

تأثیر توأم مدیریت آبیاری جویچه‌ای یک در میان متناوب در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت در بافت‌های مختلف خاک

محمد رضا امداد^{۱*}، فرشید نوایی^۲ و محسن دهقانی^۳

چکیده

محدودیت منابع آب سبب می‌شود که مدیریت کم‌آبیاری برای افزایش کارایی مصرف آب محصولات کشاورزی در نظر گرفته شود. در این راستا مدیریت‌های مختلف کم‌آبیاری به صورت یک در میان متناوب در مراحل رشد در سه بافت مختلف (لوم، لوم رسی و سیلتی رسی) در سه منطقه کرج، فارس و اصفهان بررسی و اثر تلفیقی آن‌ها برای کاهش مصرف آب و افزایش کارایی مصرف آب برای ذرت دانه‌ای بررسی شد. نتایج پژوهش در نقاط اجرا و در بافت‌های مختلف خاک نشان داد که مناسب‌ترین تیمار از نظر حجم آب مصرفی و عملکرد تولیدی در کلیه نقاط اجرا، مدیریت آبیاری یک در میان متناوب در مراحل مختلف رشد به همراه آبیاری کامل در مرحله گلدهی می‌باشد. تیمار آبیاری یک در میان متناوب در کل دوره به همراه آبیاری کامل در مرحله گل‌دهی در بافت لومی، لوم رسی و رسی سیلتی سبب کاهش آب مصرفی به ترتیب برابر ۳۸، ۲۵ و ۳۷ درصد نسبت به آبیاری کامل شد. همچنین کارایی مصرف آب ذرت در این تیمار در مناطق کرج، فارس و اصفهان (با خاک لوم، لوم رسی و رسی سیلتی) نسبت به تیمار آبیاری کامل در کل دوره به ترتیب در حدود ۲۵، ۲۱ و ۳۰ درصد افزایش داشت.

واژه‌های کلیدی: آبیاری یک در میان متناوب، بافت خاک، ذرت، کارایی مصرف آب.

ارجاع: امداد م. ر. نوایی ف. و دهقانی م. ۱۳۹۶. تأثیر توأم مدیریت آبیاری جویچه‌ای یک در میان متناوب در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت در بافت‌های مختلف خاک. مجله پژوهش آب ایران. ۲۵: ۷۱-۷۸.

۱- استادیار بخش تحقیقات آبیاری و فیزیک خاک، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج.

۲- مربی پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، داراب.

۳- مربی پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان.

* نویسنده مسئول: emdadm591@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۵/۲۸

مقدمه

با توجه به منابع محدود آب و بروز خشک‌سالی در کشور، افزایش کارایی مصرف آب در بخش کشاورزی ضروری است. در این راستا استفاده از شیوه‌هایی که بتوان بدون کاهش و یا با کاهش کمی در تولید، میزان مصرف آب در بخش کشاورزی (به ویژه در شرایط کم‌آبی) را کاهش داد ضروری می‌باشد. آبیاری جویچه‌ای یک در میان متناوب در گیاهان ردیفی می‌تواند بسیار در مصرف آب صرفه‌جویی کند. از طرف دیگر برنامه‌ریزی آبیاری مناسب در مراحل حساس گیاه می‌تواند بسیار از کاهش عملکرد گیاهان جلوگیری کند. خرمیان (۱۳۸۱) تأثیر مدیریت کم‌آبیاری به روش جویچه‌ای یک در میان بر عملکرد ذرت دانه‌ای در شمال خوزستان را بررسی کرد. نتایج نشان داد که عملکرد دانه در سه تیمار آبیاری جویچه‌ای یک در میان متناوب تا شروع گل‌دهی، آبیاری یک در میان ثابت تا شروع گل‌دهی و آبیاری معمولی در یک سطح آماري قرار داشته و حجم آب صرفه‌جویی شده در تیمار آبیاری یک در میان متناوب ۳۰ درصد کمتر نسبت به آبیاری معمولی بوده است. هنر و سپاسخواه (۱۳۸۵) گزارش کردند که عملکرد دانه ذرت در آبیاری جویچه‌ای یک در میان متناوب حدود ۵۰ درصد کمتر از آبیاری معمولی شد و حجم آب مصرفی در مدیریت آبیاری یک در میان متناوب نسبت به آبیاری معمولی ۴۸ درصد کاهش یافته است. ابراهیمیان و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی هدررفت آب و کود (نیترات) و کارایی مصرف آب در دو رژیم آبیاری جویچه‌ای یک در میان (ثابت و متناوب) تحت شرایط کود آبیاری و مقایسه آن با حالت معمولی آبیاری جویچه‌ای در ذرت گفتند که اختلاف معنی‌داری در مقدار محصول (سبز و خشک) در رژیم‌های آبیاری معمولی و یک در میان متناوب وجود نداشت. کارایی مصرف آب در آبیاری جویچه‌ای معمولی، یک در میان ثابت و یک در میان متغیر به ترتیب ۱/۶۱، ۱/۳۱ و ۲/۸۲ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. آبیاری جویچه‌ای یک در میان متناوب نه فقط سبب کاهش هدررفت آب و کود در کودآبیاری گردید بلکه سبب افزایش قابل توجه کارایی مصرف آب شد. مولوی و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی اثر آبیاری کامل و یک در میان جویچه‌ای بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب گوجه‌فرنگی گزارش کردند که عملکرد در تیمارهای آبیاری یک در میان ثابت و

آبیاری یک در میان متناوب در مقایسه با تیمار آبیاری کامل به ترتیب ۱۰/۶ و ۳۵/۵ درصد کاهش یافته و کارایی مصرف آب با آبیاری یک در میان ثابت و متناوب به ترتیب ۱/۸ و ۱/۳ برابر کارایی مصرف آب با آبیاری کامل شده است.

فیشباخ و مولینر (۱۹۷۲) گزارش کردند که در آبیاری یک در میان متناوب جویچه‌ای، متوسط حجم آب آبیاری حدود ۳۰ درصد نسبت به آبیاری تمام جویچه‌ها کم شده است. یوان و همکاران (۱۹۹۳) با استفاده از آبیاری یک در میان متناوب در گیاه سویا، حدود ۴۶ درصد کاهش آب مصرفی را گزارش کردند. کنگ و همکاران (۲۰۰۰) سه روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان متناوب، آبیاری یک در میان ثابت و آبیاری مرسوم را مقایسه کردند و نتیجه گرفتند که آبیاری متناوب یک در میان ذرت، عملکرد دانه بالایی را با ۵۰ درصد کاهش در حجم آب مصرفی به دست داد. راملان و نوکوجا (۲۰۰۰)، تأثیر روش‌های آبیاری جویچه‌ای و استفاده از مالچ کاه برنج را روی رشد، عملکرد و کارایی مصرف آب گوجه‌فرنگی بررسی و گزارش کردند که استفاده از آبیاری یک در میان متناوب و مالچ به‌طور معنی‌داری بر کارایی مصرف آب گوجه‌فرنگی تأثیر داشته است. اسبورن و همکاران (۲۰۰۲) بیان کردند، تنش آب در مراحل قبل از گل‌دهی، زمان گل‌دهی و بعد از گل‌دهی عملکرد ذرت را به ترتیب ۲۵، ۵۰ و ۲۱ درصد کاهش می‌دهد.

سپاسخواه و پرند (۲۰۰۶) گزارش کردند که در منطقه باجگاه و کوشک استان فارس، آبیاری جویچه‌ای یک در میان در ذرت عملکردی برابر عملکرد آبیاری جویچه‌ای در سرتاسر فصل رشد تولید کرد و حجم آب مصرفی را حدود ۳۰ درصد کاهش داد. کارایی مصرف آب در دو منطقه مذکور به ترتیب ۱/۰۴ و ۰/۹۷ کیلوگرم دانه بر مترمکعب آب گزارش شد. رفیعی و شاکرمی (۲۰۱۰) کارایی مصرف آب ذرت را با سه روش آبیاری مرسوم جویچه‌ای، آبیاری یک در میان ثابت جویچه‌ای و آبیاری یک در میان متناوب جویچه‌ای بررسی کردند. نتایج نشان داد اختلاف معنی‌داری میان آبیاری یک در میان ثابت و متناوب وجود نداشته و حجم آب مصرفی در مقایسه با تیمار شاهد به طور متوسط حدود ۲۶ درصد کم شده است. بالاترین کارایی مصرف آب برای تولید دانه ۱/۹۱ کیلوگرم بر مترمکعب حاصل شد.

زمان آبیاری بر مبنای کاهش رطوبت قابل استفاده خاک به میزان ۵۰ درصد و عمق آب آبیاری به اندازه‌ای بود که رطوبت خاک قبل از آبیاری را به حد ظرفیت مزرعه برساند. این مقدار با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد.

$$I_n = \frac{FC - q}{100} \times BD \times D \quad (1)$$

FC و q (به ترتیب درصد رطوبت وزنی خاک در حالت ظرفیت مزرعه و قبل از آبیاری)، BD (وزن مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب)، D (عمق مؤثر توسعه ریشه بر حسب میلی‌متر)، In (عمق آب آبیاری بر حسب میلی‌متر) است (عمق مؤثر توسعه ریشه ذرت ۶۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شده است).

برای اجرای طرح، قطعه زمینی در مزارع تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات خاک و آب کرج (بافت لومی)، داراب (بافت لومرسی) و اصفهان (بافت رسی‌سیلتی) انتخاب و پس از انجام عملیات خاک‌ورزی (شخم، دیسک و تسطیح)، جویچه‌هایی احداث شدند. سپس ذرت رقم ۷۰۴ در جویچه‌هایی به طول ۵۰ متر و به فاصله‌های ردیف ۷۵ سانتی‌متر (یا تراکم ۸۰۰۰۰ بوته در هکتار) کاشته شد. هر قطعه دارای ۷ ردیف کشت و عمق مؤثر توسعه ریشه ذرت ۶۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در این راستا با توجه به اندازه‌گیری رطوبت و تیمارهای مورد نظر، زمان و مقدار آب آبیاری برای تیمارهای آبیاری پیوسته و یک در میان متناوب با توجه به مراحل کاشت برنامه‌ریزی و اعمال شد. کاشت بذر در مناطق به‌طور کلی در محدوده نیمه دوم خرداد ماه و برداشت در اواخر شهریور و نیمه اول مهرماه انجام شد. براساس توصیه کودی کارشناسان مؤسسه تحقیقات خاک و آب به‌طور متوسط در حدود ۳۰۰ کیلوگرم اوره، ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۱۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل مصرف شد که کود اوره به صورت تقسیط (در سه نوبت، قبل از کاشت، چهار و هشت برگی) برای گیاه در نظر گرفته شد. هنگام کاشت، دو نوبت آبیاری برای همه تیمارها به منظور سبز شدن و جوانه زدن بذور انجام شد. سایر عملیات زراعی، همچون مبارزه با علف‌های هرز و سم پاشی در طول فصل انجام شد. با حذف ردیف‌های کناری در هر تکرار، نمونه برداری از گیاهان ردیف‌های وسط در زمان برداشت انجام و عملکرد و کارایی مصرف آب تعیین شد. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی

آبانا (۲۰۱۱) بر اساس چهار مرحله فنولوژیکی رشد ذرت (استقرار، رشد رویشی، گل‌دهی و پرشدن دانه) گیاه ذرت را تحت تنش آب (بدون آبیاری) در یک، دو و یا سه مرحله از رشد قرار داد. نتایج نشان داد که بیشترین کاهش عملکرد در تیماری بود که فقط در طول مرحله سوم و چهارم رشد (گل‌دهی و پر شدن دانه) آبیاری نشده بود. اواد (۲۰۱۳) تأثیر آبیاری متناوب جویچه‌ها را بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت بررسی و گزارش کرد که حجم آب مصرفی در آبیاری متناوب جویچه‌ها کاهش و کارایی مصرف آب افزایش یافته است. عملکرد دانه در تیمار آبیاری یک در میان متناوب در مقایسه با روش معمول افزایش یافته است. این پژوهش با هدف استفاده از مدیریت تلفیقی کم‌آبیاری یک در میان متناوب در مراحل حساس رشد، تغییرات حجم آب مصرفی و عملکرد ذرت را در راستای ارتقاء کارایی مصرف آب در سه منطقه (کرج، فارس و اصفهان) با سه بافت مختلف خاک (لوم، لومرسی و رسی‌سیلتی) بررسی و ارزیابی می‌کند.

مواد و روش‌ها

برای بررسی تأثیر مدیریت آبیاری یک در میان متناوب و پیوسته در بافت‌های مختلف خاک در مراحل مختلف رشد در زراعت ذرت دانه‌ای، پژوهشی در قالب سه آزمایش در مزرعه تحقیقات خاک و آب کرج، داراب (فارس) و اصفهان از سال ۱۳۹۰ به مدت دو سال انجام شد. این پژوهش در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در ۶ تیمار و ۳ تکرار برای تأثیر مدیریت آبیاری جویچه‌ای یک در میان متناوب در مراحل مختلف رشد ذرت در سه بافت مختلف خاک (لوم، لوم رسی و رسی سیلتی) در سه منطقه انجام شد. تیمارهای آبیاری عبارتند از:

آبیاری کلیه جویچه‌ها (شاهد، T_1)، آبیاری جویچه‌ای یک در میان متناوب در کل دوره (T_2)، آبیاری کامل در مرحله استقرار و آبیاری یک در میان متناوب در سایر مراحل (T_3)، آبیاری کامل در مرحله گل‌دهی و آبیاری یک در میان متناوب در سایر مراحل (T_4)، آبیاری کامل در مرحله استقرار و گل‌دهی و آبیاری یک در میان متناوب در سایر مراحل (T_5)، آبیاری کامل در مرحله گل‌دهی و رسیدن محصول و آبیاری یک در میان متناوب در سایر مراحل (T_6).

نتایج و بحث

جدول ۴ نتایج تجزیه واریانس صفات عملکرد خشک و دانه را در کلیه نقاط اجرا ارائه می‌کند. همان‌طور که دیده می‌شود تیمارهای آبیاری بر عملکرد خشک و عملکرد دانه در نقاط اجرا تأثیر معنی‌دار داشته‌اند.

خاک مناطق مورد اجرا در جدول ۱ ارائه شده است. همچنین برخی ویژگی‌های کیفی آب آبیاری در مناطق مورد اجرا در جدول ۲ ارائه شده است. تعداد نوبت‌های آبیاری به همراه متوسط حجم آب آبیاری تیمارها در مناطق و بافت‌های مختلف در جدول ۳ ارائه شده است. با توجه به حجم آب مصرفی و عملکرد دانه ذرت، کارایی مصرف آب تیمارهای مختلف آبیاری در مناطق مورد نظر تعیین و نتایج تجزیه و تحلیل آماری شد.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مناطق اجرا

EC (dSm ⁻¹)	pH	رطوبت وزنی در نقطه پژمردگی (%)	رطوبت وزنی در ظرفیت زراعی (%)	جرم مخصوص ظاهری (g/cm ³)	مواد آلی (%)	شن (%)	سیلت (%)	رسی (%)	بافت خاک	محل اجرا
۰/۵۳	۷/۵	۸/۲	۱۸/۲	۱/۴۵	۰/۵۰	۲۷	۳۰	۴۳	لومی	کرج
۰/۸۱	۷/۸	۱۲/۵	۲۲/۵	۱/۴۶	۰/۵۰	۳۴	۳۷	۲۹	لومرسی	داراب
۶/۲	۷/۳	۱۶/۱	۲۷/۵	۱/۲۵	۰/۶۶	۱۲	۴۳	۴۵	رسی‌سیلتی	اصفهان

جدول ۲- برخی ویژگی‌های کیفی آب آبیاری

کاتیون‌ها (meq l ⁻¹)		آنیون‌ها (meq l ⁻¹)			EC (dSm ⁻¹)	SAR	pH	محل اجرا
Mg ²⁺ + Ca ²⁺	Na ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻				
۳/۶	۰/۵۴	۰/۶۰	۲/۱	۱/۴۰	۰/۴۲	۰/۴۱	۷/۶	کرج
۵/۱	۰/۶۴	۰/۷۰	۳/۸	۰/۱۳	۰/۴۴	۰/۲۳	۷/۸	داراب
۲۳/۸	۲۷/۰	۲۹/۲	۴/۸	۱۰/۸	۴/۹۰	۷/۸۰	۷/۴	اصفهان

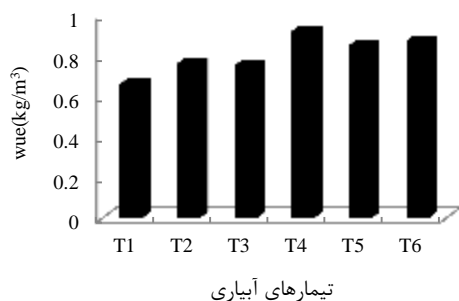
جدول ۳- تعداد نوبت‌های آبیاری و حجم آب مصرفی تیمارهای آبیاری در مناطق اجرا

T ₆	T ₅	T ₄	T ₃	T ₂	T ₁	تیمار	محل اجرا
۱۰	۱۰	۹	۹	۸	۱۴	تعداد آبیاری	کرج
۹۴۴۸	۹۷۵۱	۸۷۷۲	۸۶۴۱	۷۷۷۳	۱۴۰۵۰	حجم آب مصرفی (m ³ /ha ⁻¹)	
۹	۹	۸	۸	۷	۱۱	تعداد آبیاری	داراب
۸۶۵۰	۸۸۵۰	۸۳۰۰	۸۲۰۰	۷۷۰۰	۱۱۱۰۰	حجم آب مصرفی (m ³ /ha ⁻¹)	
۸	۹	۸	۷	۶	۱۲	تعداد آبیاری	اصفهان
۸۵۳۷	۹۰۰۰	۷۸۳۸	۸۵۱۵	۸۰۰۰	۱۲۴۷۵	حجم آب مصرفی (m ³ /ha ⁻¹)	

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس عملکرد خشک و دانه در مناطق اجرا

میانگین مربعات (اصفهان)		میانگین مربعات (داراب)		میانگین مربعات (کرج)		درجه آزادی	منابع تغییر
عملکرد دانه	عملکرد خشک	عملکرد دانه	عملکرد خشک	عملکرد دانه	عملکرد خشک		
۷۴۳۵۹/۵ ^{NS}	۷۱۸۵۶۳ ^{NS}	۱۲۰۶۶/۶۷ ^{NS}	۳۰۹۴۳۸۸/۸۹ ^{NS}	۶۳۲۶۰۲/۵ ^{NS}	۳۶۴۸۸۹۲/۰۶ ^{NS}	۲	تکرار
۱۰۰۵۷۴۸ ^{**}	۲۶۰۵۳۸۷۱ ^{**}	۳۰۸۸۳۶/۶۷ ^{**}	۸۵۹۶۸۵۵/۵۶ ^{**}	۱۹۵۷۵۶۲۴/۷ ^{**}	۱۱۴۴۹۲۳۱/۸۲ ^{**}	۵	تیمار

** معنی‌دار در سطح ۱٪ و NS معنی‌دار نیست



شکل ۳- تأثیر تیمارهای آبیاری بر کارایی مصرف آب دانه

بیشترین میزان مصرف آب مربوط به تیمار اول به صورت آبیاری کامل در تمام مراحل رشد و کمترین میزان مصرف آب مربوط به تیمار دوم به صورت آبیاری جویچه‌ای یک درمیان در تمام طول دوره رشد است. حجم آب مصرفی در تیمار T2 نسبت به تیمار T1 (آبیاری کامل) حدود ۴۵ درصد کاهش داشت. همچنین حجم آب مصرفی در تیمار T3 و T4 به مقدار ۳۸ درصد و تیمار T5 و T6 به ترتیب ۳۱ و ۳۳ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داشته‌اند. آیانا (۲۰۱۱) گزارش کرد که مراحل گل‌دهی و پر شدن دانه ذرت از مراحل حساس به تنش آب در ذرت بوده و تنش آب در این مراحل سبب کاهش عملکرد می‌شود. با توجه به حساس بودن مرحله گل‌دهی در گیاه ذرت پیشنهاد می‌گردد، در این مرحله آبیاری به صورت کامل انجام شود. بنابراین با توجه به عملکرد و کارایی مصرف آب، تیمار آبیاری در مرحله گل‌دهی و آبیاری یک در میان متناوب، در سایر مراحل مناسب‌ترین تیمار است.

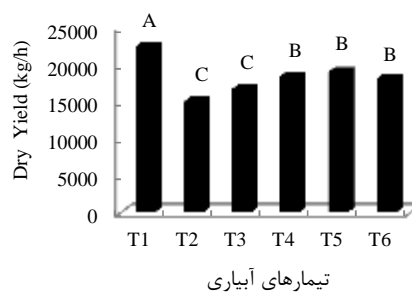
نتایج داراب (فارس)

جدول ۵ نتایج مقایسه میانگین عملکرد خشک و دانه ذرت را در داراب فارس (یافت لوم رسی) نشان می‌دهد. میزان آب مصرفی تیمارها (مترمکعب در هکتار) و درصد کاهش مصرف آب نسبت به تیمار آبیاری کامل (T1) به شرح جدول ۶ است.

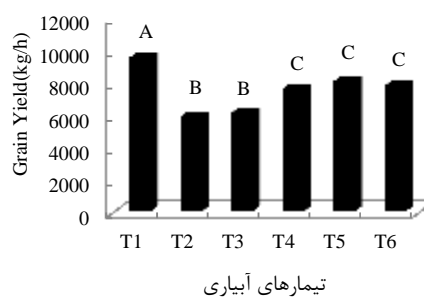
بیشترین میزان مصرف آب مربوط به تیمار T1 به صورت آبیاری کامل در تمام مراحل رشد و کمترین میزان مصرف آب مربوط به تیمار T2 به صورت آبیاری جویچه‌ای یک درمیان در تمام طول دوره رشد است. حجم آب مصرفی در تیمار T2 نسبت به تیمار T1 (آبیاری کامل) حدود ۳۴ درصد کاهش یافت. حجم آب مصرفی در تیمار T3 و T4

نتایج کرج

شکل‌های ۱ و ۲ نتایج مربوط به مقایسه میانگین عملکرد را در کرج (یافت لومی) نشان می‌دهد. تیمار T1 با عملکرد خشک ۲۰۴۱۲ کیلوگرم در هکتار بالاترین میزان عملکرد خشک را نسبت به سایر تیمارها داشت. تیمار T2 و T3 با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند. ولی با سایر تیمارها اختلاف نشان دادند. تیمار T2 با عملکرد خشک ۱۴۰۳۰ کیلوگرم در هکتار کمترین میزان عملکرد را نسبت به بقیه تیمارها داشت. همچنین تیمار T1 با عملکرد ۹۲۷۶ کیلوگرم دانه در هکتار بالاترین میزان عملکرد را نسبت به سایر تیمارها داشت. تیمار T2 و T3 با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند ولی با سایر تیمارها اختلاف نشان دادند. تیمار T2 با عملکرد دانه ۶۲۸۹ کیلوگرم در هکتار کمترین میزان عملکرد را نسبت به بقیه تیمارها داشت. شکل ۳ تغییرات کارایی مصرف آب را در تیمارهای مختلف آبیاری نشان می‌دهد. با توجه به متفاوت بودن حجم آب مصرفی و عملکرد در تیمارهای مختلف، مقادیر کارایی مصرف آب نیز متفاوت بود. بالاترین کارایی مصرف آب مربوط به تیمار T4 و برابر ۱/۰ کیلوگرم در مترمکعب است.



شکل ۱- تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری بر عملکرد خشک ذرت



شکل ۲- تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری بر عملکرد دانه

رسیدن محصول می‌تواند به‌عنوان مناسب‌ترین تیمار انتخاب شود.

نتایج اصفهان

جدول ۷ نتایج مقایسه میانگین عملکرد خشکودانه ذرت در تیمارهای مختلف آبیاری را ارائه می‌کند.

جدول ۷- مقایسه میانگین عملکرد ذرت در اصفهان

تیمار	عملکرد دانه (kg.ha ⁻¹)	آب مصرفی (m ³ .ha ⁻¹)	عملکرد ماده خشک (kg.ha ⁻¹)
T ₁	۸۶۹۰/۳ ^a	۱۲۴۷۵ ^a	۲۲۶۲۱ ^a
T ₂	۶۸۴۸/۸ ^f	۸۰۰۰ ^{cd}	۱۱۲۷۱ ^e
T ₃	۷۱۳۶/۷ ^{de}	۸۵۱۵ ^c	۱۲۷۶۱ ^d
T ₄	۷۲۹۵/۰ ^d	۷۸۳۸ ^d	۱۴۸۳۷ ^c
T ₅	۷۴۹۵/۰ ^{bc}	۹۰۰۰ ^b	۱۵۶۱۷ ^b
T ₆	۷۶۰۴/۲ ^b	۸۵۳۷ ^{bc}	۱۶۲۳۵ ^b

* حروف غیرمشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد است.

نتایج نشان داد که عملکرد دانه، آب مصرفی، عملکرد ماده خشک تحت تأثیر تیمارهای آبیاری قرار گرفته و دارای اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد است. تنش خشکی در هر مرحله از دوره رشد رویشی و زایشی ذرت سبب کاهش تولید و اجزای آن می‌شود ولی اثر تنش خشکی در مرحله رشد سبزینه‌ای را تا حدودی می‌توان با انجام آبیاری در مراحل گل‌دهی و پر شدن دانه‌ها جبران کرد. بیشترین مقدار عملکرد مربوط به تیمار آبیاری T₁ با میانگین ۸۶۹۰/۳ کیلوگرم بر هکتار و کمترین مقدار عملکرد مربوط به تیمار آبیاری T₂ با میانگین ۶۸۴۸/۸ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. در این پژوهش عملکرد دانه در تیمارهای T₂، T₃، T₄، T₅، T₆ نسبت به تیمار T₁ به ترتیب ۲۱/۲، ۱۷/۹، ۱۶/۱، ۱۳/۷ و ۱۲/۵ درصد کاهش داشته است. بیشترین آب مصرفی مربوط به تیمار آبیاری T₁ با میانگین ۱۲۴۷۵ مترمکعب در هکتار و کمترین مقدار آب مصرفی مربوط به تیمار آبیاری T₂ و T₄ با میانگین ۷۹۱۹ مترمکعب در هکتار به دست آمد. مقدار آب مصرفی در تیمارهای T₂، T₃، T₄، T₅، T₆ نسبت به تیمار T₁ به ترتیب ۳۵/۹، ۳۱/۷، ۳۷/۲، ۲۷/۹ و ۳۱/۶ درصد کاهش داشته است. خرمیان (۱۳۸۱) نتایج تقریباً مشابهی در شمال خوزستان روی عملکرد ذرت دانه‌ای به‌دست آورده است که تا ۳۰٪ در روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان متناوب نسبت به آبیاری جویچه‌ای کامل در حجم آب مصرفی صرفه‌جویی شده است. حداکثر کارایی

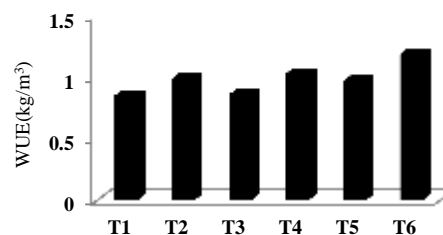
به‌ترتیب به میزان ۲۸ و ۲۹ درصد نسبت به تیمار شاهد (T₁) کاهش یافت. همچنین حجم آب مصرفی در تیمار T₅ و T₆ به‌ترتیب در حدود ۲۲/۵ و ۲۴/۵ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داشته اند. شکل ۴ تغییرات کارایی مصرف آب ذرت را در داراب (بافت لوم رسی) ارائه می‌کند. بیشترین کارایی مصرف آب دانه به‌ترتیب مربوط به تیمار T₆ و تیمار T₄ با میزان ۱/۱۹ و ۱/۰۳ کیلوگرم بر مترمکعب است. این موضوع نشان‌دهنده اهمیت آبیاری کامل در مراحل حساس گل‌دهی و رسیدن محصول است.

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین عملکرد ذرت (داراب)

تیمارها	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار)	عملکرد خشک (کیلوگرم بر هکتار)
T ₁	۹۴۱۲ ^b	۲۷۷۰۰ ^c
T ₂	۷۶۴۴ ^d	۲۶۵۶۰ ^d
T ₃	۷۰۳۷ ^e	۲۸۹۶۰ ^b
T ₄	۸۵۷۲ ^c	۲۹۶۹۰ ^a
T ₅	۸۵۸۹ ^c	۲۸۷۸۰ ^b
T ₆	۱۰۳۰۰ ^a	۳۰۳۰۰ ^a

جدول ۶- متوسط حجم آب مصرفی تیمارها (m³.ha⁻¹)

تیمارها	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
مصرف آب (m ³ ha ⁻¹)	۱۱۱۰۰	۷۷۰۰	۸۲۰۰	۸۳۰۰	۸۸۵۰	۸۶۵۰
درصد کاهش آب	-	۳۰/۶	۲۶	۲۵	۲۰/۳	۲۲/۱



تیمارهای آبیاری

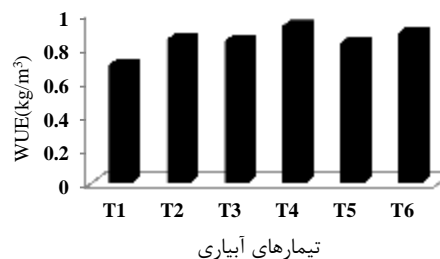
شکل ۴- کارایی مصرف آب دانه ذرت در داراب

با توجه به حساس بودن مراحل گل‌دهی و رسیدن محصول بهتر است که در این دو مرحله آبیاری به‌صورت کامل انجام و در سایر مراحل از آبیاری یک در میان جویچه‌ای استفاده شود. بنابراین با توجه به عملکرد و کارایی مصرف آب، تیمار آبیاری در مرحله گل‌دهی و

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش در نقاط اجرا و در بافت‌های مختلف خاک (لوم، لوم رسی و رسی سیلتی) نشان داد که مناسب‌ترین تیمار از نظر حجم آب مصرفی و عملکرد تولیدی در کلیه نقاط اجرا، مدیریت آبیاری یک در میان متناوب در مراحل مختلف رشد به همراه آبیاری کامل در مرحله گل‌دهی است. تیمار آبیاری یک در میان متناوب در کل دوره به همراه آبیاری کامل در مرحله گل‌دهی در بافت لومی، لوم رسی و رسی سیلتی سبب کاهش آب مصرفی به ترتیب برابر ۳۸، ۲۵ و ۳۷ درصد نسبت به آبیاری کامل شد. همچنین کارایی مصرفی آب ذرت در این تیمار و در خاک لوم، لوم رسی و رسی سیلتی نسبت به تیمار آبیاری کامل در کل دوره به ترتیب در حدود ۲۵، ۲۱ و ۳۰ درصد افزایش داشت. به‌طورکلی استفاده از آبیاری کامل در مرحله گل‌دهی و اعمال آبیاری یک در میان متناوب در سایر مراحل بطور متوسط سبب کاهش حجم آب مصرفی در محدوده ۲۵ تا ۳۸ درصد شده و نیز کارایی مصرفی آب را به طور متوسط ۲۵ درصد افزایش داده است. نظر به کاهش حجم آب مصرفی در تیمار آبیاری جویچه‌ای یک در میان متناوب در تمامی مراحل و آبیاری کامل در مرحله گل‌دهی نسبت به آبیاری کامل در تمام مراحل، امکان افزایش سطح زیرکشت و استفاده از حجم آب صرفه‌جویی شده برای تولید عملکرد کل بیشتر و کارایی مصرفی آب بالا است. به‌عبارت دیگر با آب صرفه‌جویی شده می‌توان سطح بیشتری را زیرکشت برد و کارایی مصرفی آب بالاتری را به دست آورد. آبیاری یک در میان متناوب، یکی از روش‌های مدیریتی کم آبیاری است که با توجه به اقلیم خشک و نیمه‌خشک یکی از مناسب‌ترین شیوه‌های مدیریتی آبیاری در راستای اصلاح الگوی مصرف منابع آب و ارتقا کارایی مصرفی آب است. نظر به افزایش عملکرد ذرت در شرایط استفاده از آبیاری کامل در مرحله گل‌دهی و آبیاری یک در میان متناوب در سایر مراحل و نیز افزایش کارایی مصرفی آب در بافت‌های مختلف و در این شرایط، لزوم آبیاری کامل در مرحله گل‌دهی برابرسیدن به کارایی مصرفی آب بالا و مصرف بهینه آب توصیه می‌شود.

مصرف آب آبیاری مربوط به تیمار T4 با میانگین ۰/۹۳ کیلوگرم بر مترمکعب و حداقل آن مربوط به T1 با میانگین ۰/۷۰ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. نتایج نشان داد که کارایی مصرفی آب آبیاری در تیمارهای T2، T3، T4، T5، T6 نسبت به تیمار T1 به ترتیب ۱۷/۷، ۱۶/۷، ۲۴/۷، ۱۵/۶ و ۲۱/۳ درصد افزایش داشته است. شکل ۵ تغییرات کارایی مصرفی آب تیمارهای آبیاری را ارائه می‌کند.



شکل ۵- تغییرات کارایی مصرفی آب دانه ذرت در اصفهان

عملکرد کل ماده خشک نیز در سطح یک درصد دارای اختلاف معنی‌دار است به طوری که بیشترین مقدار عملکرد کل ماده خشک بر حسب کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار آبیاری T1 با میانگین ۲۲۶۲۱ کیلوگرم بر هکتار و کمترین مقدار عملکرد علوفه خشک مربوط به تیمار آبیاری T2 با میانگین ۱۱۲۷۱ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. در این پژوهش عملکرد علوفه خشک در هکتار در تیمارهای T2، T3، T4، T5، T6 نسبت به تیمار T1 به ترتیب ۵۰/۲، ۴۳/۶، ۳۴/۴، ۳۱/۰ و ۲۸/۲ درصد کاهش داشته است. نتایج پژوهش نشان داد که بیشترین آب مصرفی مربوط به تیمار آبیاری T1 با میانگین ۱۲۴۷۵ مترمکعب بر هکتار است. مقدار آب مصرفی در تیمارهای T2، T3، T4، T5، T6 نسبت به تیمار T1 به ترتیب ۳۵/۹، ۳۱/۷، ۳۷/۲، ۲۷/۹ و ۳۱/۶ درصد کاهش داشته است. حداکثر کارایی مصرفی آب آبیاری مربوط به تیمار T4 با میانگین ۰/۹۳ کیلوگرم بر مترمکعب و حداقل آن مربوط به T1 با میانگین ۰/۷۰ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. نتایج نشان داد که کارایی مصرفی آب آبیاری در تیمارهای T2، T3، T4، T5، T6 نسبت به تیمار T1 به ترتیب ۱۷/۷، ۱۶/۷، ۲۴/۷ و ۱۵/۶ و ۲۱/۳ درصد افزایش داشته است.

- tomato in the Nigerian Savanna. *Agricultural Water Management*. 45(3): 317-330.
12. Sepaskhah A. R. and Parand A. R. 2006. Effects of alternate furrow irrigation with supplemental every furrow irrigation at different growth stage of maize (*Zea Mays L.*). *Plant Production Science*. 9: 415-421.
 13. Yvan E. Graterol Dean E. Eisenhauer and Roger Elmore. 1993. Alternate furrow irrigation for soybean production. *Agricultural Water Management*. 24(2): 133-145.
- منابع**
۱. ابراهیمیان ح. لیاقت ع. پارسی‌نژاد م. عباسی ف. و نوایبان م. ۱۳۹۰. بررسی تلفات آب و نیترات و کارایی مصرف آب در کود آبیاری جویچه‌ای یک در میان. *مجله پژوهش آب در کشاورزی*. ۲۵(۱): ۲۹-۲۱.
 ۲. خرمیان م. ۱۳۸۱. بررسی اثر کم‌آبیاری به روش جویچه‌ای یک در میان بر عملکرد ذرت دانه‌ای در شمال خوزستان. *مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی*. ۳(۱۱): ۹۱-۱۰۱.
 ۳. مولوی ح. محمدی م. و لیاقت ع. م. ۱۳۹۰. اثر آبیاری کامل و یک در میان جویچه‌ای بر عملکرد، اجزاء عملکرد و کارایی مصرف آب گوجه‌فرنگی (Super Strain B). *نشریه دانش آب و خاک*. ۳(۲۱): ۱۱۵-۱۲۶.
 ۴. هنر ت. و سپاسخواه ع. ر. ۱۳۸۵. مدیریت بهینه آب در سطح مزرعه. *همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، اهواز*. ۱۱۸۸-۱۱۹۱.
 5. Awad A. H. 2013. Impact of alternate furrow irrigation with different irrigation intervals on yield, water use efficiency and economic return of corn. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 73(2): 175-180.
 6. Ayana M. 2011. Deficit irrigation practices as alternative means of improving water use efficiencies in irrigated agriculture: case study of maize crop at Arba Minch, Ethiopia. *Africa Journal of Agricultural Research*. 6(2): 226-235.
 7. Fischback P. E. and Mulliner H. R. 1972. Every other furrow irrigation of corn. *ASAE. Paper No. 49085. 72-722*
 8. Kang S. Liang Z. Pan Y. Shi P. and Zhang J. 2000. Alternate furrow irrigation for maize production in an arid area. *Agric. Water management*. 45(3): 267-274
 9. Osborne S. L. Schepers J. S. Francis D. D. and Schlemmer M. R. 2002. Use of spectral radiance to in-season biomass and grain yield in nitrogen and water-stressed corn. *Crop Science*. 42: 165-171.
 10. Rafiee M. and Shakarami Gh. 2010. Water use efficiency of corn as affected by every other furrow irrigation and planting density. *World Applied Sciences Journal*. 11(7): 826-829.
 11. Ramalan A. A. and Nwokeocha C. U. 2000. Effects of furrow irrigation methods, mulching and soil water suction on the growth, yield and water use efficiency of