نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳۳ / شماره ۲/ ۱۳۹۸
10.22092/JWRA.2019.119737

اثرات کم‌آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد و تعیین بهره‌وری آب ذرت‌دانه‌ای درایستگاه اسلام آباد غرب

سیدعلی‌اشرف 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 ذرت‌دانه‌ای نسبت به استراتژی کم‌آبیاری و تأثیر آن بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت‌دانه‌ای در منطقه اسلام‌آبادغرب تحت آبیاری جویچه‌ای و همچنین تعیین بهره‌وری آب، پژوهشی در اطراف ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان اسلام‌آبادغرب 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 کراس۷۰۴ استفاده شد. مقایسه تیمارهای مختلف با درنظر گرفتن هفت پارامتر اجزای عملکرد با استفاده از تجزیه واریانس (ANOVA) انجام شد نتایج نشان داد که صفت وزن دانه بلال ها در تیمار ۱۰۰ ٪ نیازآبی 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٪ نیازآبی و ۷۵٪نیازآبی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد درحالی که دو تیمار دیگر در کلیه صفات با تیمارهای اول و دوم تفاوت معنی‌داری داشتند. در خصوص بهره‌وری آب برای وزن کل و وزن دانه های بلال ها، تیمار ۷۵٪ نیاز آبی نسبت به سایر تیمارهای برتر بود و با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت. در تیمار آبیاری به میزان ۷۵٪ نیازآبی، بهره‌وری آب بر اساس وزن کل بلال‌ها ۰/۸ کیلوگرم در مترمکعب و بر اساس وزن دانه بلال‌ها ۰/۶۲کیلوگرم 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٪ نیازآبی انجام شود و لذا برای افزایش بهره‌وری آب بهتر است حدود۳۰٪ از نیازآبی محاسبه شده را کاهش داد. لازم به ذکر است که کم‌آبیاری می‌تواند منجر به افزایش شوری (انباشت املاح آب) در خاک منطقه ریشه‌دوانی گیاه شود.

واژه های کلیدی آبیاری جویچه‌ای، تنش خشکی، راندمان آبیاری، نیازآبی

---

[۱]– آدرس نویسنده مسئول: گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، آذربایجان شرقی

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

مقدمه

کم‌آبیاری 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 کم‌آبیاری عبارت است از مصرف عامدانه و عالمانه کمتر آب، به منظور افزایش تولید در مجموعه اراضی تحت پوشش و یا به‌عبارت ساده‌تر می‌توان گفت کم‌آبیاری عبارت است از استفاده بیشتر و بهتر از واحد حجم آب می‌باشد (سپاسخواه، ۱۳۸۵).

هدف اصلی از اجرای کم آبیاری افزایش کارائی 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 هزینه-های 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 کم‌آبیاری و تنش قطع‌آبیاری، بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی مؤثر بر عملکرد ذرت‌دانه‌ای 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 ٦۰ 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 شیری) بودند. نتایج تحقیق نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری کامل و بدون تنش قطع آب و کمترین مقدار آن در تیمار ٦۰ درصد آبیاری کامل و تنش قطع آب در مرحله گلدهی به دست آمد. اکبری نودهی (۱۳۹۳) در مطالعه‌ای تأثیر روش‌های آبیاری جویچه‌ای و کم‌آبیاری بر عملکرد و کارآیی 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 ٦۰ 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 ۱۰۰درصد نیاز آبی با آبیاری کامل جویچه‌ها بیشترین و تیمار ٦۰درصد نیاز آبی با آبیاری یک‌درمیان ثابت جویچه‌ها کمترین عملکرد ذرت علوفه‌ای را به خود اختصاص داده‌اند. بیشترین کارآیی مصرف آب در تیمار ٦۰ درصد نیاز آبی با آبیاری یک‌درمیان ثابت جویچه‌ها و کمترین مقدار کارآیی مصرف آب مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد نیازآبی با آبیاری کامل جویچه‌ها بودند. آقایاری و همکاران (۱۳۹۵) نیز جهت بررسی اثر کم‌آبیاری 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. کم‌آبیاری در سه سطح شامل آبیاری بر اساس ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیازآبی گیاه و روش‌های آبیاری جویچه‌ای در دوسطح 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. درصورتی که اختلاف عملکرد دانه در بین دو روش آبیاری موضعی

و تمام جویچه‌ای در شرایط آبیاری با ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی معنی‌دار نبود. لام و همکاران (۱۹۹۵) در کانزاس آمریکا با مطالعه آب موردنیاز آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در مزرعه‌ای با خاک سیلتی ـ لومی در کشت ذرت گزارش کردند که با کاهش ۲۵ درصدی آب موردنیاز گیاه عملکرد در مقدار حداکثر خود به میزان ۱۲/۵ تن در هکتار باقی می‌ماند. انگلیش و راجا (۱۹۹٦) 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 ٦۸ درصد افزایش داشت. ادمیدز و همکاران (۱۹۹۸) اظهار داشتند که تنش خشکی عملکرد ذرت را به طور متوسط ۱۷ درصد کاهش می‌دهد اما بسته به شدت و زمان وقوع خشکی، این کاهش عملکرد به ۸۰ درصد هم می‌رسد. یازار و همکاران (۱۹۹) 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 می‌شود. چن و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که افزایش میزان آبیاری منجر به اخذ محصول بیشتر است، اما مقدار آب موردنیاز برای به‌دست آوردن حداکثر بهره‌وری آب بسیار کمتر از میزان آب موردنیاز برای حصول حداکثر عملکرد دانه می‌باشد. 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 می‌دهد. ضمناً آنها دریافتند که بهره‌وری آب حساسیت بالایی به مقدار آب آبیاری داشته و با افزایش حجم آب مصرفی، این مشخصه مهم مدیریتی کاهش می‌یابد.

پاک‌نژاد (۱۳۸۵) نشان داد که تنش خشکی بر عملکرد دانه و کلیه اجزای عملکرد اثر معنی‌داری داشته است و تنش شدید موجب ۳۷ درصدکاهش عملکرد گردید. همچنین اردلان و همکاران (۱۳۹۱) به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی اثر معنی‌دار بر روی عملکرد و 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 تفریشی و همکاران (۱۳۹۲) نشان دادند که کم آبیاری سبب کاهش معنی‌دار کلیه صفات مورد ارزیابی در ذرت به جز شاخص برداشت می‌شود و بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار آبیاری تامین ۱۰۰ درصد نیازآبی و کمترین عملکرد مربوط به تیمار تأمین ٦۰ درصد نیازآبی بوده و کم‌آبیاری اجزای عملکرد و عملکرد دانه همه ارقام را کاهش می‌دهد. عابدی کوپائی و همکاران (۱۳۹۳) نتیجه گرفتند که اعمال تنش رطوبتی باعث کاهش ٦ تا ٦۲ درصدی عملکرد دانه ذرت گردیده و همچنین سایر صفات زراعی ذرت به جز درصد پروتئین را نیز کاهش داد.

کاکر (۲۰۰٤) نشان داد که تأثیر حذف آبیاری در مراحل کاکل دهی و تشکیل چوب ذرت، روی عملکرد و پارامترهای رویشی معنی‌دار و باعث کاهش ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ می‌شود. امام و رنجبر (۱۳۷۹) با اعمال کم‌آبیاری بر ذرت‌دانه‌ای به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی تأثیری بر وزن چوب بلال ندارد. نتایج به دست آمده توسط رضاوردی نژاد و همکاران (۱۳۸۵) نشان دادند که کلیه صفات عملکرد محصول ذرت‌دانه‌ای با افزایش تنش آبی کاهش می‌یابد.

باتوجه به اهمیت کشت ذرت‌دانه‌ای در کشور و مصارف آن در تولید روغن مایع خوراکی و تأمین دان مرغی و با توجه به چالش‌های موجود در کشور و منطقه در رابطه با محدودیت منابع آب، این تحقیق با هدف بررسی واکنش گیاه ذرت‌دانه‌ای که نیازآبی بالایی دارد نسبت به استراتژی کم‌آبیاری انجام شده است. تأثیر کم‌آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت‌دانه‌ای در منطقه اسلام‌آبادغرب تحت آبیاری جویچه‌ای و تعیین بهره‌وری مصرف آب تحت تنش آبی از اهداف این پژوهش می‌باشد

مواد و روش‌ها

این پژوهش در اطراف ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان اسلام‌آبادغرب واقع درطول جغرافیائی ٤٨ درجه و ٢٨ دقیقه شرقی و عرض جغرافیائی ٣٤ درجه و ٧ دقیقه شمالی انجام گردید.

در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹٦ از خاک‌های منطقه مورد مطالعه برای هر سال در سه عمق مختلف نمونه‌برداری انجام شد، برخی از ویژگی‌های فیزیکی وشیمیایی 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، ۱۹۹٦).

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		۳۷	۱۹	۱/۲۸	۱۹/۴	۳۸/۱	۴۲/۵	Clay loam
		۳۰-۶۰	۰/۶	۷/۶۲	۱	۳۶/۵	۱۹					
		۶۰-۹۰	۰/۵	۷/۷۵		۳۶	۱۸/۵					
۱۳۹۶	۹۶/۰۲/۲۴	۰-۳۰	۰/۶۵	۷/۶		۳۶/۵	۱۸/۵	۱/۲۶	۱۹/۷	۴۰/۵	۳۹/۸	Clay loam
		۳۰-۶۰	۰/۶۵	۷/۶۵	۰/۹	۳۶	۱۸					
		۶۰-۹۰	۰/۶	۷/۷		۳۶	۱۸					

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 سانتی‌متر مکعب

جدول ۲- خصوصیات آب منطقه مورد مطالعه

سال	تاریخ نمونه گیری	آنیونها (meq L^{-1})		کاتیونها (meq L^{-1})		EC (µmoh cm^{-1})	PH	TDS (mg L^{-1})
۱۳۹۵	۹۵/۰۲/۲۴	۲/۱	CO_3^{--}	۶/۳	Ca^{++}	۶۱۰	۷/۶	۳۹۰
		۳/۱	HcO_3^-	۳/۱	Mg^{++}			
		۲/۵	Cl^-	۱/۱۵	Na^+			
		۲/۹	SO_2^{--}	۰/۰۵	K^+			
۱۳۹۶	۹۶/۰۲/۱۵	۲/۰۵	CO_3^{--}	۶/۱	Ca^{++}	۶۰۰	۷/۴	۳۸۵
		۳/۰۵	HcO_3^-	۳/۱۵	Mg^{++}			
		۲/۵	Cl^-	۱/۱۵	Na^+			
		۲/۸۵	SO_2^{--}	۰/۰۵	K^+			

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

جهت کاشت ذرت از رقم سینگل کراس ٧٠٤ 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 ۱۳۹٦/۰۲/۱۵ انجام گرفت و عمق کاشت ٦-٤ سانتی متر بوده و فاصله بوته ها در ردیف ها 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

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 زنجرک 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 منظورحذف 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 ٢٤ 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 دانه ها از بلال جدا خواهند شد (خواجه پور، ١٣٨٦). لذا زمان برداشت بر اساس صفات فیزولوژیک گیاه و درصد رطوبت دانه ذرت (٢٤٪) و مشخصات ظاهری بوته ذرت و با بهره گیری 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 درردیف 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 بود که باتوجه به اینکه هر کرت آزمایشی حدود ٤٥٠ مترمربع بود، لذا باتوجه به تعداد چهار تیمار و سه تکرار موجود در طرح، در مجموع مساحت مزرعه حدود ٥٤٠٠ مترمربع بود آبگیری در مزارع از طریق یک آبگیر ۳ اینچی انجام شد و آب آن توسط لوله‌های فلزی به کنتورها و بعد از آن توسط لوله‌های پلی‌اتیلن 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 قرارداده 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 ١٣٩٤ و ١٣٩٥ بود و تیمارها نیز مقادیر آب آبیاری به میزان آبیاری با ۱۰۰٪ 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 تبخیر کلاس A و با استفاده از معادله زیر عمل خواهد شد:

$$ETc = Kc \times Kp \times Epan \qquad (۱)$$

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 انتهایی رشد گیاه به‌ترتیب ٠/٦٦، ٠/٩٤، ١/٢٨ و ٠/٩٣ است (صدرالدینی، ۱۳۹۷)، Kp

ضریب تشتک تبخیر کلاس A، Epan میزان تبخیر از تشتک کلاس A بر حسب میلی‌متر درروز (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.

$$T_{CO} = T_t + T_n - T_r \qquad (۲)$$

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 شیبدار که شیب کافی داشته باشد، می‌توان زمان عقب نشینی را صفر فرض کرد. در این طرح نیز چون شیب زمین ۰/۰۰۳ یعنی ۰/۳ درصد بوده و انتهای جویچه‌ها نیز باز بود، زمان عقب نشینی صفر فرض شد، لذا:

$$T_{CO} = T_t + T_n \qquad (۳)$$

از طرفی مقدار T_n از طریق معادله نفوذ کوستیاکف–لوئیس محاسبه می شود (واکر،۱۹۸۲):

$$I_n = k(t_n)^a + f_0 t_n \qquad (٤)$$

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 فاز پیشروی برای تخمین پارامترهای معادله نفوذ کوستیاکف‌لوئیس استفاده می‌شود. با درنظر 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 می باشند.

$$X = p.t^r \qquad (۵)$$

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

$$a = \left[\frac{\log\left[\frac{Q_1 t_1}{x_1} - \overline{A}_1 - \frac{ct_1}{1+r}\right] - \log\left[\frac{Q_2 t_2}{x_2} - \overline{A}_2 - \frac{ct_2}{1+r}\right]}{\log \frac{t_1}{t_2}} \right] \qquad (٦)$$

$$k = \left[\frac{\left[\frac{Q_1 t_1}{x_1} - \overline{A}_1 - \frac{ct_1}{1+r}\right]}{\acute{o}_2 t_1^{\,b}} \right] \qquad (۷)$$

که درآن:

$\overline{A}$ متوسط سطح مقطع جریان، t زمان پیشروی، Q دبی ورودی به جویچه، x: طول پیشروی و $\acute{o}_2$: فاکتور شکل زیرسطحی که از رابطه زیر بدست می آید:

$$\acute{o}_2 = \left[\frac{b+1+r(1-b)}{(1+b)(1+r)} \right] \qquad (۸)$$

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

$$r = \left[\frac{\log(\frac{x_1}{x_2})}{\log(\frac{t_1}{t_2})} \right] \qquad (۹)$$

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 درنظر 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:

$$f_0 = \left[\frac{Q_{in} - Q_{out}}{L} \right] \qquad (۱۰)$$

که در آن:

Q_{in} دبی ورودی به جویچه، Q_{out} دبی خروجی از جویچه که همان رواناب انتهای 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 وزن کشی 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 دانه کردن آنها با دست، وزن کشی 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 ١٤ 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 هرسال 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 نرم افزار SAS استفاده شد.

بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام شده جهت تعیین عملکرد محصول در هنگام برداشت محصول، میزان تولید محصول ذرت طبق اندازه گیری‌های اولیه و بر اساس وزن دانه ذرت در تیمارهای مختلف محاسبه گردید و با توجه به اینکه عملکرد محصول ذرت با احتساب رطوبت ١٤ 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 درهر هکتار برای کل دوره رشدگیاه، بهره‌وری آب درهر تیمار به دست آمد

$$WP = \frac{Yield}{V_{total}} \qquad (۱۱)$$

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 آبشویی در طول فصل آبیاری و یا حتی در سراسر چندین فصل آبیاری باعث انباشته شدن املاح در منطقه ریشه می‌شود. طبیعتا 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 کم آبی قرار می گیرند (علیزاده،١٣٨٥). تاریخ و حجم آب آبیاری برای تیمارهای مختلف در فصول زراعی ١٣٩٥ و ١٣٩٦ در جدول(٣) ارائه شده است. مشاهده می‌شود که در سال‌های ١٣٩٥ و ١٣٩٦ مقادیر آب آبیاری بترتیب ١٦٩٦٣ و ١٧١٧٩ مترمکعب در هکتار در طول فصل زراعی بوده است. این تفاوت ناشی از بارندگی‌های فصل بهار در سال ١٣٩٥ و شرایط آب و هوائی بوده است. همچنین در تیمار ٧٥ درصد نیازآبی مقادیر آب آبیاری برای سال‌های ١٣٩٥ و ١٣٩٦بترتیب ١٣٢٠٦ و ١٣٤٧١ مترمکعب در هکتار است که نسبت به آبیاری کامل بترتیب ٧٧/٩ درصد و ٧٨/٤ درصد می‌باشد. در تیمار ٥٠ درصد نیازآبی مقادیر آب آبیاری برای سال‌های ١٣٩٥ و ١٣٩٦بترتیب ٩٦٦٧ و ٩٩٩٧ مترمکعب در هکتار است که نسبت به آبیاری کامل بترتیب ٥٧٪ و ٥٨/٢٪ می‌باشد. در تیمار ٢٥ درصد نیازآبی مقادیر آب آبیاری برای سال‌های ١٣٩٥ و ١٣٩٦ بترتیب ٦٢٧٦ و ٦٣٥٦ مترمکعب در هکتار است که نسبت به آبیاری کامل بترتیب ٣٧ درصد و ٣٧ درصد می‌باشد. مقادیر بیشتر آب استفاده شده در هر تیمار بعلت تلفات آب بعلت نفوذ

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 (٤) آورده شده است.

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد کلیه پارامترهای عملکرد محصول در سطح یک درصددر 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 بلال ها 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 تنش‌رطوبتی باعث کاهش وزن بلال‌ها می‌شود؛ که این کاهش درتیمار 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 به‌ترتیب ۲/۰۷ درصد، ۳۳/٦ درصد و ٦۲/۷ درصد کاهش عملکرد در وزن کل بلال‌ها، ۰/۵ درصد، ۵/۹ درصد و ۲٦/۱ درصد کاهش عملکرد در طول بلال‌ها، ۰/٦ درصد، ۱۰/۲ درصد و ۲۵/۱ درصد کاهش عملکرد در تعداد ردیف بلال‌ها، ۱/۷ درصد، ۷/۸ درصد و ۲٦/٦ درصد کاهش عملکرد در تعداد دانه در ردیف، ۲/٦ درصد، ۳۳ درصد و ٦۳/۱ درصد کاهش عملکرد در وزن دانه بلال‌ها، ۲ درصد، ۵/٦ درصد و ٤۱/۸ درصد کاهش عملکرد در وزن چوب بلال‌ها و ۱/۹ درصد، ۳٦/۱ 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.

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٪ نیازآبی	تیمار ۷۵٪ نیازآبی	تیمار ۵۰٪ نیازآبی	تیمار ۲۵٪ نیازآبی			تیمار ۱۰۰٪ نیازآبی	تیمار ۷۵٪ نیازآبی	تیمار ۵۰٪ نیازآبی	تیمار ۲۵٪ نیازآبی
آبیاری اول	۱۳۹۵/۰۲/۲۴	۴۰	۶۸۶	۵۸۵	۴۹۰	۳۱۸	۱۳۹۶/۰۲/۱۶	۴۰	۶۸۶	۵۸۲	۴۸۵	۳۰۲
آبیاری دوم	۱۳۹۵/۰۳/۰۷	۵۰	۸۰۷	۶۵۲	۵۰۰	۳۲۵	۱۳۹۶/۰۲/۳۱	۴۰	۶۷۷	۵۵۹	۴۴۷	۲۷۸
آبیاری سوم	۱۳۹۵/۰۳/۲۲	۶۰	۹۴۹	۷۴۵	۵۵۰	۳۵۷	۱۳۹۶/۰۳/۱۳	۴۰	۶۸۲	۵۶۰	۴۴۸	۳۷۸
آبیاری چهارم	۱۳۹۵/۰۴/۰۳	۷۰	۱۰۸۳	۸۴۲	۶۱۹	۴۰۳	۱۳۹۶/۰۳/۲۲	۶۰	۹۵۰	۷۵۰	۵۵۷	۳۴۷
آبیاری پنجم	۱۳۹۵/۰۴/۱۲	۸۰	۱۲۱۷	۹۴۹	۶۸۳	۴۴۳	۱۳۹۶/۰۴/۰۱	۶۰	۹۵۰	۷۵۰	۵۶۸	۳۵۴
آبیاری ششم	۱۳۹۵/۰۴/۲۱	۹۰	۱۳۷۲	۱۰۵۱	۷۴۹	۴۸۶	۱۳۹۶/۰۴/۰۹	۸۰	۱۲۴۶	۹۴۹	۶۹۰	۴۳۲
آبیاری هفتم	۱۳۹۵/۰۴/۳۰	۹۰	۱۳۷۹	۱۰۴۹	۷۴۶	۴۸۴	۱۳۹۶/۰۴/۱۸	۸۰	۱۱۶۳	۹۱۱	۶۶۷	۴۱۸
آبیاری هشتم	۱۳۹۵/۰۵/۰۷	۹۰	۱۳۶۲	۱۰۴۴	۷۴۲	۴۸۲	۱۳۹۶/۰۴/۲۶	۸۰	۱۱۷۱	۹۱۱	۶۶۷	۴۱۸
آبیاری نهم	۱۳۹۵/۰۵/۱۵	۹۰	۱۳۶۴	۱۰۴۵	۷۴۲	۴۸۲	۱۳۹۶/۰۵/۰۳	۸۰	۱۱۸۵	۹۱۸	۶۶۶	۴۱۷
آبیاری دهم	۱۳۹۵/۰۵/۲۲	۹۰	۱۳۴۳	۱۰۳۵	۷۳۶	۴۷۸	۱۳۹۶/۰۵/۱۰	۱۰۰	۱۴۴۴	۱۱۰۳	۷۹۲	۴۹۷
آبیاری یازدهم	۱۳۹۵/۰۵/۲۹	۹۰	۱۳۳۹	۱۰۳۵	۷۴۷	۴۸۵	۱۳۹۶/۰۵/۱۸	۱۰۰	۱۴۵۲	۱۰۹۶	۷۸۹	۴۹۶
آبیاری دوازدهم	۱۳۹۵/۰۶/۰۷	۸۰	۱۲۰۷	۹۳۶	۶۸۱	۴۴۲	۱۳۹۶/۰۵/۲۵	۱۰۰	۱۴۲۱	۱۱۰۳	۷۸۷	۴۹۵
آبیاری سیزدهم	۱۳۹۵/۰۶/۱۵	۷۰	۱۰۹۴	۸۳۸	۶۱۵	۳۹۹	۱۳۹۶/۰۶/۰۲	۸۰	۱۱۶۴	۹۰۷	۶۶۵	۴۱۷
آبیاری چهاردهم	۱۳۹۵/۰۶/۲۶	۶۰	۹۴۳	۷۴۹	۵۶۱	۳۶۴	۱۳۹۶/۰۶/۱۰	۸۰	۱۱۶۵	۹۱۱	۶۶۶	۴۱۸
آبیاری پانزدهم	۱۳۹۵/۰۷/۰۳	۵۰	۸۱۸	۶۵۱	۵۰۶	۳۲۸	۱۳۹۶/۰۶/۲۰	۶۰	۹۱۲	۷۳۱	۵۵۲	۳۴۵
آبیاری شانزدهم	–	–					۱۳۹۶/۰۶/۲۷	۶۰	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	فاکتور	وزن کل بلال‌ها	طول بلال‌ها	تعداد ردیف بلال‌ها	تعداد دانه در ردیف بلال‌ها	وزن دانه بلال‌ها	وزن چوب بلال‌ها	وزن هزار دانه
۱۳۹۴	تکرار	۲	SS	۱۱۸۴۴۶/۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۲/۵۴	۵۷۸۵۳	۱۴۴۴/۱	۱۷۳/۲
			F	۳/۳۲	۰/۲۳	۰/۳۷	۱/۸۴	۲/۸۸	۱/۵۷	۱/۶۳
	تیمار	۳	SS	۷۶۴۵۴۵۰۰	۳۱	۲۷/۹	۲۰۵/۲	۴۷۵۰۲۴۹۸	۵۱۵۲۱۴/۳	۹۹۷۰۲/۸
			F	۱۴۲۷**	۱۰۳**	۱۱۴**	۹۹**	۱۵۷۸**	۳۷۲**	۶۲۸**
	خطا	۶	SS	۱۰۷۱۴۶/۲	۰/۶	۰/۴۹	۴/۱۵	۶۰۱۹۴	۲۷۶۸/۳	۳۱۷/۸
۱۳۹۵	تکرار	۲	SS	۲۷۳۷۹۲/۲	۰/۲۷	۰/۳۷	۱/۹۳	۲۴۳۳۱۱	۵۴۵۴/۸	۱۱۵/۹
			F	۳/۹*	۴/۸۴*	۳۱**	۱/۷۴	۴/۷۴*	۲/۲۷	۱/۱۶
	تیمار	۳	SS	۷۷۱۰۷۱۱۷	۲۹/۴۹	۲۶/۰۹	۱۹۰/۰۷	۴۴۲۰۱۴۰۲	۵۱۶۵۴۹/۷	۱۰۰۰۴۸
			F	۷۳۳**	۳۵۰**	۱۴۹۰**	۱۱۴**	۵۷۴**	۱۴۳**	۶۶۶**
	خطا	۶	SS	۲۱۰۳۷۷/۸	۰/۱۷	۰/۰۴	۳/۳۳	۱۵۴۰۵۸	۷۲۱۹/۲	۳۰۰/۷
تجزیه مرکب	سال	۱	SS	۱۹۰۸	۰/۰۴	۰/۱۲	۰/۹۲	۱۵۳/۳	۰/۱۲	۲۳/۷
			F	۰/۰۷	۰/۵۹	۲/۷۵	۱/۴۸	۰/۰۱	۰	۰/۴۶
	تکرار درسال	۴	SS	۳۹۲۲۳۹	۰/۳۲	۰/۴۳	۴/۴۷	۳۰۱۱۶۴	۶۸۹۸/۹	۲۸۹
			F	۳/۷۱*	۱/۲۴	۲/۴۷	۱/۷۹	۴/۲۲*	۲/۰۷	۱/۴
	تیمار	۳	SS	۱۵۳۵۶۰۷۴۷	۶۰/۴	۵۳/۹۱	۳۹۴/۹۱	۹۱۵۹۴۶۱۵	۱۰۳۱۳۳۹	۱۹۹۷۴۰
			F	۱۹۳۴/۵**	۳۱۴**	۴۱۰/۴**	۲۱۱/۲**	۱۷۱۰**	۴۱۳**	۱۲۹۲**
	تیمار در سال	۳	SS	۸۷۰	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۳۴	۱۰۹۲۸۴	۴۲۴/۸	۱۰/۶
			F	۰/۰۱	۰/۲۱	۰/۵۷	۰/۱۸	۲/۰۴	۰/۱۷	۰/۰۷
	خطا	۱۲	SS	۳۱۷۵۲۴	۰/۷۷	۰/۵۳	۷/۴۸	۲۱۴۲۵۲	۹۹۸۷/۵	۶۱۸/۴

*= 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

صفت	تیمار	سال ۱۳۹۵				سال 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 (کیلوگرم در هکتار)	مقدار	۱۱۲۳۶	۱۱۰۱۲	۷۴۷۷	۴۲۰۵	۱۱۲۳۴	۱۰۹۹۶	۷۴۵۴	۴۱۷۲	۱۱۲۳۷	۱۱۰۰۴	۷۴۶۶	۴۱۸۸
	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	مقدار	۴۶/۵	۴۵/۷	۴۳	۳۴	۴۶/۱	۴۵/۲	۴۲/۳	۳۴	۴۶/۳	۴۵/۵	۴۲/۷	۳۴
درردیف بلالها	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

براساس 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 ١٤ درصد محاسبه می-گردد.

نتـایج حاصـــل از عملکرد ذرت در رطوبت ١٤ درصـد و همچنین عملکرد واقعی محصول در جدول (٦) آمده اسـت. با توجه به حجم آب داده شـده در هر هکتار برای کـل دوره رشـــد گیـاه بهره‌وری آب در هر تیمار به دسـت آمد که در جدول (٧) ارائه شده است. نتایج تجزیه مرکب داده‌ها که در جدول (٧) نشان داد که اثر سال روی بهره‌وری آب معنی‌دار بوده اســـت کـه این امر در ســـایر صـفات عملکرد که در جدول (٥) ارائه شده است، مشهود نبود. به نظر می‌رسد علت این تفاوت احتمالا به تفاوت در وضـــعیت آب و هوایی و وضـــعیت خاک بین دوســـال باز می‌گردد که روی مقدار نیازآبی تأثیر بیشـــتری داشـــته ولی تأثیر آن بر عملکرد نهایی محصول کمتر بوده است.

نتایج تجزیه واریانس داده های مربوط به بهره-وری آب برای وزن دانه های بلال ها و همچنین برای وزن کل بلال ها که در جدول (٧) آمده است نشان دهنده این است که در هر دو مورد در سطح ١ درصد بین تیمارها تفاوت معنی‌دار وجود دارد. نتایج آزمون LSD که خلاصه آن در جدول (٨) ارائه شده است نیز نشان داده در خصوص بهره‌وری آب برای وزن‌کل و وزن‌دانه‌های بلال‌ها، تیمار ٧٥ درصد نیازآبی نسبت به سایر تیمارهای برتر بوده و با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری دارند و تنش آبی به میزان ٧٥ درصد نیازآبی بهره‌وری آب را بر اساس وزن کل دانه مقدار ٠/٨ کیلوگرم درمترمکعب و بر اساس وزن دانه مقدار ٠/٦٢ کیلوگرم درمترمکعب نموده و به ترتیب ٠/١٧ و ٠/١٣ نسبت به آبیاری‌کامل افزایش می‌دهد. باتوجه به آمار ارائه شده توسط وزارت‌جهاد کشاورزی، برای تولید هر کیلوگرم ذرت مقدار ٧٦٠ لیترآب موردنیاز است و به عبارت دیگر کارائی‌مصرف آب برای ذرت‌دانه‌ای ٠/٧٦ کیلوگرم درمترمکعب است. معصومی و همکاران بهره‌وری آب برای آبیاری ١٠٠ درصد نیازآبی را ٠/٨٦ کیلوگرم درمترمکعب و برای آبیاری با ٨٥ درصد نیازآبی را ٠/٤٥ کیلوگرم درمترمکعب برآورد نمودند. مادح خاکسار و همکاران (١٣٩٣) نشان دادند برای تولید یک کیلوگرم دانه ذرت در منطقه خوزستان بین ٤٤٠ تا ٦٥٠ لیتر آب مورد نیاز است. همچنین اکبری نودهی (١٣٩٣) نشان داد بیشترین کارآیی مصرف آب در تیمار ٦٠ درصد نیاز آبی و کمترین مقدار کارآیی مصرف آب مربوط به تیمار ١٠٠ درصد نیازآبی است. انگلیش و راجا (١٩٩٦) نیز نشان دادند که با ٥٩ درصد کاهش آب مصرفی ذرت و با افزایش سطح زیر کشت با آب مازاد، تولید کل ٦٨ درصد افزایش داشت.

چن و همکاران (٢٠٠٩) نشان دادند که مقدار آب موردنیاز برای به‌دست آوردن حداکثر بهره‌وری آب بسیار کمتر از میزان آب مورد نیاز برای حصول حداکثر عملکرد دانه می‌باشد. پایرو و همکاران (٢٠٠٨) دریافتند که بهره-وری آب حساسیت بالایی به مقدار آب آبیاری داشته و با افزایش حجم آب مصرفی، این مشخصه مهم مدیریتی کاهش می‌یابد. نادری و همکاران (١٣٩٤) نیز نشان دادند که اعمال کم آبیاری سبب ١٤ تا ٢٨ درصد صرفه‌جویی در میزان آب مصرفی در کل فصل رشد گردید. شیمشک و همکاران (٢٠١١) در تحقیقی اثر چهار تیمار آبیاری (٢٥، ٥٠، ٧٥ و ١٠٠ درصد نیازآبی گیاه) را در ذرت مورد بررسی قرار دادند که بیشترین درصد ماده خشک (٢٦/٥ درصد) در تیمار ١٠٠ درصد و کمترین آن (٢٣ درصد) در تیمار ٢٥ درصد نیازآبی گیاه بدست آمد.

نتـایج تحقیق نشـــان می‌دهـد برای تولیـد یـک کیلوگرم دانـه ذرت در منطقـه بین ٤٩٠ تـا ٦٣٠ لیتر آب مورد نیاز می‌باشـــد تفاوت زیادی بین نتایج بدســـت آمده دراین تحقیق بـا نتـایج ســـایر محققین وجود نـدارد و تفاوتهای اندک ناشی از تفاوت‌های اقلیمی و شرایط آب و هوایی است که روی مقدارآب مصرفی و میزان تولید تأثیر گذاشته است.

جدول ۶- میانگین رطوبت و عملکرد محصول ذرت‌دانه‌ای بطور متوسط

سال	مقدار آبیاری	میانگین درصد رطوبت دانه بلالها	اختلاف با رطوبت ۱۴درصد	وزن کل بلالها (Kg/ha)	وزن کل بلالها با کسر رطوبت (Kg/ha)	وزن دانه بلالها (Kg/ha)	وزن دانه با کسر رطوبت (Kg/ha)	کل حجم آب داده شده ($m^3\ ha^{-1}$)	بهره وری آب براساس وزن کل بلالها (مترمکعب‌آب/ کیلوگرم)	بهره وری آب براساس وزن دانه بلالها (مترمکعب‌آب/ کیلوگرم)
۱۳۹۵	۱۰۰٪ آبیاری	۱۷/۷	۳/۷	۱۱۲۳۶	۱۰۸۲۰	۸۷۸۷	۸۴۶۲	۱۶۹۶۲/۷	۰/۶۴	۰/۵
	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	۰/۵
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	۳۲۲۸	۳۱۲۴	۶۳۱۶/۳	۰/۶۴	۰/۵

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

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

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 معنی‌دار داشتن آنها در آزمون مقایسه میانگین تیمارها به روش LSD و در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد

باتوجه به چهار نقطه محاسبه شده و به روش محاسبات عددی می‌توان یک رابطه به شکل زیر بین مقدار کم‌آبیاری یا تنش آبی و بهره‌وری آب برآورد نمود.

$$y_1 = -1.08x^2 + 1.362x + 0.3575 \quad (۱۲)$$

$$y_2 = -0.84x^2 + 1.054x + 0.2825 \quad (۱۳)$$

که در آن:

y_1 مقدار بهره‌وری آب بر اساس وزن کل بلال و y_2 مقدار بهره‌وری آب بر اساس وزن دانه بلال و x مقدار تنش آبی یا درصد کم‌آبیاری است.

لازم به ذکر است که ضریب رگرسیون روابط درجه دو به‌دست آمده با اعداد حاصله از محاسبات به‌ترتیب ۰/۹۱ و ۰/۹۲۸ بوده که نشان دهنده دقت مناسب روابط می‌باشد.

حال با استفاده از این دو رابطه در می‌یابیم بیشترین بهره‌وری آب بر اساس وزن کل به مقدار ۰/۸ در ۷۲٪ کم آبیاری رخ می‌دهد و بیشترین بهره‌وری آب بر اساس وزن دانه بلال به مقدار ۰/٦۲ کیلوگرم در مترمکعب در ۷۱ درصد کم آبیاری رخ می‌دهد.

نتیجه‌گیری

یک سوم جمعیت جهان از مشکل کمبود آب رنج می برند و این روند درکشورهایی مانند چین، هند و آمریکا و حتی کشور ما ایران رو به افزایش است و جهان در حال حاضر در حال تجربه بحران آب می باشد. به گزارش شبکه خبری آب ایران، درسال ۲۰۲۵، به علت بحران کمبود آب، از هرسه انسان، یک نفر با مشکل کمبود آب مواجه خواهد شد. (میرئی،۱۳۸۲). متوسط تبخیر در کشور در حدود ۲۱۰۰ میلی‌متر 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 ۰/۳٦ درصد منابع آب شیرین و تجدید شونده را در اختیار دارد (میرئی،۱۳۸۲). آبیاری کامل به‌منظور کسب حداکثر محصول از واحد سطح درشرایطی قابل اعمال است که اولاً آب به‌مقدار 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 مقدارکافی دردسترس نباشد، بلکه اراضی مستعد و قابل احیای زیادی وجود دارند که درصورت رسیدن آب به آنها امکان افزایش تولید قابل توجهی وجود خواهد داشت، روش کم آبیاری یک راهکار مناسب برای صرفه‌جویی درمصرف آب است و بخصوص درجاهایی که ارزش اقتصادی آب مصرفی بالا می‌باشد (علیزاده،۱۳۸۵).

نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان می‌دهد که کم آبیاری باعث کاهش عملکرد و اجزای عملکرد محصول گیاه ذرت‌دانه‌ای می‌شود. البته این کاهش صفات عملکرد محصول ذرت‌دانه‌ای تا ۷۵ درصد نیازآبی تأثیر معنی‌داری نداشته و اگر ارزش اقتصادی آب بالا باشد و یا

در صورتی که در شرایط کم‌آبی باشیم تا ۲۵ درصد کاهش مقدار آب موردنیاز محصول امری مورد قبول به نظر می‌رسد. البته اگر بهره‌وری آب جهت این مقایسه ملاک قرار داشته باشد، اعمال تنش آبی و یا کم‌آبیاری به مقدار ۷۵ درصد نیازآبی 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 نیازآبی انجام شود و حدود ۲۸ تا ۲۹ درصد از آب موردنیاز مورد صرفه‌جوئی قرار گیرد که در صورت موجود بودن زمین مازاد، قابلیت افزایش سطح زیر کشت نیز وجود دارد. نتایج نشان داد کم‌آبیاری بمیزان ۷۵ درصد نیازآبی باعث صرفه‌جوئی در مصرف آب به میزان حدود ۲۸ درصد شده و کاهش محصولی به مقدار حدود دو درصد داشته و معنی‌دار نبوده است.

فهرست منابع

۱. آقایاری، ف.، خلیلی، ف.، اردکانی، م ر. ۱۳۹۵. تأثیر کم‌آبیاری، آبیاری موضعی و پلیمر سوپرجاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۳. نشریه حفاظت منابع آب و خاک. ٦(۱): ١٤-١.

۲. اردلان،و.، آقایاری،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 زارعت و اصلاح نباتات ۳(۸): ۱۸۹-۱۷۵.

۳. اکبری نودهی، د. ۱۳۹۳. تأثیر روش‌های آبیاری جویچه‌ای و کم آبیاری بر عملکرد و کارآیی مصرف آب ذرت علوفه ای در مازندران. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. علوم آب و خاک. ۱۸(۷۰): ٢٥٤-٢٤٥

٤. امام، ی.، رنجبر، غ. ۱۳۷۹. تأثیر تراکم بوته و تنش خشکی در مرحله رشد رویشی بر عملکرد و اجزای عملکرد و کارآیی استفاده از آب بر ذرت‌دانه ای. مجله علوم زراعی ایران، ۲(۳): ۵۰-٦٢.

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 – ٢٦.

٦. خواجه پور، م. ۱۳۸٦. اصول و مبانی زراعت، دانشگاه صنعتی اصفهان. ٤٢٧ صفحه.

۷. خیرابی، ج.، توکلی، ع.، انتصاری، م ر.، سلامت، ع. ۱۳۷۵. دستورالعملهای کم‌آبیاری. کمیته‌ملی‌آبیاری وزهکشی. چاپ اول. ۲۱۸ صفحه

۸. رضاوردی نژاد، و.، سهرابی، ت.، لیاقت، ع ا. ۱۳۸۵. بررسی اثر کم‌آبیاری 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. ۱۳۸٤. 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 ذرت‌دانه‌ای. پایان‌نامه 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(٦٧):۳۳-۲۳.

۱۳. علیزاده، ا، ۱۳۷٤. اصول طراحی سیستم های آبیاری (چاپ دوم) – انتشارات آستان قدس رضوی.

۱٤. علیزاده، ا، ۱۳۷۸. رابطه آب، خاک و گیاه (چاپ اول) – انتشارات آستان قدس رضوی.

۱۵. علیزاده .ا . ۱۳۸۵ . طراحی سیستم های آبیاری. جلد اول: طراحی سیستم‌های آبیاری سطحی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

۱٦. قاضیان تفریشی ،ش.، آینه بند، ا.، توکلی، ح.، خاوری خراسانی، س.، جلینی، م. ۱۳۹۳. تاثیر کم آبیاری و روش کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف ذرت شیرین. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۱(۱۱): ۱۷۸-۱۷۱.

۱۷. مادح خاکسار، آ.، نادری، ا.، آینه بند، ا.، لک، ش. ۱۳۹۳. ارزیابی اثر همزمان کم‌آبیاری و تنش قطع آب بر صفات فیزیولوژیکی مؤثر بر عملکرد ذرت‌دانه‌ای سینگل کراس۷۰٤. مجله پژوهش‌های به‌زراعی. ٦(۱): ۷۹-٦۳.

۱۸. نادری، ن.، فضل اولی، ر.، ضیاء تبار احمدی، م خ.، شاهنظری، ع.، خاوری خراسانی، س. ۱۳۹٤. بررسی اثر روش‌های مختلف کم‌آبیاری بر عملکرد و کارآئی مصرف آب ذرت علوفه‌ای. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۹(۳): ۵۳۱-۵۲۳.

۱۹. ولی زاده، م. مقدم، م.۱۳۸۳. طرح های آزمایشی درکشاورزی ،چاپ هشتم، ویراست سوم، انتشارات پریور.

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 saccharataSturt) 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/m^3 based on the total weight of the grains, and based on the seed weight, it was 0.62 kg/m^3, 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.