b
I3	۶۶۹۸ ^b	۰/۸۲۱ ^c	۲۶۶/۲ ^b	۴۱/۶ ^c	۱۵/۰ ^c
میانگین	۹۵۳۸	۰/۹۵	۲۹۴/۵	۴۸/۵	۱۹/۸

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن معنادار نیست.

در بهترین جایگاه آماری قرار گرفت. سطح آبیاری ۱۰۰ درصد در سامانه آبیاری شیاری با مصرف ۴۰/۲ درصد آب بیشتر، نسبت به سطح آبیاری ۱۰۰ درصد در سامانه آبیاری قطره‌ای نواری، ۳۰/۷ درصد عملکرد کمتری داشت. تیمار ۷۰ درصد آبیاری کامل در سامانه آبیاری شیاری از نظر عملکرد دانه، بهره‌وری آب و وزن هزاردانه در بدترین جایگاه آماری قرار دارد (جدول ۷).

گزارشی تحقیقی نشان داد که عملکرد ذرت دانه‌ای در آبیاری قطره‌ای نواری ۳۰ درصد بیش از عملکرد حاصل در آبیاری جوی پشته‌ای است، در حالی که مصرف آب در آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به آبیاری جوی پشته‌ای ۴۳ درصد کمتر بود (۱۹). نتایج این تحقیق با نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر، همخوانی دارد. دو سطح آبیاری ۱۰۰ و ۸۵ درصد آبیاری کامل اعمال شده در آبیاری قطره‌ای نواری با وجود اختلاف ۵۷۲ کیلوگرم در هکتار،

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۶ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۵

جدول ۶. مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه تحت تأثیر تیمارهای عامل فرعی

تیمارها	عملکرد (دانه) (kg ha ⁻¹)	بهره‌وری آب (kg m ⁻³)	وزن هزاردانه (gr)	تعداد دانه در هر ردیف	تعداد ردیف دانه در بلال
S1	۷۷۱۹ ^b	۰/۵۴۸ ^b	۲۸۶/۷ ^b	۴۶/۷ ^b	۱۸/۲ ^b
S2	۱۱۳۵۶ ^a	۱/۳۵۳ ^a	۳۰۲/۲ ^a	۵۱/۳ ^a	۲۱/۵ ^a
میانگین	۹۵۳۷	۰/۹۵	۲۹۴/۵	۴۸/۵	۱۹/۸

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن معنادار نیست

جدول ۷. مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه تحت تأثیر اثر متقابل دو عامل

تیمارها	عملکرد (دانه) (kg ha ⁻¹)	بهره‌وری آب (دانه) (kg m ⁻³)	وزن هزاردانه (gr)	تعداد دانه در هر ردیف	تعداد ردیف دانه در بلال
IIS1	۹۱۹۹ ^c	۰/۵۶۱ ^d	۳۰۶/۴ ^c	۵۱/۶ ^a	۲۱/۶ ^a
IIS2	۱۳۲۶۹ ^a	۱/۳۵۳ ^b	۳۲۲/۲ ^a	۵۶/۲ ^a	۲۴/۵ ^a
I2S1	۸۶۶۷ ^d	۰/۶۲۲ ^d	۲۹۳/۸ ^d	۴۷/۳ ^a	۱۹/۸ ^a
I2S2	۱۲۶۹۷ ^b	۱/۵۲۴ ^a	۳۱۱/۸ ^b	۵۲/۹ ^a	۲۳/۱ ^a
I3S1	۵۲۹۲ ^f	۰/۴۶۱ ^e	۲۵۹/۹ ^f	۳۹/۳ ^a	۱۴/۰ ^a
I3S2	۸۱۰۴ ^e	۱/۱۸۱ ^c	۲۷۲/۵ ^e	۴۴/۰ ^a	۱۶/۸ ^a
میانگین	۹۵۳۸	۰/۹۵	۲۹۴/۵	۴۸/۵	۱۹/۸

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن معنادار نیست

آماری در جایگاه دوم قرار دارد. تیمار ۷۰ درصد در آبیاری قطره‌ای نواری با بهره‌وری آب ۱/۱۸۱ کیلوگرم بر مترمکعب (با اختلاف ۲۳ درصد نسبت به تیمار ۸۵ درصد در آبیاری قطره‌ای نواری)، از لحاظ آماری در کلاس c و تیمار ۷۰ درصد آبیاری کامل در سیستم آبیاری شیاری با بهره‌وری آب ۰/۴۶۱ مترمکعب بر هکتار در کلاس e قرار گرفت. بنابراین، می‌توان به کارآمد بودن کم‌آبیاری در آبیاری قطره‌ای نواری در کشت ذرت دانه‌ای به‌منظور استفاده بهینه از هر واحد آب مصرفی و افزایش سود خالص و بهره‌وری آب اشاره کرد (۲). بهره‌وری آب در ذرت دانه‌ای ۳/۷۵ کیلوگرم بر مترمکعب (۱۱)، بین ۰/۹۲ تا

۲. بهره‌وری آب (دانه)

بهره‌وری آب (دانه) گیاه در سطح ۱ درصد تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری، سامانه آبیاری و اثر متقابل آن دو قرار گرفت (جدول ۴). تیمار ۸۵ درصد آبیاری کامل در آبیاری قطره‌ای نواری با بهره‌وری آب ۱/۵۲۴ کیلوگرم بر مترمکعب (با ۶۰ درصد اختلاف نسبت به تیمار ۸۵ درصد در آبیاری شیاری)، از لحاظ آماری در بهترین و تیمار ۱۰۰ درصد در آبیاری قطره‌ای نواری با بهره‌وری آب ۱/۳۵۳ کیلوگرم بر مترمکعب (با اختلاف ۱/۲ درصد نسبت به تیمار ۸۵ درصد در سیستم آبیاری قطره‌ای نواری) از لحاظ

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۶ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۵

شرایط تنش خشکی و کاهش وزن دانه است (۱۲). مشابه نتایج این تحقیق گزارش شده است (۱۸، ۲۴).

۴. تعداد دانه در هر ردیف

یکی از اجزای مهم عملکرد هیبریدهای تک‌باله ذرت، تعداد دانه در ردیف است. این صفت ممکن است بر اثر تأخیر در ظهور کاکل یا سقط جنین در اثر کمبود هیدرات‌های کربن کاهش یابد. البته، تنش‌های محیطی باعث کوتاه‌شدن دوره تمایز سنبلچه و منجر به کاهش تعداد سنبلچه در سنبله و در نهایت کاهش عملکرد می‌شود (۱۲). در این تحقیق، تعداد دانه در هر ردیف در سطح ۱ درصد تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و سامانه آبیاری قرار گرفت (جدول ۴). تیمار سطح آبیاری ۱۰۰ درصد آبیاری کامل با اختلاف ۷/۱۲ درصدی نسبت به تیمار ۸۵ درصد آبیاری کامل در کلاس a قرار گرفت. کم‌آبیاری شدید (تیمار ۷۰ درصد آبیاری کامل) بر این صفت باعث کاهش ۲۲/۸ درصدی تعداد دانه در هر ردیف شد. آبیاری قطره‌ای نواری با اختلاف ۹/۷ درصد نسبت به آبیاری شیاری، در شرایط بهتری قرار دارد. گزارش شده است که تنش شدید در مرحله گل‌دهی و اوایل پرشدن دانه باعث کم‌شدن تعداد دانه در ردیف بلال می‌شود (۱).

۵. تعداد ردیف دانه در بلال

تعداد ردیف دانه در بلال از دیگر اجزای تشکیل‌دهنده عملکرد ذرت دانه‌ای است و به‌منزله صفتی ارثی کمتر تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد و به رقم کشت شده بستگی دارد (۲۷). در این تحقیق، تعداد ردیف دانه در بلال در سطح ۱ درصد تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و سامانه آبیاری قرار گرفت (جدول ۴). آبیاری ۱۰۰ درصد آبیاری کامل با اختلاف ۶/۸ و ۳۵/۱۱ درصدی به ترتیب نسبت به تیمار ۸۵ و ۷۰ درصد آبیاری کامل در صفت

۱/۵۴۳ کیلوگرم بر مترمکعب (۷)، در عملکرد علوفه خشک ۲/۶۷، در عملکرد زیست‌توده ۶/۰۲ و در عملکرد دانه ۲/۱۳ کیلوگرم در مترمکعب (۷) گزارش شده است.

۳. وزن هزاردانه

بر اساس نتایج جدول ۵، مشخص می‌شود که تیمارهای ۱۰۰ و ۸۵ درصد آبیاری کامل به ترتیب با وزن هزاردانه ۳۱۴ و ۳۰۳ گرم (با اختلاف ۳/۶ درصد) در کلاس a و تیمار ۷۰ درصد آبیاری کامل با اختلاف ۱۵/۳ درصدی نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری کامل در کلاس b قرار دارد. در مقایسه سه سطح آبیاری قطره‌ای نواری در کشت ذرت دانه‌ای در منطقه حاجی‌آباد استان هرمزگان مشخص شد که تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری کامل با وزن هزاردانه برابر با ۳۱۱ گرم بالاترین وزن هزاردانه و بهترین جایگاه آماری را داشت (۸). با توجه به نتایج این تحقیق، بالاترین وزن هزاردانه در کشت ذرت دانه‌ای زمانی حاصل می‌شود که آبیاری کامل گیاه تأمین شود. مقایسه میانگین وزن هزاردانه ذرت دانه‌ای تحت تأثیر سامانه آبیاری با آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد در جدول ۶ آمده است. با توجه به جدول ۶، وزن هزاردانه در آبیاری قطره‌ای نواری به میزان ۵/۱۲ درصد نسبت به وزن هزاردانه در آبیاری شیاری بیشتر است. اثر سطوح آبیاری، سامانه آبیاری و تأثیر متقابل عوامل اصلی و فرعی بر این صفت معنادار بود (جدول ۴). تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری کامل در آبیاری قطره‌ای نواری با اختلاف ۳/۲۳ درصد نسبت به تیمار ۸۰ درصد آبیاری کامل در آبیاری قطره‌ای نواری در بهترین و تیمار ۷۰ درصد آبیاری کامل در آبیاری شیاری با وزن هزاردانه ۲۶۰ گرم (با اختلاف ۱۹/۴ درصد) نسبت به بهترین تیمار) در بدترین جایگاه آماری قرار دارد. مهم‌ترین عامل کاهش وزن هزاردانه در شرایط کم‌آبی، کوتاه‌شدن دوره پرشدن دانه، کاهش عرضه مواد پرورده به گیاه تحت

آب، ۱۵/۳ درصدی وزن هزاردانه، ۲۲/۸ درصدی تعداد دانه در هر ردیف، ۳۵/۱۱ درصدی تعداد ردیف دانه در بلال شد و صرفه‌جویی ۲۹۴۰ مترمکعب در هکتار آب (۳۰ درصد آب مصرفی) را در پی داشت. بررسی شاخص‌های مختلف از جمله عملکرد محصول، وزن هزاردانه، تعداد دانه در هر ردیف، تعداد ردیف دانه در بلال و بهره‌وری آب گویای برتری سامانه آبیاری قطره‌ای نواری بر آبیاری شیاری در کشت ذرت دانه‌ای است.

منابع

۱. آذری ا. برومند نسب س. بهزادی م. و معیری م. (۱۳۸۶) بررسی عملکرد گیاه ذرت در روش آبیاری قطره‌ای نواری، علمی کشاورزی. ۳۰: ۸۱-۸۸.
۲. اکبری د. میرزایی غ. ر. و تشکری ع. (۱۳۸۴) تأثیر کم‌آبیاری بر عملکرد محصول پنبه در شرق استان مازندران. خشکی و خشک‌سالی. ۱۵: ۱-۶.
۳. بختیاری ب. لیاقت ع. م. خلیلی ع. و خانجانی م. ج. (۱۳۸۸) ارزیابی دو مدل ترکیبی برآورد تبخیر-تعرق مرجع چمن در بازه زمانی ساعتی (مطالعه موردی اقلیم کرمان). علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک ۱۳(۵۰): ۱۳-۲۶.
۴. توکلی ع. (۱۳۹۲) کم‌آبیاری و مدیریت آبیاری تکمیلی گندم آبی و دیم در شهرستان سلسله. پژوهش آب در کشاورزی ۲۷(۴): ۵۸۹-۶۰۰.
۵. 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، تهران، ۶ تا ۹ شهریور.

تعداد ردیف دانه در بلال (۲۳/۷ ردیف) در کلاس a قرارگرفت (جدول ۵). آبیاری قطره‌ای نواری با اختلاف ۱۵/۶ درصد نسبت به تیمار آبیاری شیاری، در شرایط بهتری قرارگرفت. گزارش شده که تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری کامل با تعداد ۲۱/۱۷ عدد ردیف دانه در بلال بالاترین ردیف دانه در بلال و بهترین جایگاه آماری را داراست (۸). نتایج حاصل از این تحقیق با آن همخوانی دارد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این تحقیق، سطوح آبیاری ۱۰۰، ۸۵ و ۷۰ درصد آبیاری کامل در آبیاری قطره‌ای نواری در کشت ذرت دانه‌ای، عملکرد خوبی به‌ترتیب به مقدار ۱۳۲۶۹، ۱۲۶۹۷ و ۸۱۰۴ کیلوگرم در هکتار داشت. در آبیاری شیاری این سطوح آبیاری از عملکردی به‌ترتیب برابر ۹۱۹۹، ۸۶۶۷ و ۵۲۹۲ کیلوگرم در هکتار برخوردار بود؛ بنابراین، در آبیاری قطره‌ای نواری سه سطح مذکور به‌ترتیب ۴۴، ۴۶/۵ و ۵۳ درصد عملکرد بهتری نسبت به آبیاری شیاری داشت. بهره‌وری آب، وزن هزاردانه، تعداد دانه در هر ردیف و تعداد ردیف دانه در بلال در آبیاری قطره‌ای نواری به‌ترتیب ۵۹/۵، ۵/۱۲، ۹/۷ و ۱۵/۶ درصد نسبت به آبیاری شیاری بیشتر بود. تیمار ۸۵ درصد آبیاری کامل در آبیاری قطره‌ای نواری در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری کامل در این سامانه سبب کاهش ۴/۹ درصدی عملکرد محصول، ۳/۶ درصدی وزن هزاردانه، ۷/۱ درصدی تعداد دانه در هر ردیف، و ۶/۸ درصدی تعداد ردیف دانه در بلال شد. افزایش ۱۰/۵ درصدی بهره‌وری آب و صرفه‌جویی ۱۴۷۰ مترمکعب در هکتار آب (۱۵ درصد آب مصرفی) را دربرداشت. تیمار ۷۰ درصد آبیاری کامل در سامانه آبیاری قطره‌ای نواری در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری کامل در همین سامانه سبب کاهش ۴۰/۴ درصدی عملکرد محصول، ۱۴/۲ درصدی بهره‌وری

مدیریت آب و آبیاری

13. Allen R.G. Pereira L.S. Raes D. and Smith M. (1998) Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. FAO, Rome, Italy. 333p.
14. Al-Omran A.M. Sheta A.S. Falatah A.M. and Al-Harbi A.R. (2005) Effect of drip irrigation on squash (*Cucurbita pepo*) yield and water-use efficiency in sandy calcareous soils amended with clay deposits. *Agricultural Water Management*. 73(1): 43-56.
15. Bronson K.F. Onken A.B. Keeling J.W. Booker, J.D. and Torbert H.A. (2006) Nitrogen response in cotton as affected by tillage system and irrigation level. *Soil Science Society American Journal*. 65: 1153-1163.
16. Cakir R. (2004) Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops*. 89: 1-16.
17. Cetin O. and Bilget L. (2002) Effects of different irrigation methods on shedding and yield of Cotton, *Agricultural Water Management*. 54: 1-15.
18. Cheong M. Kim N. Pandey G. Gupta R. Grant J. and Luan S. (2003) Calcium sense that differentially regulates salt, drought, and cold responses in *Arabidopsis*, *The Plant Cell*. 15: 1833-1845.
19. Clark R.N. (1979) Furrow, Sprinkler and drip irrigation efficiencies in corn, *ASAE paper*. 79: 11-21.
20. Hernandez B. Avila C. Olan J. Lopez J. 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.
۶. رضایی استخروویه ع. (۱۳۹۱) بررسی تأثیر کم‌آبیاری (DI) و خشکی موضعی ریشه (PRD) بر اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب (WUE) گیاه ذرت. دانشگاه شهید چمران. اهواز. پایان‌نامه دکتري. ۱۷۳ص.
۷. رضایی استخروویه ع. هوشمند ع. برومندنسب س. و خانجانی م.ج. (۱۳۹۳) کارایی مصرف آب و شاخص برداشت ذرت دانه‌ای تحت تأثیر خشکی موضعی ریشه در منطقه کرمان. پژوهش آب ایران. ۱۵: ۱۰۳-۱۱۳.
۸. شهبواری گوغری م. (۱۳۹۲) ارزیابی سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان. کرمان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. ۱۲۰ص.
۹. علیزاده ا. (۱۳۸۵) طراحی سیستم‌های آبیاری. انتشارات دانشگاه امام رضا. مشهد. ۳۶۷ص.
۱۰. قربانی ق. و هزارجریبی ا. (۱۳۸۷) اثرات کمبود آب آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام پنبه. آبیاری و زهکشی ایران. ۲: ۵۳-۵۹.
۱۱. کریمی م. و یوسف گمرکچی ا. (۱۳۸۶) بررسی عملکرد و کارایی مصرف آب آبیاری ذرت دانه‌ای در کشت یک و دو ردیفه در سیستم آبیاری قطره‌ای (تیپ) و سطحی. آبیاری و زهکشی ایران، ۱(۲): ۳۱-۲۱.
۱۲. مجیدیان م. فلاوندی ع. حقیقی ک. و کریمیان ن. (۱۳۸۷) اثر تنش خشکی، کود شیمیایی نیتروژن و کود آلی بر قرائت کلروفیل‌متر، عملکرد دانه و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۷۰۴. علوم زراعی ایران. ۱۰: ۳۰۳-۳۳۰.

21. Jaafari P. and Imani M.R. (2004) Study of drought stress and plant density on yield and some agronomical traits of maize KSC 301. Abstracts of the 8th. Italian Congress of Crop Sciences. College of Agriculture, University of Guilan, Room. 235p.
22. 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.
23. Oktem A. Simsek M. and Oktem G. (2003) Deficit irrigation effects on sweet corn (*zea Mays saccharata sturt*) with drip irrigation system in a Irrigation, Water Yield Relationship. Agricultural Water Management. 61: 63-74.
24. Osborne S. Schepers S. Franas D. and Schlcme M. (2002) Use of spectral radiance to in-scason biomass and grain yield in nitrogen and water stressed corn. Crop Science. 42: 165-186.
25. 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.
26. Safontas J.E. and Dipaola J.C. (1985) Drip irrigation of maize. In Proz. Of the 3rd Int. Drip/Trickle Irrigation Congress. 2: 575-578. St. Joseph Mich.: ASAE.
27. Shakarami G. and Rafiee M. (2009) Response of corn to planting pattern and density in Iran. American-Eurasian Agricultural and Environ. 5: 69-73.
28. White S.C. and Raine S. (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.