

اثرات کم آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد و تعیین بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای در ایستگاه اسلام آباد غرب

سیدعلی اشرف صدرالدینی، محمدامین پرندین^{۱*} و امیرحسین ناظمی

استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

sadraddini1338@gmail.com

دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

amin_parandin@yahoo.com

استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

ahnazemi@yahoo.com

چکیده

به منظور تعیین واکنش گیاه ذرت دانه‌ای نسبت به استراتژی کم آبیاری و تأثیر آن بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای در منطقه اسلام آباد غرب تحت آبیاری جویچه‌ای و همچنین تعیین بهره‌وری آب، پژوهشی در اطراف ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان اسلام آباد غرب انجام شد. طرح آماری پژوهش، بلوک کامل تصادفی (طرح آماری تجزیه ساده سالانه و تجزیه مرکب دوساله) بود و برای دو سال زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ اجرا شد. تیمارها شامل آبیاری به میزان ۱۰۰٪، ۷۵٪، ۵۰٪ و ۲۵٪ نیاز آبی به روش آبیاری جویچه‌ای و در سه تکرار بود. برای کاشت ذرت از رقم سینگل کراس ۷۰۴ استفاده شد. مقایسه تیمارهای مختلف با در نظر گرفتن هفت پارامتر اجزای عملکرد با استفاده از تجزیه واریانس (ANOVA) انجام شد نتایج نشان داد که صفت وزن دانه بلال‌ها در تیمار ۱۰۰٪ نیاز آبی نسبت به سایر تیمارها برتری معنی‌داری داشت و برای صفات وزن کل بلال‌ها، طول بلال‌ها، تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف بلال‌ها، وزن چوب و وزن هزار دانه بلال‌ها بین تیمارهای ۱۰۰٪ نیاز آبی و ۷۵٪ نیاز آبی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد در حالی که دو تیمار دیگر در کلیه صفات با تیمارهای اول و دوم تفاوت معنی‌داری داشتند. در خصوص بهره‌وری آب برای وزن کل و وزن دانه‌های بلال‌ها، تیمار ۷۵٪ نیاز آبی نسبت به سایر تیمارهای برتر بود و با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت. در تیمار آبیاری به میزان ۷۵٪ نیاز آبی، بهره‌وری آب بر اساس وزن کل بلال‌ها ۰/۸ کیلوگرم در مترمکعب و بر اساس وزن دانه بلال‌ها ۰/۶۲ کیلوگرم در مترمکعب بود و به ترتیب ۱۷٪ و ۱۳٪ نسبت به آبیاری کامل افزایش داشت. نتایج نشان داد بیشترین بهره‌وری آب زمانی روی می‌دهد که آبیاری به میزان ۷۱٪ تا ۷۲٪ نیاز آبی انجام شود و لذا برای افزایش بهره‌وری آب بهتر است حدود ۳۰٪ از نیاز آبی محاسبه شده را کاهش داد. لازم به ذکر است که کم آبیاری می‌تواند منجر به افزایش شوری (انباشت املاح آب) در خاک منطقه ریشه‌دوانی گیاه شود.

واژه‌های کلیدی آبیاری جویچه‌ای، تنش خشکی، راندمان آبیاری، نیاز آبی

^۱ - آدرس نویسنده مسئول: گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، آذربایجان شرقی

*- دریافت: آذر ماه ۹۷ و پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۸

مقدمه

کم آبیاری یک استراتژی بهینه برای بعمل آوردن محصولات تحت شرایط کمبود آب است که همراه با کاهش محصول می‌باشد. کم آبیاری به نامهای دیگری همچون آبیاری بخشی و ناقص، کم آبیاری تنظیم شده، آبیاری محدود و غیره نیز خوانده می‌شود (خیرابی و همکاران، ۱۳۷۵). در حقیقت کم آبیاری عبارت است از مصرف عامدانه و عالمانه کمتر آب، به منظور افزایش تولید در مجموعه اراضی تحت پوشش و یا به عبارت ساده‌تر می‌توان گفت کم آبیاری عبارت است از استفاده بیشتر و بهتر از واحد حجم آب می‌باشد (سپاسخواه، ۱۳۸۵).

هدف اصلی از اجرای کم آبیاری افزایش کارایی کاربرد آب چه از طریق کاهش تلفات آب آبیاری در هر نوبت و یا حذف آبیاری‌هایی است که کمترین بازدهی برای تولید محصول را دارند. هرگاه منابع آب محدود بوده و یا هزینه‌های آب بالا باشد، بهره‌وری آب (از نظر اقتصادی) در حالت تولید بیشینه محصول کمتر خواهد بود. هنگامی که مشکلاتی از نظر تأمین سرمایه، انرژی، نیروی کارگر و یا منابع حیاتی دیگر وجود داشته باشد یا هنگامی که هزینه‌های این گونه منابع بالا باشد، استفاده از کم آبیاری می‌تواند در افزایش سود مفید واقع شود. کم آبیاری برای گسترش سطح کشت و به حداکثر رساندن و یا تثبیت تولید محصولات یک منطقه نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد (خیرابی و همکاران، ۱۳۷۵).

مادح خاکسار و همکاران (۱۳۹۳) برای ارزیابی اثر همزمان کم آبیاری و تنش قطع آبیاری، بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی مؤثر بر عملکرد ذرت دانه‌ای تحقیقی انجام دادند. پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان اجرا شد. عوامل پژوهش شامل تأمین نیازآبی در سه سطح (تأمین ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیازآبی کامل گیاه ذرت) و تیمار قطع آب در مراحل مختلف، رشد در پنج سطح (بدون قطع آب در طول

دوره رشد (شاهد) و یک بار قطع آب در مرحله هشت-برگی، دوازده برگی، گرده افشانی و شیرگی) بودند. نتایج تحقیق نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری کامل و بدون تنش قطع آب و کمترین مقدار آن در تیمار ۶۰ درصد آبیاری کامل و تنش قطع آب در مرحله گلدهی به دست آمد. اکبری نودهی (۱۳۹۳) در مطالعه‌ای تأثیر روش‌های آبیاری جویچه‌ای و کم آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت، طرحی در قالب اسپلیت پلات با سه تکرار به مدت دو سال در مرکز تحقیقات کشاورزی مازندران بررسی نمود. تیمارها شامل سه سطح آبیاری ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیازآبی، به عنوان تیمارهای اصلی و سه تیمار آبیاری یک‌درمیان ثابت، یک‌درمیان متناوب و آبیاری کامل جویچه‌ها به عنوان تیمارهای فرعی بوده است. نتایج حاصل از تجزیه آماری داده‌های دو سال آزمایش نشان داد که تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی با آبیاری کامل جویچه‌ها بیشترین و تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی با آبیاری یک‌درمیان ثابت جویچه‌ها کمترین عملکرد ذرت علوفه‌ای را به خود اختصاص داده‌اند. بیشترین کارایی مصرف آب در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی با آبیاری یک‌درمیان ثابت جویچه‌ها و کمترین مقدار کارایی مصرف آب مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد نیازآبی با آبیاری کامل جویچه‌ها بودند. آقایاری و همکاران (۱۳۹۵) نیز جهت بررسی اثر کم آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت، آزمایشی به صورت فاکتوریل اسپلیت پلات در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج انجام دادند. کم آبیاری در سه سطح شامل آبیاری بر اساس ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیازآبی گیاه و روش‌های آبیاری جویچه‌ای در دو سطح شامل آبیاری تمام جویچه‌ای و جویچه‌ای موضعی (یک‌درمیان ثابت) به صورت فاکتوریل در کرتها‌ی اصلی قرار گرفت. عملکرد دانه در روش آبیاری جویچه‌ای موضعی نسبت به روش تمام جویچه‌ای در شرایط آبیاری با ۱۰۰ درصد نیازآبی، به طور معنی‌داری و به میزان ۳۸/۵ درصد کاهش یافت. در صورتی که اختلاف عملکرد دانه در بین دو روش آبیاری موضعی

اجزای عملکرد ذرت داشت، بطوری که با افزایش تنش صفاتی نظیر عملکرد دانه، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف بلال، تعداد دانه در هر بلال، وزن هزار دانه، طول دانه ذرت، طول بلال و... کاهش یافت. قاضیان تفریسی و همکاران (۱۳۹۲) نشان دادند که کم آبیاری سبب کاهش معنی دار کلیه صفات مورد ارزیابی در ذرت به جز شاخص برداشت می شود و بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار آبیاری تامین ۱۰۰ درصد نیازآبی و کمترین عملکرد مربوط به تیمار تأمین ۶۰ درصد نیازآبی بوده و کم آبیاری اجزای عملکرد و عملکرد دانه همه ارقام را کاهش می دهد. عابدی کوبائی و همکاران (۱۳۹۳) نتیجه گرفتند که اعمال تنش رطوبتی باعث کاهش ۶ تا ۶۲ درصدی عملکرد دانه ذرت گردیده و همچنین سایر صفات زراعی ذرت به جز درصد پروتئین را نیز کاهش داد.

کاکر (۲۰۰۴) نشان داد که تأثیر حذف آبیاری در مراحل کاکل دهی و تشکیل چوب ذرت، روی عملکرد و پارامترهای رویشی معنی دار و باعث کاهش ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ می شود. امام و رنجبر (۱۳۷۹) با اعمال کم آبیاری بر ذرت دانه ای به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی تأثیری بر وزن چوب بلال ندارد. نتایج به دست آمده توسط رضاوودی نژاد و همکاران (۱۳۸۵) نشان دادند که کلیه صفات عملکرد محصول ذرت دانه ای با افزایش تنش آبی کاهش می یابد.

باتوجه به اهمیت کشت ذرت دانه ای در کشور و مصارف آن در تولید روغن مایع خوراکی و تأمین دان مرغی و با توجه به چالش های موجود در کشور و منطقه در رابطه با محدودیت منابع آب، این تحقیق با هدف بررسی واکنش گیاه ذرت دانه ای که نیازآبی بالایی دارد نسبت به استراتژی کم آبیاری انجام شده است. تأثیر کم آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه ای در منطقه اسلام آباد غرب تحت آبیاری جویچه ای و تعیین بهره وری مصرف آب تحت تنش آبی از اهداف این پژوهش می باشد

و تمام جویچه ای در شرایط آبیاری با ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی معنی دار نبود. لام و همکاران (۱۹۹۵) در کانزاس آمریکا با مطالعه آب مورد نیاز آبیاری قطره ای زیرسطحی در مزرعه ای با خاک سیلتی - لومی در کشت ذرت گزارش کردند که با کاهش ۲۵ درصدی آب مورد نیاز گیاه عملکرد در مقدار حداکثر خود به میزان ۱۲/۵ تن در هکتار باقی می ماند. انگلیش و راجا (۱۹۹۶) طی تحقیقی در زیمبابوه نشان دادند که با ۵۹ درصد کاهش آب مصرفی ذرت و با افزایش سطح زیر کشت با آب مازاد، تولید کل ۶۸ درصد افزایش داشت. ادمیدز و همکاران (۱۹۹۸) اظهار داشتند که تنش خشکی عملکرد ذرت را به طور متوسط ۱۷ درصد کاهش می دهد اما بسته به شدت و زمان وقوع خشکی، این کاهش عملکرد به ۸۰ درصد هم می رسد. یازار و همکاران (۱۹۹۹) اثر شش سطح آبیاری را در ذرت مورد مطالعه قرار دادند و بیان داشتند تیماری که ۸۰ درصد از آب مصرفی را دریافت کرده بود، دارای بیشترین عملکرد ماده خشک بود. پاندی و همکاران (۲۰۰۰) طی آزمایشی با اعمال کم آبیاری در طی دوره رشد ذرت به این نتیجه رسیدند که کمبود شدید آب باعث کاهش ماده خشک گیاه می شود. چن و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که افزایش میزان آبیاری منجر به اخذ محصول بیشتر است، اما مقدار آب مورد نیاز برای به دست آوردن حداکثر بهره وری آب بسیار کمتر از میزان آب مورد نیاز برای حصول حداکثر عملکرد دانه می باشد. پایرو و همکاران (۲۰۰۸) گزارش دادند که مقادیر مختلف آب فصلی در تیمارهای عمق آبیاری به میزان قابل توجهی تولید ماده خشک و اجزای عملکرد ذرت را تحت تأثیر قرار می دهد. ضمناً آنها دریافتند که بهره وری آب حساسیت بالایی به مقدار آب آبیاری داشته و با افزایش حجم آب مصرفی، این مشخصه مهم مدیریتی کاهش می یابد.

پاک نژاد (۱۳۸۵) نشان داد که تنش خشکی بر عملکرد دانه و کلیه اجزای عملکرد اثر معنی داری داشته است و تنش شدید موجب ۳۷ درصد کاهش عملکرد گردید. همچنین اردلان و همکاران (۱۳۹۱) به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی اثر معنی دار بر روی عملکرد و

مواد و روش‌ها

این پژوهش در اطراف ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان اسلام‌آباد غرب واقع در طول جغرافیائی ۴۸ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیائی ۳۴ درجه و ۷ دقیقه شمالی انجام گردید. در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ از خاک‌های منطقه مورد مطالعه برای هر سال در سه عمق مختلف نمونه‌برداری انجام شد، برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد مطالعه به شرح جدول (۱) می‌باشد. همچنین متوسط آنالیز خصوصیات آب به شرح جدول (۲) است. نمونه اخذ شده از خاک در این آزمایش نمونه دست نخورده

با استفاده از سیلندر نمونه‌برداری از عمق‌های مختلف ذکر شده در جدول (۱) بوده که پس از نمونه‌گیری و انتقال به آزمایشگاه جهت تعیین خصوصیات مختلف خاک آزمایشات لازم صورت گرفت. اندازه‌گیری بافت خاک به روش هیدرومتر، تعیین کلاس بافت خاک براساس روش USDA و جرم مخصوص ظاهری خاک با استفاده از نمونه دست‌نخورده و به روش سیلندر، رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه ای (FC) و نقطه پژمردگی دائم (PWP) به ترتیب در مکش‌های معادل ۳۳۰ و ۱۵۰۰۰ سانتی متر با استفاده از دستگاه صفحات فشاری و غشای فشاری انجام شد (کیو، ۱۹۹۶).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه

سال	تاریخ نمونه‌گیری	عمق cm	هدایت الکتریکی dS m ⁻¹	PH	نفوذپذیری m h ⁻¹	FC درصد حجمی	PWP درصد حجمی	BD g cm ⁻³	San %d	Silt %	Clay %	نوع بافت
۱۳۹۵	۹۵/۰۲/۲۴	۰-۳۰	۰/۶	۷/۶۵	۱	۳۷	۱۹	۱/۲۸	۱۹/۴	۳۸/۱	۴۲/۵	Clay loam
		۳۰-۶۰	۰/۶	۷/۶۲		۳۶/۵	۱۹	۱/۲۸	۱۹/۴	۳۸/۱	۴۲/۵	
		۶۰-۹۰	۰/۵	۷/۷۵		۳۶	۱۸/۵	۱۸/۵	۱۹/۴	۳۸/۱	۴۲/۵	
۱۳۹۶	۹۶/۰۲/۲۴	۰-۳۰	۰/۶۵	۷/۶	۰/۹	۳۶	۱۸	۱/۲۶	۱۹/۷	۴۰/۵	۳۹/۸	Clay loam
		۳۰-۶۰	۰/۶۵	۷/۶۵		۳۶	۱۸	۱/۲۶	۱۹/۷	۴۰/۵	۳۹/۸	
		۶۰-۹۰	۰/۶	۷/۷		۳۶	۱۸	۱/۲۶	۱۹/۷	۴۰/۵	۳۹/۸	

FC درصد حجمی رطوبت ظرفیت مزرعه ای در مکش ۳۳۰ سانتیمتر، PWP درصد حجمی رطوبت نقطه پژمردگی دائم در مکش ۱۵ اتمسفر، BD جرم مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم در سانتی متر مکعب

جدول ۲- خصوصیات آب منطقه مورد مطالعه

سال	تاریخ نمونه‌گیری	آنیونها (meq L ⁻¹)	کاتیونها (meq L ⁻¹)	EC (µmoh cm ⁻¹)	PH	TDS (mg L ⁻¹)
۱۳۹۵	۹۵/۰۲/۲۴	CO ₃ ²⁻	Ca ⁺⁺	۶۱۰	۷/۶	۳۹۰
		HCO ₃ ⁻	Mg ⁺⁺			
		Cl ⁻	Na ⁺			
		SO ₂ ²⁻	K ⁺			
۱۳۹۶	۹۶/۰۲/۱۵	CO ₃ ²⁻	Ca ⁺⁺	۶۰۰	۷/۴	۳۸۵
		HCO ₃ ⁻	Mg ⁺⁺			
		Cl ⁻	Na ⁺			
		SO ₂ ²⁻	K ⁺			

EC هدایت الکتریکی خاک بر حسب میکرو موس در سانتیمتر، PH اسیدیته خاک، TDS کل مواد جامد محلول بر حسب میلی‌گرم در لیتر

بوده و فاصله بوته‌ها در ردیف‌ها ۲۰-۱۹ سانتی متر بود. در این طرح در طول دوره کشت سه بار عملیات کوددهی انجام گرفت که بار اول کود پایه بوده که قبل از کاشت صورت گرفت و با خاک مخلوط شد که شامل هر سه نوع کود (سولفات پتاسیم، فسفات آمونیوم و اوره) بود. بار دوم

جهت کاشت ذرت از رقم سینگل کراس ۷۰۴ به میزان ۲۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. روش کاشت دستی بوده و با توجه به دو ساله بودن آزمایش، کاشت گیاه در سال اول در تاریخ ۱۳۹۵/۰۲/۲۳ و در سال دوم در تاریخ ۱۳۹۶/۰۲/۱۵ انجام گرفت و عمق کاشت ۶-۴ سانتی متر

بود که باتوجه به اینکه هر کرت آزمایشی حدود ۴۵۰ مترمربع بود، لذا باتوجه به تعداد چهار تیمار و سه تکرار موجود در طرح، در مجموع مساحت مزرعه حدود ۵۴۰۰ مترمربع بود آبیگری در مزارع از طریق یک آبیگر ۳ اینچی انجام شد و آب آن توسط لوله‌های فلزی به کنتورها و بعد از آن توسط لوله‌های پلی اتیلن به ابتدای مزارع انتقال یافت. نوسانات دبی در خطوط انتقال بر اثر تغییرات فشار ایجاد شده می‌باشد و برای ثابت نگه داشتن آن از یک شیرفشارشکن جهت تنظیم فشار و ثابت کردن فشار ورودی و در نتیجه ثابت نمودن دبی استفاده گردید. جهت اندازه‌گیری حجم آب ورودی به سیستم، کنتور حجمی قرارداد شد. جهت تعیین زمان آبیاری از روش بیلان آبی استفاده شد (علیزاده، ۱۳۸۵). در این روش مقدار مشخصی آب به مزرعه داده می‌شود و نوبت بعدی آبیاری زمانی خواهد بود که مجموع نیازآبی محاسبه شده طی روزهای سپری شده نزدیک آب آبیاری قبل شود به عبارت دیگر آبیاری بعدی زمانی خواهد بود که مقدار آب باقیمانده از آبیاری قبل کفاف نیازآبی آن روز را ندهد. طرح آماری مربوط به پژوهش، طرح بلوک کامل تصادفی بصورت تجزیه ساده برای هر سال و تجزیه مرکب دوساله طی دو سال زراعی ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ بود و تیمارها نیز مقادیر آب آبیاری به میزان آبیاری با ۱۰٪ نیاز آبی (T100)، ۷۵٪ نیاز آبی (T75)، ۵۰٪ نیاز آبی (T50) و ۲۵٪ نیاز آبی (T25) و در سه تکرار می‌باشد.

جهت محاسبه نیازآبی گیاه از طریق آمار بدست آمده توسط تشتک تیخیر کلاس A و با استفاده از معادله زیر عمل خواهد شد:

$$ETc = Kc \times Kp \times Epan \quad (1)$$

که در آن:

ETC نیاز آبی خالص گیاه ذرت بر حسب میلی‌متر در روز، Kc ضریب گیاهی ذرت، (که براساس نتایج محاسبات مربوط به داده‌های لایسیمتری بدست آمده) که در مراحل ابتدائی، توسعه، میانی و انتهای رشد گیاه به ترتیب ۰/۶۶، ۰/۹۴، ۱/۲۸ و ۰/۹۳ است (صدرالدینی، ۱۳۹۷)، Kp

از کود اوره به صورت سرک در هنگام پنجه زنی استفاده شد و بار سوم از کود مایع و طی دو مرحله و به فاصله حدود ۲۰ روز در ابتدای ساقه‌دهی و مرحله گلدهی برای افزایش رشد گیاه و تأمین مواد موردنیاز گیاه انجام شد. در مرحله داشت عملیاتی از قبیل تنک کردن در مرحله سه برگی (در اواسط خردادماه)، وجین نمودن در چند مرحله، مبارزه با آفات (بویژه زنجبرک ذرت) با استفاده از سم دسیس با دز یک لیتر در هکتار، استفاده از کود مایع در یک مرحله و و آبیاری در طول دوره رشد در فواصل موردنظر انجام گرفت.

برداشت محصول در نیمه اول مهرماه به صورت دستی انجام شد. به منظور حذف اثرات حاشیه‌ای برداشت از وسط خط کاشت میانی هر کرت انجام گرفت. اگر ذرت به منظور برداشت دانه کشت شود باید برداشت زمانی صورت گیرد که گیاه از نظر فیزیولوژی و زراعت کاملاً رسیده باشد تعیین زمان برداشت از نظر زراعی به نوع رقم، مقدار کود، جنس خاک، آبیاری، تراکم بوته، آب و هوا و سایر عوامل محیطی وابسته است. از نظر فیزیولوژی دانه‌های رسیده ذرت حداکثر ماده خشک را دارا هستند و بایستی رطوبت آنها به حدود ۲۰ تا ۲۴ درصد برسد تا از نظر زراعی قابل برداشت باشد و این زمان موقعی است که پوسته براحتی از بلال جدا می‌گردد و چنانچه بلال را در دست تاب بدهند دانه‌ها از بلال جدا خواهند شد (خواجه پور، ۱۳۸۶). لذا زمان برداشت بر اساس صفات فیزیولوژیک گیاه و درصد رطوبت دانه ذرت (۲۴٪) و مشخصات ظاهری بوته ذرت و با بهره‌گیری از نظر کارشناسان تعیین شد. بعد از برداشت بلال‌ها و بعد از توزین آنها، دانه‌های بلال به صورت دستی از چوب آنها جدا گردیده و اندازه‌گیری‌های لازم (رطوبت و چگالی نمونه‌ها، تعداد بلال، طول بلال، وزن کل بلال، وزن چوب، تعداد ردیف دانه‌ها، تعداد دانه در ردیف و تعیین مقدار رطوبت موجود) صورت پذیرفت.

روش آبیاری در این آزمایش روش جویچه‌ای بوده و طول جویچه‌ها ۱۵۰ متر و فاصله آنها ۷۵ سانتی‌متر

فاز پیشروی برای تخمین پارامترهای معادله نفوذ کوستیاکف-لوئیس استفاده می‌شود. با در نظر گرفتن رابطه توانی زیر و لگاریتم‌گیری از طرفین رابطه و با استفاده از دو نقطه از منحنی پیشروی، ضرایب ثابت p و r قابل محاسبه می‌باشند.

$$X = p \cdot t^r \quad (5)$$

و نهایتاً پارامترهای معادله کوستیاکف-لوئیس از روابط زیر محاسبه می‌شوند:

$$a = \frac{\left[\log \left[\frac{Q_1 t_1}{x_1} - A_1 - \frac{c t_1}{1+r} \right] - \log \left[\frac{Q_2 t_2}{x_2} - A_2 - \frac{c t_2}{1+r} \right] \right]}{\log \frac{t_1}{t_2}} \quad (6)$$

$$k = \frac{\left[\frac{Q_1 t_1}{x_1} - A_1 - \frac{c t_1}{1+r} \right]}{\sigma_2 t_1^b} \quad (7)$$

که در آن:

\bar{A} متوسط سطح مقطع جریان، t زمان پیشروی، Q دبی ورودی به جویچه، X : طول پیشروی و σ_2 : فاکتور شکل زیرسطحی که از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\sigma_2 = \left[\frac{b+1+r(1-b)}{(1+b)(1+r)} \right] \quad (8)$$

مقدار r در معادلات بالا نیز به شکل زیر قابل محاسبه می‌باشد

$$r = \frac{\left[\log \left(\frac{x_1}{x_2} \right) \right]}{\left[\log \left(\frac{t_1}{t_2} \right) \right]} \quad (9)$$

مقدار f_0 هم که همان سرعت نفوذ پایه می‌باشد به روش‌های مختلف قابل محاسبه است که یکی از این تکنیک‌ها روش جریان ورودی-خروجی می‌باشد که در آن تمام جویچه‌ها به عنوان یک نفوذسنج در نظر گرفته می‌شود. این روش بر این فرض بنا شده که در اواخر آبیاری خاک به سرعت نفوذ پایه رسیده است و مقدار f_0 از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$f_0 = \left[\frac{Q_{in} - Q_{out}}{L} \right] \quad (10)$$

که در آن:

ضریب تشک تبخیر کلاس A ، E_{pan} میزان تبخیر از تشک کلاس A بر حسب میلی‌متر در روز (که محل آن در ایستگاه هواشناسی کشاورزی در مجاورت مرکز تحقیقات می‌باشد) است.

مدت زمان مربوط به ذخیره، تخلیه و پسروی بر اساس پارامترهای جریان پیوسته محاسبه شد و زمان قطع جریان نیز بعد از تکمیل دوره ذخیره بر اساس محاسبات انجام شد (واکر، ۱۹۸۲).

در طراحی سیستم آبیاری جویچه‌ای برای اینکه مقدار کافی آب، بدون آنکه تلفات زیادی دربرداشته باشد، در سرتاسر جویچه به داخل خاک نفوذ کند، زمان قطع آبیاری طبق رابطه ذیل محاسبه شد.

$$T_{CO} = T_t + T_n - T_r \quad (2)$$

که در آن:

T_{CO} زمان قطع (دقیقه)، T_t زمان پیشروی (دقیقه)، T_n زمان لازم برای نفوذ مقدار خالص آب مورد نیاز (دقیقه) و T_r زمان عقب نشینی (دقیقه) است؛ اما در جویچه‌هایی که انتهای آن باز باشد و جویچه‌های شبیدار که شیب کافی داشته باشد، می‌توان زمان عقب نشینی را صفر فرض کرد. در این طرح نیز چون شیب زمین $0/003$ یعنی $0/3$ درصد بوده و انتهای جویچه‌ها نیز باز بود، زمان عقب نشینی صفر فرض شد، لذا:

$$T_{CO} = T_t + T_n \quad (3)$$

از طرفی مقدار T_n از طریق معادله نفوذ کوستیاکف-لوئیس محاسبه می‌شود (واکر، ۱۹۸۲):

$$I_n = k(t_n)^a + f_0 t_n \quad (4)$$

که در آن:

I_n مقدار خالص آب مورد نیاز جهت نفوذ یا مقدار نیاز آبی (میلی متر)، t فرصت زمان نفوذ و k ، a و f_0 سرعت نفوذ پایه می‌باشد پیدا کردن مقادیر ضرایب معادله نفوذ با روش‌های مختلف انجام می‌شود که یکی از این روش‌ها روش دو نقطه‌ای الیوت و واکر است (واکر، ۱۹۸۲). اساس این روش بر پایه معادله پیوستگی و شکل نمایی فاز پیشروی می‌باشد. در این روش از دونقطه میانی و انتهایی

$$WP = \frac{Yield}{V_{total}} \quad (11)$$

در این رابطه:

WP بهره‌وری آب برحسب کیلوگرم در مترمکعب آب، Yield عملکرد محصول بر حسب کیلوگرم و V_{total} حجم کل آب داده شده در هر هکتار برای کل دوره رشد گیاه برحسب مترمکعب می‌باشد.

نتایج و بحث

استفاده از کم‌آبیاری به منظور صرفه‌جویی در آب و همچنین اعمال حداقل ضریب آبتشویی در طول فصل آبیاری و یا حتی در سراسر چندین فصل آبیاری باعث انباشته شدن املاح در منطقه ریشه می‌شود. طبیعتاً وقتی از آبهای با کیفیت کم مثل پسابها و یا آب‌های نامتعارف استفاده شود وضع بدتر می‌شود. در چنین شرایطی گیاهان به طور همزمان تحت تأثیر تنش شوری و کم‌آبی قرار می‌گیرند (علیزاده، ۱۳۸۵). تاریخ و حجم آب آبیاری برای تیمارهای مختلف در فصول زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در جدول (۳) ارائه شده است. مشاهده می‌شود که در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ مقادیر آب آبیاری بترتیب ۱۶۹۶۳ و ۱۷۱۷۹ مترمکعب در هکتار در طول فصل زراعی بوده است. این تفاوت ناشی از بارندگی‌های فصل بهار در سال ۱۳۹۵ و شرایط آب و هوایی بوده است. همچنین در تیمار ۷۵ درصد نیازآبی مقادیر آب آبیاری برای سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ بترتیب ۱۳۲۰۶ و ۱۳۴۷۱ مترمکعب در هکتار است که نسبت به آبیاری کامل بترتیب ۷۷/۹ درصد و ۷۸/۴ درصد می‌باشد. در تیمار ۵۰ درصد نیازآبی مقادیر آب آبیاری برای سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ بترتیب ۹۶۶۷ و ۹۹۹۷ مترمکعب در هکتار است که نسبت به آبیاری کامل بترتیب ۵۷٪ و ۵۸/۲٪ می‌باشد. در تیمار ۲۵ درصد نیازآبی مقادیر آب آبیاری برای سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ بترتیب ۶۲۷۶ و ۶۳۵۶ مترمکعب در هکتار است که نسبت به آبیاری کامل بترتیب ۳۷ درصد و ۳۷ درصد می‌باشد. مقادیر بیشتر آب استفاده شده در هر تیمار بعلاوه تلفات آب بعلاوه نفوذ

Q_{in} دبی ورودی به جویچه، Q_{out} دبی خروجی از جویچه که همان رواناب انتهایی جویچه است و L طول جویچه‌ها است.

در زمان برداشت محصول در انتهای دوره کشت در هر تیمار و با نه تکرار در ردیف‌ها اقدام به نمونه‌گیری و برداشت ذرت شد و بعد از انجام وزن‌کشی و اندازه‌گیری پارامترهای عملکرد، محاسبات مربوط به آن به کل مزرعه تعمیم داده شد. بر روی ذرت‌های برداشت شده در هر قطعه بررسی‌ها و اندازه‌گیری‌هایی انجام شد و پس از دانه‌کردن آنها با دست، وزن‌کشی نمونه‌ها انجام شد و برای مشخص شدن رطوبت بذرها در هنگام برداشت، نمونه‌های مربوط به هر تیمار به آزمایشگاه منتقل شد و پس از اندازه‌گیری رطوبت در هنگام برداشت با احتساب رطوبت ۱۴ درصد که مبنای محاسبه عملکرد محصول ذرت می‌باشد و کم کردن رطوبت مازاد، درصد رطوبت موجود در محصول و عملکرد واقعی محصول بدست آمد. تفسیر این داده‌ها و مقایسه عملکرد محصول تحت تیمارهای گفته شده توسط تجزیه واریانس ساده برای هر سال و تجزیه واریانس مرکب دوساله داده‌ها انجام شد و مقایسه عملکرد کمی محصول تحت تیمارهای مختلف توسط آزمون LSD انجام شد. برای اخذ نتایج آزمون‌های آماری از نرم‌افزار SAS استفاده شد.

بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام شده جهت تعیین عملکرد محصول در هنگام برداشت محصول، میزان تولید محصول ذرت طبق اندازه‌گیری‌های اولیه و بر اساس وزن دانه ذرت در تیمارهای مختلف محاسبه گردید و با توجه به اینکه عملکرد محصول ذرت با احتساب رطوبت ۱۴ درصد محاسبه می‌گردد، بنابراین بعد از برداشت محصول در هر تیمار سه نمونه تصادفی گرفته شده و جهت تعیین رطوبت دانه ذرت به آزمایشگاه منتقل شد و با استفاده از نتایج حاصله، عملکرد واقعی محصول محاسبه شد

باتوجه به حجم آب داده شده در هر هکتار برای کل دوره رشد گیاه، بهره‌وری آب در هر تیمار به دست آمد

۳۶/۱ درصد و ۵۷/۷ درصد کاهش عملکرد در وزن هزاردانه مشخص گردید که همانطور که در جدول (۵) نیز مشخص شده است، در کلیه صفات مطرح شده بین تیمارهای ۱۰۰ درصد نیازآبی و ۷۵ درصد نیازآبی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

عمقی در مرحله پیشروی است. جهت انجام مقایسه‌ها تیمارهای مختلف با در نظر گرفتن هفت پارامتر وزن کل بلال‌ها، طول بلال، تعداد ردیف، تعداد دانه در ردیف، وزن دانه بلال‌ها، وزن چوب بلال‌ها و وزن هزار دانه، تجزیه واریانس (Anova) انجام شد که نتایج بدست آمده برای پارامترهای موردنظر در جدول (۴) آورده شده است.

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد کلیه پارامترهای عملکرد محصول در سطح یک درصد در بین تیمارهای مختلف طی سالهای مختلف معنی‌دار است. براساس نتایج حاصله از آزمون LSD برای پارامترهای مختلف عملکرد که در جدول (۵) ارائه شده است، می‌توان به این نتیجه رسید که صفت وزن دانه بلال‌ها در تیمار ۱۰۰ درصد نیازآبی نسبت به سایر تیمارها برتری معنی‌داری داشته و برای صفات وزن کل بلال‌ها، طول بلال‌ها، تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف بلال‌ها، وزن چوب و وزن هزار دانه بلال‌ها بین تیمارهای ۱۰۰ درصد نیازآبی و ۷۵ درصد نیازآبی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد و این درحالیست که دو تیمار دیگر در کلیه صفات با تیمارهای ۱۰۰ درصد نیازآبی و ۷۵ درصد نیازآبی تفاوت معنی‌داری دارند. نتایج نشان داد تنش رطوبتی باعث کاهش وزن بلال‌ها می‌شود؛ که این کاهش در تیمار ۷۵ درصد نیازآبی کمتر بوده و در سایر تیمارها به شدت افزایش می‌یابد. این فرایند در سایر صفات نیز صادق بوده و کاهش مقادیر هرکدام از صفات در اثر تنش آبی ایجاد شده مشهود بود. برای تیمارهای ۷۵ درصد نیاز آبی، ۵۰ درصد نیاز آبی و ۲۵ درصد نیاز آبی به ترتیب ۲/۰۷ درصد، ۳۳/۶ درصد و ۶۲/۷ درصد کاهش عملکرد در وزن کل بلال‌ها، ۰/۵ درصد، ۵/۹ درصد و ۲۶/۱ درصد کاهش عملکرد در طول بلال‌ها، ۰/۶ درصد، ۱۰/۲ درصد و ۲۵/۱ درصد کاهش عملکرد در تعداد ردیف بلال‌ها، ۱/۷ درصد، ۷/۸ درصد و ۲۶/۶ درصد کاهش عملکرد در تعداد دانه در ردیف، ۲/۶ درصد، ۳۳ درصد و ۶۳/۱ درصد کاهش عملکرد در وزن دانه بلال‌ها، ۲ درصد، ۵/۶ درصد و ۴۱/۸ درصد کاهش عملکرد در وزن چوب بلال‌ها و ۱/۹ درصد،

جدول ۳- تاریخ و مقدار آب آبیاری در هر آبیاری برای تیمارهای مختلف برحسب مترمکعب در هکتار

نوبت آبیاری	سال ۱۳۹۵					سال ۱۳۹۶						
	زمان آبیاری	نیازآبی (میلیمتر)	حجم آب آبیاری برای هرکدام از تیمارها (مترمکعب در هکتار)				زمان آبیاری	نیازآبی (میلیمتر)	حجم آب آبیاری برای هرکدام از تیمارها (مترمکعب در هکتار)			
			تیمار ۱۰۰٪	تیمار ۷۵٪	تیمار ۵۰٪	تیمار ۲۵٪			تیمار ۱۰۰٪	تیمار ۷۵٪	تیمار ۵۰٪	تیمار ۲۵٪
آبیاری اول	۱۳۹۵/۰۲/۲۴	۴۰	۶۸۶	۵۸۵	۴۹۰	۳۱۸	۴۰	۱۳۹۶/۰۲/۱۶	۶۸۶	۵۸۲	۴۸۵	۳۰۲
آبیاری دوم	۱۳۹۵/۰۳/۰۷	۵۰	۸۰۷	۶۵۲	۵۰۰	۳۲۵	۵۰	۱۳۹۶/۰۲/۳۱	۶۷۷	۵۵۹	۴۴۷	۲۷۸
آبیاری سوم	۱۳۹۵/۰۳/۲۲	۶۰	۹۴۹	۷۴۵	۵۵۰	۳۵۷	۶۰	۱۳۹۶/۰۳/۱۳	۶۸۲	۵۶۰	۴۴۸	۳۷۸
آبیاری چهارم	۱۳۹۵/۰۴/۰۳	۷۰	۱۰۸۳	۸۴۲	۶۱۹	۴۰۳	۶۰	۱۳۹۶/۰۳/۲۲	۹۵۰	۷۵۰	۵۵۷	۳۴۷
آبیاری پنجم	۱۳۹۵/۰۴/۱۲	۸۰	۱۲۱۷	۹۴۹	۶۸۳	۴۴۳	۶۰	۱۳۹۶/۰۴/۰۱	۹۵۰	۷۵۰	۵۶۸	۳۵۴
آبیاری ششم	۱۳۹۵/۰۴/۲۱	۹۰	۱۳۷۲	۱۰۵۱	۷۴۹	۴۸۶	۸۰	۱۳۹۶/۰۴/۰۹	۱۲۴۶	۹۴۹	۶۹۰	۴۳۲
آبیاری هفتم	۱۳۹۵/۰۴/۳۰	۹۰	۱۳۷۹	۱۰۴۹	۷۴۶	۴۸۴	۸۰	۱۳۹۶/۰۴/۱۸	۱۱۶۳	۹۱۱	۶۶۷	۴۱۸
آبیاری هشتم	۱۳۹۵/۰۵/۰۷	۹۰	۱۳۶۲	۱۰۴۴	۷۴۲	۴۸۲	۸۰	۱۳۹۶/۰۴/۲۶	۱۱۷۱	۹۱۱	۶۶۷	۴۱۸
آبیاری نهم	۱۳۹۵/۰۵/۱۵	۹۰	۱۳۶۴	۱۰۴۵	۷۴۲	۴۸۲	۸۰	۱۳۹۶/۰۵/۰۳	۱۱۸۵	۹۱۸	۶۶۶	۴۱۷
آبیاری دهم	۱۳۹۵/۰۵/۲۲	۹۰	۱۳۴۳	۱۰۳۵	۷۳۶	۴۷۸	۱۰۰	۱۳۹۶/۰۵/۱۰	۱۴۴۴	۱۱۰۳	۷۹۲	۴۹۷
آبیاری یازدهم	۱۳۹۵/۰۵/۲۹	۹۰	۱۳۳۹	۱۰۳۵	۷۴۷	۴۸۵	۱۰۰	۱۳۹۶/۰۵/۱۸	۱۴۵۲	۱۰۹۶	۷۸۹	۴۹۶
آبیاری دوازدهم	۱۳۹۵/۰۶/۰۷	۸۰	۱۲۰۷	۹۳۶	۶۸۱	۴۴۲	۱۰۰	۱۳۹۶/۰۵/۲۵	۱۴۲۱	۱۱۰۳	۷۸۷	۴۹۵
آبیاری سیزدهم	۱۳۹۵/۰۶/۱۵	۷۰	۱۰۹۴	۸۳۸	۶۱۵	۳۹۹	۸۰	۱۳۹۶/۰۶/۰۲	۱۱۶۴	۹۰۷	۶۶۵	۴۱۷
آبیاری چهاردهم	۱۳۹۵/۰۶/۲۶	۶۰	۹۴۳	۷۴۹	۵۶۱	۳۶۴	۸۰	۱۳۹۶/۰۶/۱۰	۱۱۶۵	۹۱۱	۶۶۶	۴۱۸
آبیاری پانزدهم	۱۳۹۵/۰۷/۰۳	۵۰	۸۱۸	۶۵۱	۵۰۶	۳۲۸	۶۰	۱۳۹۶/۰۶/۲۰	۹۱۲	۷۳۱	۵۵۲	۳۴۵
آبیاری شانزدهم	-	-	-	-	-	-	۶۰	۱۳۹۶/۰۶/۲۷	۹۱۱	۷۳۰	۵۵۱	۳۴۴
جمع کل		۱۱۰۰	۱۶۹۶۳	۱۳۲۰۶	۹۶۶۷	۶۲۷۶	۱۱۴۰		۱۷۱۷۹	۱۳۴۷۱	۹۹۹۷	۶۳۵۶

جدول ۴- خلاصه نتایج تجزیه واریانس داده‌ها برای پارامترهای کمی عملکرد محصول ذرت دانه‌ای برای سال‌های مختلف

سال	منابع	درجه آزادی	فاکت ور	وزن کل بلال‌ها	طول بلال‌ها	تعداد ردیف بلال‌ها	تعداد دانه در ردیف بلال‌ها	وزن دانه بلال‌ها	وزن چوب بلال‌ها	وزن هزار دانه
۱۳۹۱	تکرار	۲	SS	۱۱۸۴۴۶/۵	-/۰۵	۰/۰۵	۲/۵۴	۵۷۸۵۳	۱۴۴۴/۱	۱۷۳/۲
	تیمار	۳	F	۷۶۴۵۴۵۰۰	-/۲۳	۰/۳۷	۱/۸۴	۲/۸۸	۱/۵۷	۱/۶۳
	خطا	۶	SS	۱۰۷۱۴۶/۲	۰/۶	۰/۴۹	۴/۱۵	۶۰۱۹۴	۲۷۶۸/۳	۳۱۷/۸
	تکرار	۲	F	۲۷۳۷۹۲/۲	-/۲۷	۰/۳۷	۱/۹۳	۲۴۳۳۱۱	۵۴۵۴/۸	۱۱۵/۹
۱۳۹۵	تیمار	۳	F	۷۳۳***	۳۵۰***	۱۴۹۰***	۱۱۴***	۵۷۴***	۱۴۳***	۶۶۶***
	خطا	۶	SS	۲۱۰۳۷۷/۸	-/۱۷	۰/۴	۳/۳۳	۱۵۴۰۵۸	۷۳۱۹/۲	۳۰۰/۷
	سال	۱	F	۱۹۰۸	-/۰۴	۰/۱۲	-/۹۲	۱۵۳/۳	۰/۱۲	۲۳/۷
	تکرار	۴	F	۳۹۲۳۳۹	-/۳۲	۰/۴۳	۴/۴۷	۳۰۱۱۶۴	۶۸۹۸/۹	۲۸۹
پژ. واریانس	تیمار	۳	F	۱۹۳۴/۵***	۳۱۴***	۴۱۰/۴***	۲۱۱/۲***	۱۷۱۰***	۴۱۳***	۱۲۹۲***
	خطا	۱۲	SS	۳۱۷۵۲۴	-/۷۷	۰/۵۳	۷/۴۸	۲۱۴۲۵۲	۹۹۸۷/۵	۶۱۸/۴
	در سال	۳	F	۸۷۰	-/۰۴	۰/۰۷	-/۳۴	۱۰۹۲۸۴	۴۲۴/۸	۱۰/۶
	تکرار	۳	F	۱۵۳۵۶۰۷۴۷	۶۰/۴	۵۳/۹۱	۳۹۴/۹۱	۹۱۵۹۴۶۱۵	۱۰۳۱۳۳۹	۱۹۹۷۴۰

* = معنی دار در سطح پنج درصد
 ** = معنی دار در سطح یک درصد

جدول ۵- نتایج مربوط به آزمون مقایسه میانگین تیمارها برای صفات کمی به روش LSD برای روش‌های مختلف آبیاری در سطح پنج درصد

سال	تیمار	۱۳۹۵				۱۳۹۶				Combine			
		۱۰۰٪ نیازآبی	۷۵٪ نیازآبی	۵۰٪ نیازآبی	۲۵٪ نیازآبی	۱۰۰٪ نیازآبی	۷۵٪ نیازآبی	۵۰٪ نیازآبی	۲۵٪ نیازآبی	۱۰۰٪ نیازآبی	۷۵٪ نیازآبی	۵۰٪ نیازآبی	۲۵٪ نیازآبی
وزن کل بلال‌ها	مقدار	۱۱۲۳۶	۱۱۰۱۲	۷۴۷۷	۴۲۰۵	۱۱۲۳۴	۱۰۹۹۶	۷۴۵۴	۴۱۷۲	۱۱۲۳۷	۱۱۰۰۴	۷۴۶۶	۴۱۸۸
(کیلوگرم در هکتار)	LSD	A	A	B	C	A	A	B	C	A	A	B	C
طول بلال‌ها (سانتیمتر)	مقدار	۱۸/۸	۱۸/۷	۱۷/۸	۱۳/۹	۱۸/۸	۱۸/۶	۱۷/۶	۱۳/۹	۱۸/۸	۱۸/۷	۱۷/۷	۱۳/۹
	LSD	A	A	B	C	A	A	B	C	A	A	B	C
تعداد ردیف بلال‌ها	مقدار	۱۶/۸	۱۶/۷	۱۵/۲	۱۲/۵	۱۶/۷	۱۶/۵	۱۴/۹	۱۲/۵	۱۶/۷	۱۶/۶	۱۵	۱۲/۵
	LSD	A	A	B	C	A	B	C	D	A	A	B	C
تعداد دانه در ردیف بلال‌ها	مقدار	۴۶/۵	۴۵/۷	۴۳	۳۴	۴۶/۱	۴۵/۲	۴۲/۳	۳۴	۴۶/۳	۴۵/۵	۴۲/۷	۳۴
	LSD	A	A	B	C	A	A	B	C	A	A	B	C
وزن دانه بلال‌ها (کیلوگرم در هکتار)	مقدار	۸۷۸۷	۸۵۷۲	۵۷۴۳	۳۲۳۸	۸۶۸۹	۸۴۵۱	۵۹۶۳	۳۲۱۸	۸۷۳۸	۸۵۱۲	۵۸۵۳	۳۲۲۸
	LSD	A	A	B	C	A	A	B	C	A	A	B	C
وزن چوب بلال‌ها (کیلوگرم در هکتار)	مقدار	۱۷۲۲	۱۶۷۸	۱۶۱۵	۱۰۰۵	۱۷۱۰	۱۶۸۴	۱۶۲۵	۹۹۵	۱۷۱۶	۱۶۸۱	۱۶۲۰	۹۹۸
	LSD	A	A	B	C	A	A	B	C	A	A	B	C
وزن هزار دانه (گرم)	مقدار	۳۹۰/۵	۳۸۲/۳	۲۴۷/۹	۱۶۵/۳	۳۹۱/۶	۳۸۴/۸	۲۵۱/۸	۱۶۵/۷	۳۹۱/۱	۳۸۳/۵	۲۴۹/۸	۱۶۵/۵
	LSD	A	A	B	C	A	A	B	C	A	A	B	C

در متمرکعب است. معصومی و همکاران بهره‌وری آب برای آبیاری ۱۰۰ درصد نیازآبی را ۰/۸۶ کیلوگرم در متمرکعب و برای آبیاری با ۸۵ درصد نیازآبی را ۰/۴۵ کیلوگرم در متمرکعب برآورد نمودند. مادح خاکسار و همکاران (۱۳۹۳) نشان دادند برای تولید یک کیلوگرم دانه ذرت در منطقه خوزستان بین ۴۴۰ تا ۶۵۰ لیتر آب مورد نیاز است.

همچنین اکبری نودهی (۱۳۹۳) نشان داد بیشترین کارآیی مصرف آب در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی و کمترین مقدار کارآیی مصرف آب مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد نیازآبی است. انگلیش و راجا (۱۹۹۶) نیز نشان دادند که با ۵۹ درصد کاهش آب مصرفی ذرت و با افزایش سطح زیر کشت با آب مازاد، تولید کل ۶۸ درصد افزایش داشت.

چن و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که مقدار آب مورد نیاز برای به دست آوردن حداکثر بهره‌وری آب بسیار کمتر از میزان آب مورد نیاز برای حصول حداکثر عملکرد دانه می‌باشد. پایرو و همکاران (۲۰۰۸) دریافتند که بهره‌وری آب حساسیت بالایی به مقدار آب آبیاری داشته و با افزایش حجم آب مصرفی، این مشخصه مهم مدیریتی کاهش می‌یابد. نادری و همکاران (۱۳۹۴) نیز نشان دادند که اعمال کم آبیاری سبب ۱۴ تا ۲۸ درصد صرفه‌جویی در میزان آب مصرفی در کل فصل رشد گردید. شیمشک و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقی اثر چهار تیمار آبیاری (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیازآبی گیاه) را در ذرت مورد بررسی قرار دادند که بیشترین درصد ماده خشک (۲۶/۵ درصد) در تیمار ۱۰۰ درصد و کمترین آن (۲۳ درصد) در تیمار ۲۵ درصد نیازآبی گیاه بدست آمد.

نتایج تحقیق نشان می‌دهد برای تولید یک کیلوگرم دانه ذرت در منطقه بین ۴۹۰ تا ۶۳۰ لیتر آب مورد نیاز می‌باشد تفاوت زیادی بین نتایج بدست آمده در این تحقیق با نتایج سایر محققین وجود ندارد و تفاوت‌های اندک ناشی از تفاوت‌های اقلیمی و شرایط آب و هوایی است که روی مقدار آب مصرفی و میزان تولید تأثیر گذاشته است.

بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام شده جهت تعیین عملکرد محصول در هنگام برداشت محصول، میزان تولید محصول ذرت طبق اندازه‌گیری‌های اولیه و بر اساس وزن دانه ذرت در تیمارهای مختلف با توجه به اینکه عملکرد محصول ذرت با احتساب رطوبت ۱۴ درصد محاسبه می‌گردد.

نتایج حاصل از عملکرد ذرت در رطوبت ۱۴ درصد و همچنین عملکرد واقعی محصول در جدول (۶) آمده است. با توجه به حجم آب داده شده در هر هکتار برای کل دوره رشد گیاه بهره‌وری آب در هر تیمار به دست آمد که در جدول (۷) ارائه شده است. نتایج تجزیه مرکب داده‌ها که در جدول (۷) نشان داد که اثر سال روی بهره‌وری آب معنی‌دار بوده است که این امر در سایر صفات عملکرد که در جدول (۵) ارائه شده است، مشهود نبود. به نظر می‌رسد علت این تفاوت احتمالاً به تفاوت در وضعیت آب و هوایی و وضعیت خاک بین دو سال باز می‌گردد که روی مقدار نیازآبی تأثیر بیشتری داشته ولی تأثیر آن بر عملکرد نهایی محصول کمتر بوده است.

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به بهره‌وری آب برای وزن دانه‌های بلال‌ها و همچنین برای وزن کل بلال‌ها که در جدول (۷) آمده است نشان دهنده این است که در هر دو مورد در سطح ۱ درصد بین تیمارها تفاوت معنی‌دار وجود دارد. نتایج آزمون LSD که خلاصه آن در جدول (۸) ارائه شده است نیز نشان داده در خصوص بهره‌وری آب برای وزن کل و وزن دانه‌های بلال‌ها، تیمار ۷۵ درصد نیازآبی نسبت به سایر تیمارهای برتر بوده و با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری دارند و تنش آبی به میزان ۷۵ درصد نیازآبی بهره‌وری آب را بر اساس وزن کل دانه مقدار ۰/۸ کیلوگرم در متمرکعب و بر اساس وزن دانه مقدار ۰/۶۲ کیلوگرم در متمرکعب نموده و به ترتیب ۰/۱۷ و ۰/۱۳ نسبت به آبیاری کامل افزایش می‌دهد. با توجه به آمار ارائه شده توسط وزارت جهاد کشاورزی، برای تولید هر کیلوگرم ذرت مقدار ۷۶۰ لیتر آب مورد نیاز است و به عبارت دیگر کارایی مصرف آب برای ذرت دانه‌ای ۰/۷۶ کیلوگرم

جدول ۶- میانگین رطوبت و عملکرد محصول ذرت‌دانه‌ای بطور متوسط

سال	مقدار آبیاری	میانگین درصد رطوبت دانه بالالها	اختلاف با رطوبت ۱۴ درصد	وزن کل بالالها (Kg/ha)	وزن کل کسر رطوبت بالالها (Kg/ha)	وزن دانه بالالها (Kg/ha)	وزن دانه با کسر رطوبت (Kg/ha)	کل حجم آب داده شده (m ³ ha ⁻¹)	بهره وری آب براساس وزن کل بالالها (مترمکعب‌آب / کیلوگرم)	بهره وری آب براساس وزن کل بالالها (مترمکعب‌آب / کیلوگرم)
۱۳۹۵	۱۰۰٪ آبیاری	۱۷/۷	۳/۷	۱۱۲۳۶	۱۰۸۲۰	۸۷۸۷	۸۴۶۲	۱۶۹۶۲/۷	۰/۶۴	۰/۱۵
	۷۵٪ آبیاری	۱۷/۴	۳/۴	۱۱۰۱۱	۱۰۶۳۷	۸۵۷۲	۸۲۸۱	۱۳۲۰۵/۸	۰/۸۱	۰/۶۳
	۵۰٪ آبیاری	۱۷/۳	۳/۳	۷۴۷۷	۷۲۳۱	۵۷۴۳	۵۵۵۴	۹۶۶۶/۸	۰/۷۵	۰/۵۷
	۲۵٪ آبیاری	۱۷	۳	۴۲۰۵	۴۰۷۹	۳۲۳۸	۳۱۴۱	۶۲۷۶/۲	۰/۶۵	۰/۱۵
۱۳۹۶	۱۰۰٪ آبیاری	۱۷/۸	۳/۸	۱۱۲۳۷	۱۰۸۱۰	۸۶۸۹	۸۳۵۹	۱۷۱۷۹/۵	۰/۶۳	۰/۴۹
	۷۵٪ آبیاری	۱۷/۵	۳/۵	۱۰۹۹۶	۱۰۶۱۱	۸۴۵۱	۸۱۵۵	۱۳۴۷۱/۳	۰/۷۹	۰/۶۱
	۵۰٪ آبیاری	۱۷/۲	۳/۲	۷۴۵۴	۷۲۱۶	۵۹۶۳	۵۷۷۲	۹۹۹۶/۶	۰/۷۲	۰/۵۸
	۲۵٪ آبیاری	۱۶,۹	۲/۹	۴۱۷۲	۴۰۵۱	۳۲۱۸	۳۱۳۴	۶۳۵۶/۴	۰/۶۴	۰/۴۹
تجزیه مرکب	۱۰۰٪ آبیاری	۱۷/۷	۳/۷	۱۱۲۳۷	۱۰۸۱۵	۸۷۳۸	۸۴۱۰	۱۷۰۷۱/۱	۰/۶۳	۰/۴۹
	۷۵٪ آبیاری	۱۷/۵	۳/۵	۱۱۰۰۴	۱۰۶۲۴	۸۵۱۲	۸۲۱۸	۱۳۳۳۸/۶	۰/۸	۰/۶۲
	۵۰٪ آبیاری	۱۷/۳	۳/۳	۷۴۶۶	۷۲۲۳	۵۸۵۳	۵۶۶۳	۹۸۳۱/۷	۰/۷۴	۰/۵۸
	۲۵٪ آبیاری	۱۶/۹	۲/۹	۴۱۸۸	۴۰۶۷	۳۲۳۸	۳۱۲۴	۶۳۱۶/۳	۰/۶۴	۰/۱۵

جدول ۷- مقادیر مجموع مربعات تجزیه واریانس داده‌ها برای پارامترهای بهره وری آب سالهای مختلف

Combine					۱۳۹۶			۱۳۹۵			سال
خطا	تیمار سال	تیمار	تکرار (سال)	سال	خطا	تیمار	تکرار	خطا	تیمار	تکرار	منابع
۱۲	۳	۳	۴	۱	۶	۳	۲	۶	۳	۲	درجه آزادی
۰/۰۰۳۴	۰/۰۰۱	۰/۱۱۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲۸	۰/۰۵۴	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۶	۰/۰۶۱	۰/۰۰۰۵	SS بهره وری آب براساس وزن کل
	۱/۲۳	۱۳۴**	۲/۵۸	۱۲/۳**		۳۸**	۲/۵۲		۲۱۱**	۲/۸۴	F بالالها (مترمکعب‌آب / کیلوگرم)
۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۱	۰/۰۷۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۳۵	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۰۳	۰/۰۳۷	۰/۰۰۰۳	SS بهره وری آب براساس وزن دانه
	۱/۳۲	۸۹**	۲/۵۴	۵/۷**		۲۳/۹**	۲/۴۸		۲۹۵**	۳/۳۴*	F بالالها (مترمکعب‌آب / کیلوگرم)

جدول ۸- نتایج مربوط به آزمون مقایسه میانگین تیمارها برای صفات بهره‌وری به روش LSD برای روشهای مختلف آبیاری در سطح پنج درصد

صفت	تیمار	۱۳۹۵		۱۳۹۶		Combine	
		مقدار	LSD	مقدار	LSD	مقدار	LSD
بهره وری آب براساس وزن کل بر اساس کیلوگرم در مترمکعب	۱۰۰٪ نیازآبی	۰/۶۴	C	۰/۶۳	C	۰/۶۳	C
	۷۵٪ نیازآبی	۰/۸۱	A	۰/۷۹	A	۰/۸	A
	۵۰٪ نیازآبی	۰/۷۵	B	۰/۷۲	B	۰/۷۴	B
	۲۵٪ نیازآبی	۰/۶۵	C	۰/۶۴	C	۰/۶۴	C
بهره وری آب براساس وزن دانه بر اساس کیلوگرم در مترمکعب	۱۰۰٪ نیازآبی	۰/۵	C	۰/۴۹	C	۰/۴۹	C
	۷۵٪ نیازآبی	۰/۶۳	A	۰/۶۱	A	۰/۶۲	A
	۵۰٪ نیازآبی	۰/۵۷	B	۰/۵۸	B	۰/۵۸	B
	۲۵٪ نیازآبی	۰/۵	C	۰/۴۹	C	۰/۵	C

لازم به ذکر است که حروف A، B و C نشان دهنده هم گروه بودن تیمارها و اختلاف معنی دار داشتن آنها در آزمون مقایسه میانگین تیمارها به روش LSD و در سطح احتمال پنج درصد می باشد

حاضر در حال تجربه بحران آب می باشد. به گزارش شبکه خبری آب ایران، در سال ۲۰۲۵، به علت بحران کمبود آب، از هر سه انسان، یک نفر با مشکل کمبود آب مواجه خواهد شد. (میرئی، ۱۳۸۲). متوسط تبخیر در کشور در حدود ۲۱۰۰ میلی متر در سال است که در مقایسه با متوسط جهانی (۷۰۰ میلی متر) تقریباً سه برابر است و ایران با دارا بودن بیش از یک درصد جمعیت جهان تنها ۰/۳۶ درصد منابع آب شیرین و تجدید شونده را در اختیار دارد (میرئی، ۱۳۸۲). آبیاری کامل به منظور کسب حداکثر محصول از واحد سطح در شرایطی قابل اعمال است که اولاً آب به مقدار کافی در اختیار باشد و ثانیاً امکان توسعه و افزایش سطح زیرکشت وجود نداشته باشد؛ اما در شرایطی که نه تنها آب به اندازه و مقدار کافی در دسترس نباشد، بلکه اراضی مستعد و قابل احیای زیادی وجود دارند که در صورت رسیدن آب به آنها امکان افزایش تولید قابل توجهی وجود خواهد داشت، روش کم آبیاری یک راهکار مناسب برای صرفه جویی در مصرف آب است و بخصوص در جاهایی که ارزش اقتصادی آب مصرفی بالا می باشد (علیزاده، ۱۳۸۵).

نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان می دهد که کم آبیاری باعث کاهش عملکرد و اجزای عملکرد محصول گیاه ذرت دانه ای می شود. البته این کاهش صفات عملکرد محصول ذرت دانه ای تا ۷۵ درصد نیازآبی تأثیر معنی داری نداشته و اگر ارزش اقتصادی آب بالا باشد و یا

باتوجه به چهار نقطه محاسبه شده و به روش محاسبات عددی می توان یک رابطه به شکل زیر بین مقدار کم آبیاری یا تنش آبی و بهره وری آب برآورد نمود.

$$y_1 = -1.08x^2 + 1.362x + 0.3575 \quad (12)$$

$$y_2 = -0.84x^2 + 1.054x + 0.2825 \quad (13)$$

که در آن:

y_1 مقدار بهره وری آب بر اساس وزن کل بلال و y_2 مقدار بهره وری آب بر اساس وزن دانه بلال و x مقدار تنش آبی یا درصد کم آبیاری است.

لازم به ذکر است که ضریب رگرسیون روابط درجه دو به دست آمده با اعداد حاصله از محاسبات به ترتیب ۰/۹۱ و ۰/۹۲۸ بوده که نشان دهنده دقت مناسب روابط می باشد.

حال با استفاده از این دو رابطه در می یابیم بیشترین بهره وری آب بر اساس وزن کل به مقدار ۰/۸ در ۷۲٪ کم آبیاری رخ می دهد و بیشترین بهره وری آب بر اساس وزن دانه بلال به مقدار ۰/۶۲ کیلوگرم در مترمکعب در ۷۱ درصد کم آبیاری رخ می دهد.

نتیجه گیری

یک سوم جمعیت جهان از مشکل کمبود آب رنج می برند و این روند در کشورهایمانند چین، هند و آمریکا و حتی کشور ما ایران رو به افزایش است و جهان در حال

انجام شود و حدود ۲۸ تا ۲۹ درصد از آب مورد نیاز مورد صرفه‌جویی قرار گیرد که در صورت موجود بودن زمین مازاد، قابلیت افزایش سطح زیر کشت نیز وجود دارد. نتایج نشان داد کم آبیاری بمیزان ۷۵ درصد نیاز آبی باعث صرفه‌جویی در مصرف آب به میزان حدود ۲۸ درصد شده و کاهش محصولی به مقدار حدود دو درصد داشته و معنی‌دار نبوده است.

در صورتی که در شرایط کم آبی باشیم تا ۲۵ درصد کاهش مقدار آب مورد نیاز محصول امری مورد قبول به نظر می‌رسد. البته اگر بهره‌وری آب جهت این مقایسه ملاک قرار داشته باشد، اعمال تنش آبی و یا کم آبیاری به مقدار ۷۵ درصد نیاز آبی منطقی بوده و موجب افزایش بهره‌وری آب می‌شود. نتایج همچنین نشان می‌دهد بالاترین بهره‌وری آب با توجه به آب مصرف شده و محصول بدست آمده در شرایطی روی می‌دهد که آبیاری با ۷۱ تا ۷۲ درصد نیاز آبی

فهرست منابع

۱. آقایی، ف.، خلیلی، ف.، اردکانی، م. ر. ۱۳۹۵. تأثیر کم آبیاری، آبیاری موضعی و پلیمر سوپر جاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۳. نشریه حفاظت منابع آب و خاک. ۶(۱): ۱-۱۴.
۲. اردلان، و.، آقایی، ف.، پاک نژاد، ف.، صادقی، شعاع، م.، اسماعیل زاده خراسانی، ش. و فاطمی ریکا، ز. ۱۳۹۱. بررسی اثر تنش کم آبیاری و شیوه‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم ذرت. مجله زراعت و اصلاح نباتات ۳(۸): ۱۷۵-۱۸۹.
۳. اکبری نودهی، د. ۱۳۹۳. تأثیر روش‌های آبیاری جویچه‌ای و کم آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت علوفه ای در مازندران. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. علوم آب و خاک. ۱۸(۷۰): ۲۵۴-۲۴۵.
۴. امام، ی.، رنجبر، غ. ۱۳۷۹. تأثیر تراکم بوته و تنش خشکی در مرحله رشد رویشی بر عملکرد و اجزای عملکرد و کارایی استفاده از آب بر ذرت دانه ای. مجله علوم زراعی ایران، ۲(۳): ۵۰-۶۲.
۵. پاک نژاد، ف.، وزان، س.، اجلی، ج.، میرآخوری، م. و م.، نصری. ۱۳۸۵. اثر تنش خشکی و روش‌های آبیاری بر عملکرد و اجزا عملکرد دو هیبرید ذرت. مجله دانش نوین کشاورزی. ۱۸: ۱۷ - ۲۶.
۶. خواجه پور، م. ۱۳۸۶. اصول و مبانی زراعت، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۴۲۷ صفحه.
۷. خیرابی، ج.، توکلی، ع.، انتصاری، م. ر.، سلامت، ع. ۱۳۷۵. دستورالعمل‌های کم آبیاری. کمیته ملی آبیاری وزهکشی. چاپ اول. ۲۱۸ صفحه.
۸. رضوردی نژاد، و.، سهرابی، ت.، لیاقت، ع. ا. ۱۳۸۵. بررسی اثر کم آبیاری بر عملکرد ذرت علوفه‌ای در مراحل مختلف رشد آن. همایش ملی مدیریت شبکه ی آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده مهندسی علوم آب.
۹. رشیدی، ش. ۱۳۸۴. بررسی اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد و سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت TC 647 در شرایط آب و هوایی خوزستان. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ۱۵۱ صفحه.
۱۰. رفیعی، م. ۱۳۸۱. اثرات تنش کمبود آب، روی و فسفر بر شاخص‌های رشد و عملکرد کمی و کیفی ذرت دانه‌ای. پایان نامه دکتری تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی واجد علوم تحقیقات خوزستان، ۱۹۵ صفحه.
۱۱. سپاسخواه، ع.، قهرمان، ب. ۱۳۸۵. مقایسه دو روش کم آبیاری سورگوم. تحقیقات منابع آب ایران.

۱۲. عابدی کوپائی، ج.، خواجه علی، ج.، سلیمانی، ر.، ملائی، ر. ۱۳۹۳. تأثیر توأم تنش آبی و آفات بر عملکرد ذرت. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. علوم آب و خاک. ۱۸(۶۷):۳۳-۲۳.
۱۳. عزیزاده، ا.، ۱۳۷۴. اصول طراحی سیستم های آبیاری (چاپ دوم) - انتشارات آستان قدس رضوی.
۱۴. عزیزاده، ا.، ۱۳۷۸. رابطه آب، خاک و گیاه (چاپ اول) - انتشارات آستان قدس رضوی.
۱۵. عزیزاده، ا.، ۱۳۸۵. طراحی سیستم های آبیاری. جلد اول: طراحی سیستم های آبیاری سطحی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد
۱۶. قاضیان تفریسی، ش.، آینه بند، ا.، توکلی، ح.، خاوری خراسانی، س.، جلینی، م. ۱۳۹۳. تأثیر کم آبیاری و روش کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف ذرت شیرین. نشریه پژوهش های زراعی ایران. ۱۱(۱): ۱۷۸-۱۷۱.
۱۷. مادح خاکسار، آ.، نادری، ا.، آینه بند، ا.، لک، ش. ۱۳۹۳. ارزیابی اثر همزمان کم آبیاری و تنش قطع آب بر صفات فیزیولوژیکی مؤثر بر عملکرد ذرت دانه ای سینگل کراس ۷۰۴. مجله پژوهش های به زراعی. ۶(۱): ۷۹-۶۳.
۱۸. نادری، ن.، فضل اولی، ر.، ضیاء تبار احمدی، م. خ.، شاهنظری، ع.، خاوری خراسانی، س. ۱۳۹۴. بررسی اثر روش های مختلف کم آبیاری بر عملکرد و کارائی مصرف آب ذرت علوفه ای. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۳(۹): ۵۳۱-۵۲۳.
۱۹. ولی زاده، م. مقدم، م. ۱۳۸۳. طرح های آزمایشی در کشاورزی، چاپ هشتم، ویراست سوم، انتشارات پرپور.
20. Cakir, R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Res.* 89(1): 1-16.
21. Chaudhery, M.R. and A.S. Qureshi. 1991. Irrigation technique to improve application efficiency and crop yield. *J. 3(1): 14-18.*
22. Claassen, M.M. and R.H. Shaw. 1970. Water deficits on corn, Grain component. *Agron. J.* 62: 652-655.
23. Doorenbos, J. and A.K. Kassam. 1979. Yield response to water. *Irrigation and Drainage Paper 33.* FAO, United Nations, Rome, Italy, pp. 176.
24. Edmeades, G.O., Bolanos, J., Banziger, M. and A. Ortega. 1998. Developing drought and low-nitrogen tolerant. *Maize Symposium Abstracts Dept. Agriculture, University of Queensland, Brisbane 4072.* Australia
25. English, M.J., Musick, I.J. and V.V. Murty. 1990. Deficit irrigation, *Journal of farm irrigation systems, ASAE*, 12(3): 222-230.
26. Jama, A.O. and M.J. Ottman. 1993. Timing of the first irrigation in corn and water stress conditioning. *Agron. J.* 85(6): 1159-1164.
27. Kuo, S. 1996. Phosphorus. In *Methods of Soil Analysis. Part 3, Chemical Methods*; Sparks, Madison, Wisconsin, 869-919.
28. Lam, F., Manges, H.B., Stonc, L.R., Khan and A. Rogers. 1995. Water requairment of subsurface drip irrigated corn in dorthuest kansus. *ASAE*, 38(2): 441-448
29. Oktem, A., M. Simsek and A.G. Oktem. 2003. Deficit irrigation effects on sweet corn (*Zea mays saccharata*Sturt) with drip irrigation in a semi-arid region. I. Water yield relationship. *Agric. Water Manage.* 61(1): 63-74.
30. Panda, P.K., S.K. Behera and P.S. Kashyap. 2004. Effective management of irrigation water for maize under stressed condition. *Agric. Water Manage.* 66(3): 181-203.
31. Panday, R.K., J.W. Marienville, and A. Adum. 2000. Deficit irrigation and nitrogen effect on maize in a sahelian environment. I. Grain yield components. *Agricultural water management.* 46: 1-13.
32. Payero, J.O., Tarkalson, D.D., Irmak, S., Davison, D. and J.L. Petersen. 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 of water management.* 95: 895-908.

Effects of Deficit Irrigation on Yield and Yield Components and Determination of Water Productivity of Zea Maize in Islamabad-Gharb Area

A.A. Sadraddini, M.A. Parandin^{1*} and A.H. Nazemi

Professor, Water Engineering Department, Tabriz University, Iran.

sadraddini1338@gmail.com

PhD student, Water Engineering Department, Tabriz University, Iran.

.amin_parandin@yahoo.com

Professor, Water Engineering Department, Tabriz University, Iran.

ahnazemi@yahoo.com

Abstract

Some experiments were performed around the Agricultural and Natural Resources Research Station of Islamabad-Gharb city in order to determine the reaction of corn crop to deficit irrigation strategy and its effects on yield, yield components and water productivity (WP) under furrow irrigation. The research used randomized complete block design (as a composite analysis in two years (2015 and 2016)). The treatments included irrigation with 100%, 75%, 50% and 25% water requirement with three replications. The SC704 Variety was used for planting corn. To compare the treatments, the 7 parameters of the performance components were considered, using analysis of variance (ANOVA). The results showed that the weight of corns in the first treatment was significantly superior to other treatments. Nevertheless, there was no significant difference in total weight of ears, ears length, seeds number per row, number of ear rows, wood weight and the weight of 1000 corns between treatments of 100% and 75% water requirement. However, in all measured attributes, there were significant differences between the other two treatments and the first and second treatments. Regarding water productivity in terms of total weight and grain weight of ears, the 75% treatment was superior to other treatments and had significant differences with the other treatments. In the treatment with 75% water requirement, WP was 0.8 kg/m³ based on the total weight of the grains, and based on the seed weight, it was 0.62 kg/m³, which were, respectively, 17% and 13% higher than the full irrigation treatment. The results showed that the highest water productivity was observed with about 30% deficit irrigation. It is to be noted that deficit irrigation may increase salinity of the root zone.

Key words: Efficiency, Drought stress, Furrow irrigation, Water requirements

¹ - Corresponding author: Professor, Water Engineering Department, Tabriz University IRAN

* - Received: December 2018, and Accepted: May 2019

33. Simsek, M., A. Can, N. Denek and T. Tonkaz. 2011. The effects of different irrigation regimes on yield and silage quality of corn under semi-arid conditions. *Afr. J. Biotechnol.* 10(31): 5869-5877.
34. Smith, M., and D. Kivumbi. 2004. Use of the FAO CROPWAT Model in Deficit Irrigation Studies. Joint FAO/IAEA Division. FAO Deficit Irrigation Practices. Water Reports 22: 17-27.
35. Stockle, C.O. and L.G. James. 1989. Analysis of deficit irrigation strategies for corn using crop growth simulation. *Irrig. Sci.* 10(2): 85-98 .
36. Walker, W.R. and G.V. Skogerboe. 1982. Surface irrigation, Theory and practice. Prentice-Hall New Jersey of Drainage and Reclaim. 3(1): 14-18
37. Yazar, A., T.A. Howell, D.A. Dusek and K.S. Copeland. 1999. Evaluation of crop water stress index for LEPA irrigated corn. *Irrig. Sci.* 18(4): 171-180.