

کارآیی مصرف آب و شاخص برداشت ذرت دانه‌ای تحت تأثیر خشکی موضعی ریشه در منطقه کرمان

عباس رضائی استخروئیه^{۱*}، عبدالرحیم هوشمند^۲، سعید برومند نسب^۳ و محمد جواد خانجانی^۴

چکیده

خشکی موضعی ریشه، روش جدید کم‌آبیاری است که کارآیی مصرف آب را افزایش می‌دهد. برای بررسی تأثیر این روش در گیاه ذرت، پژوهشی در بهار ۱۳۸۹ در دانشگاه شهید باهنر کرمان به صورت بلوک‌های کامل تصادفی با یک تیمار شاهد، ۱۸ تیمار کم‌آبیاری و در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای کم‌آبیاری عبارت بودند از: تنش خشکی ملایم (آبیاری با ۷۵٪ نیاز آبی گیاه)، تنش خشکی شدید (آبیاری با ۵۰٪ نیاز آبی گیاه)، آبیاری جوی و پشته‌ای یک در میان ثابت (آبیاری با ۵۰٪ نیاز آبی گیاه) و سه تیمار خشکی موضعی ریشه (آبیاری با ۵۰٪ نیاز آبی گیاه). سه تیمار خشکی موضعی ریشه عبارت بودند از: جابجایی جویچه‌های مرطوب در هر آبیاری، بعد از دو و سه آبیاری. هر یک از تیمارهای کم‌آبیاری در سه مرحله رشد گیاه (تمام دوره رشد، رشد رویشی و زایشی) اعمال شدند. بیشترین کارآیی مصرف آب برای عملکرد علوفه خشک برابر ۲/۶۷، برای عملکرد بیولوژیک ۶/۰۲ و برای عملکرد دانه ۲/۱۳ کیلوگرم در مترمکعب آب مصرفی به دست آمد. شاخص برداشت برای تیمارهای مختلف بین ۰/۲۵ تا ۰/۴۸ حاصل شد. در این پژوهش، کم‌آبیاری با روش خشکی موضعی ریشه به‌عنوان بهترین روش، برای گیاه ذرت انتخاب شد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری جوی و پشته‌ای یک در میان، تنش خشکی، کم‌آبیاری، مدیریت آبیاری، ذرت.

ارجاع: رضایی استخروئیه ع. هوشمند ع. برومند نسب س. و خانجانی م. ج. ۱۳۹۳. کارآیی مصرف آب و شاخص برداشت ذرت دانه‌ای تحت تأثیر خشکی موضعی ریشه در منطقه کرمان. مجله پژوهش آب ایران. ۸(۱۵): ۱۰۳-۱۱۳.

۱- استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان.

۲- استادیار، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران، اهواز.

۳- استاد، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران، اهواز.

۴- استاد، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان.

* نویسنده مسئول: abbasrezaei2@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۷/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۴/۲۶

مقدمه

یکی از هدف‌های کم‌آبیاری افزایش کارایی مصرف آب، از طریق کاهش مقدار آب آبیاری در مقابل افت کم عملکرد است (کردا، ۲۰۰۲). باسینگر و هلمن (۲۰۰۶) مطرح کردند که کم‌آبیاری تنظیم شده کارایی مصرف آب را ۷۲٪ افزایش می‌دهد ولی در کاهش مقدار محصول تأثیر کمی دارد.

شایان‌نژاد و محرری (۲۰۰۹) کارایی مصرف آب سیب زمینی را با آبیاری جویچه‌ای معمولی برابر ۲/۸۷، با آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت ۳/۵۱ و با آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر ۳/۲۳ کیلوگرم به ازای هر متر مکعب آب گزارش کردند. در ضمن کارایی مصرف آب برای محصول خشک، در تیمار آبیاری جویچه‌ای معمولی برابر ۰/۶۲۱، در آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت ۰/۷۷۲ و در آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر ۰/۷۱ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب مصرفی به دست آوردند. در گزارش سلاتنی و همکاران (۲۰۱۱) کارایی مصرف آب برای سیب‌زمینی با روش آبیاری جویچه‌ای متغیر را برابر ۸، با آبیاری جویچه‌ای ثابت ۸/۷ و با آبیاری جویچه‌ای سنتی را برابر با ۵/۹ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب آبیاری به دست آوردند. روش خشکی موضعی ریشه با آبیاری قطره‌ای زیر سطحی تا ۴۲٪ در آب مصرفی سیب‌زمینی صرفه‌جویی کرده و کارایی مصرف آب را ۶۱٪ افزایش داد (جوانویچ و همکاران، ۲۰۱۰).

کردا و همکاران (۲۰۰۵) کارایی مصرف آب آبیاری را برای گیاه ذرت هیبرید سل که یک هیبرید با عملکرد بالا است، در شرایط آبیاری کامل برابر $26/5 \pm 0/9$ کیلوگرم در هکتار، در خشکی موضعی ریشه با ۵۰٪ کم‌آبیاری برابر $41/2 \pm 0/4$ و در ۵۰٪ کم‌آبیاری سنتی برابر با $39/4 \pm 0/3$ به دست آوردند. یازار و همکاران (۲۰۰۹) بیشترین مقدار کارایی مصرف آب ذرت را در تیمار خشکی موضعی ریشه به مقدار ۱/۷۷ کیلوگرم دانه بر مترمکعب آب و کم‌ترین مقدار آن را در آبیاری کامل به مقدار ۱/۵۴ کیلوگرم دانه بر مترمکعب آب به دست آوردند. رفیعی و شاکرمی (۲۰۱۰) در منطقه خرم‌آباد، کارایی مصرف آب ذرت را برابر ۴/۴ کیلوگرم عملکرد بیولوژیک و ۱/۹۱ کیلوگرم عملکرد دانه به ازای هر مترمکعب آب مصرفی گزارش کردند.

لی و همکاران (۲۰۱۱) کارایی مصرف آب ذرت در آبیاری جویچه‌ای سنتی را ۱/۸۲ و در آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر را ۲/۰۸ (با ۸/۳٪ افزایش) گرم عملکرد دانه در کیلوگرم آب مصرفی به دست آوردند. معیری و همکاران (۲۰۱۱) متوسط کارایی مصرف آب گیاه ذرت در منطقه دزفول را ۱/۴۵ کیلوگرم دانه به ازای هر متر مکعب آب مصرفی گزارش کردند. در پژوهش پرویزی و نباتی (۱۳۸۳) حداکثر کارایی مصرف آب، گیاه ذرت دانه‌ای هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ برابر ۰/۸۱ کیلوگرم دانه به ازای هر مترمکعب آب به دست آمد. کریمی و همکاران (۱۳۸۵) کارایی مصرف آب ذرت برای عملکرد ماده خشک را ۲/۲۵، برای عملکرد بیولوژیک را ۱/۸۳ و برای عملکرد دانه را ۰/۴۲ کیلوگرم در مترمکعب آب گزارش کردند. علیزاده و همکاران (۱۳۸۶) شاخص برداشت گیاه ذرت را ۵۵/۵٪ و کارایی مصرف آب را ۱/۱۹ کیلوگرم دانه به ازای هر مترمکعب آب گزارش کردند.

مجیدیان و همکاران (۱۳۸۷) بیشترین کارایی مصرف آب ذرت سینگل کراس ۷۰۴ را در تیمار تنش رطوبتی شدید (آبیاری با ۵۰٪ نیاز آبی گیاه) به مقدار ۱/۱۷۶ کیلوگرم دانه در هر مترمکعب آب به دست آوردند. مسجدی و همکاران (۱۳۸۷) شاخص برداشت برای ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ را در شرایط مطلوب ۴۹/۴٪ گزارش کردند. باروت‌زاده و همکاران (۱۳۸۸) برای ذرت دانه‌ای هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ کارایی مصرف آب را ۰/۹۵ کیلوگرم دانه در هکتار گزارش کردند.

در این مقاله، با توجه به کمبود آب در کشور و منطقه، برای یافتن راه حل مناسبی برای مقابله با این مشکل، تأثیر کم‌آبیاری سنتی و خشکی موضعی ریشه بر کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای، هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ در منطقه کرمان بررسی می‌شود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در بهار سال ۱۳۸۹، در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان با ۵۶ درجه و ۵۸ دقیقه طول شرقی، ۳۰ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ۱۷۵۳/۸ متر ارتفاع از سطح دریا، اجرا شد. براساس اطلاعات اقلیمی سال‌های ۱۳۳۱ تا ۱۳۸۴، میانگین دمای سالانه در منطقه ۱۷/۱ درجه سانتی‌گراد، میانگین بارندگی ۱۵۴/۱ میلی‌متر، میانگین رطوبت نسبی سالانه برابر ۳۲٪

مختلف خاک تا عمق ۱۲۰ سانتی متری نمونه برداری شد. خصوصیات فیزیکی نمونه‌ها در جدول ۱ آمده است.

و اقلیم منطقه براساس روش دومارتن، نیمه‌خشک مشخص شد (بختیاری و همکاران، ۱۳۸۸). از لایه‌های

جدول ۱- تجزیه فیزیکی خاک مزرعه در عمق‌های مختلف

عمق (cm)	رس %	سیلت %	شن %	بافت خاک	چگالی ظاهری (gr cm ⁻³)	چگالی حقیقی (gr cm ⁻³)	تخلخل %
۰-۳۰	۱۸	۳۳/۶	۴۸/۴	لوم	۱/۴۵	۲/۶۵	۴۵/۳
۳۰-۶۰	۱۸	۴۵/۶	۳۶/۴	لوم	۱/۴۰	۲/۶۵	۴۷/۲
۶۰-۹۰	۱۹	۱۸/۶	۶۲/۴	لوم شنی	۱/۴۰	۲/۶۵	۴۷/۲
۹۰-۱۲۰	۱۸	۲۹/۶	۵۳/۴	لوم شنی	۱/۳۵	۲/۶۵	۴۹/۱

موضعی ریشه عبارت بودند از: جابجایی جویچه‌های مرطوب بعد از یک، دو و سه آبیاری. جانمایی طرح در شکل ۱ و شرح تیمارها در جدول ۲ آمده است.

تکرار سوم		تکرار دوم		تکرار اول	
CM2	D1T	%75T	D1M2	D3M2	D2M1
%75M2	D2M2	CM1	D2M1	D1M1	%50M2
D3T	%50M1	D2T	%50M1	%50T	D1M2
D3M2	D1M1	D3M2	D3M2	D2T	CM1
%50T	D3M1	D3M1	D1M1	CM2	%75M1
D2M1	%75M1	D1T	%75M2	%75M2	CT
D1M2	D2T	%75M1	D2M2	D3M1	S
%50M2	CM1	S	D3T	D3T	%75T
CT	%75T	CT	%50T	%50M1	D1T
S		%50M2	CM2	D2M2	

شکل ۱- جانمایی طرح

در تاریخ ۱۳۸۹/۲/۲۱ بذر ذرت دانه‌ای، رقم سینگل کراس ۷۰۴، به فاصله ۱۰ سانتی متر، روی پشته‌ها کشت شد. بعد از استقرار تنک کردن بوته‌ها با دستی انجام و فاصله بوته‌ها به ۲۰ سانتی متر (تراکم ۱۰۰۰۰۰ بوته در هکتار) افزایش یافت. به مدت یک ماه، تمام کرت‌ها با دور یک هفته و یکنواخت آبیاری شدند. بعد از این مدت، طبق طرح تیمارهای کم‌آبیاری اعمال شد. در این پژوهش دور آبیاری برای همه تیمارها یکسان و براساس تجربه کشاورزان منطقه به خصوص مسئولین مزرعه دو هفته بود. بنابراین اجرای کم‌آبیاری از طریق کاهش ارتفاع آب (نسبت به آبیاری کامل) انجام شد. نیاز آبی گیاه با استفاده از اطلاعات لایسیمیتری تعیین و بر این اساس مقدار آب مورد نیاز هر تیمار محاسبه و با یک لوله مجهز به کنتور حجمی به کرت‌ها داده شد. ارتفاع آب مصرف شده توسط تیمار شاهد در مرحله اول، برابر ۵۷/۷ سانتی متر و در تمام دوره رشد، برابر ۸۷/۶ سانتی متر بود. تیمارهای کم‌آبیاری،

برای اجرای طرح، قطعه زمینی به وسعت ۹۰۰ مترمربع انتخاب، بعد از آماده سازی به کرت‌هایی با ۱۲ مترمربع وسعت تقسیم شد. درون هر کرت پنج پشته به طول چهار متر و فاصله نیم متر ایجاد شد. برای جلوگیری از نشت آب از کرتی به کرت دیگر بین دو کرت مجاور پشته‌ای به عرض نیم متر و بین تیمارها راهرویی به عرض یک متر ایجاد شد. پتاسیم، فسفر و ازت مورد نیاز گیاه، با افزودن کود سولفات پتاسیم و سوپر فسفات تریپل قبل از کاشت و کود اوره قبل از کاشت و در مراحل مختلف رشد گیاه (کود سرک)، تأمین شد. برای اعمال تنش، دوره رشد گیاه به دو مرحله (رشد رویشی و رشد زایشی) تقسیم شد. گیاهانی که در مرحله اول تحت کم‌آبیاری قرار گرفتند، در مرحله دوم به صورت کامل آبیاری شدند و گیاهانی که در مرحله دوم تحت کم‌آبیاری قرار گرفتند، در مرحله اول به صورت کامل آبیاری شدند.

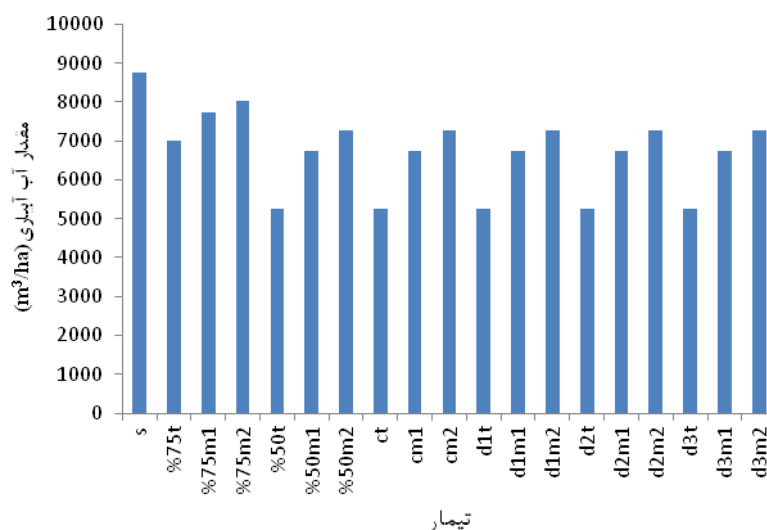
طرح به صورت بلوک‌های کامل تصادفی با یک تیمار شاهد و ۱۸ تیمار کم‌آبیاری طراحی و اجرا شد. تیمارهای کم‌آبیاری عبارت بودند از کم‌آبیاری سنتی (آبیاری با ۷۵٪ نیاز آبی گیاه (در تمام دوره رشد، در مرحله اول و در مرحله دوم رشد)، آبیاری با ۵۰٪ نیاز آبی گیاه (در تمام دوره رشد، در مرحله اول و در مرحله دوم رشد)). کم‌آبیاری تنظیم شده به صورت آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت (در تمام دوره رشد، در مرحله اول و در مرحله دوم رشد) و سه تیمار خشکی موضعی ریشه در تمام دوره رشد، در مرحله اول و در مرحله دوم رشد تیمارهای کم‌آبیاری در ۳ تکرار اجرا شدند. در آبیاری با روش خشکی موضعی ریشه فقط یک طرف ریشه گیاه آبیاری می‌شود. عوض شدن جوی‌های خشک و تر می‌تواند بعد از یک، دو یا سه آبیاری انجام شود. سه تیمار خشکی

با رعایت حاشیه و از هر کرت به تعداد چهار بوته انجام شد. اولین مرحله برداشت ۷۱ روز و دومین مرحله ۱۱۰ روز بعد از کاشت انجام شد. بخشی از اطلاعات برداشت شده عبارتند از: عملکرد علوفه (وزن برگ و ساقه)، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، کارایی مصرف آب (کیلوگرم هر یک از عملکردها نسبت به آب مصرفی) و شاخص برداشت.

کاهش مصرف، در آب آبیاری داشتند. حجم آب آبیاری هر تیمار در شکل ۲ و درصد کاهش مصرف در جدول ۳ آمده است. برای اندازه‌گیری و محاسبه عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه، در دو مرحله (بعد از اتمام مرحله رویشی و در پایان دوره رشد) نمونه‌برداری انجام شد. نمونه برداری‌ها در هر نوبت

جدول ۲- علائم اختصاری و شرح هر تیمار

ردیف	علائم اختصاری	شرح تیمارها
۱	S	تیمار شاهد، آبیاری با ۱۰۰٪ نیاز آبی در تمام دوره رشد گیاه.
۲	%۷۵T	آبیاری با ۷۵٪ نیاز آبی در تمام دوره رشد گیاه
۳	%۷۵M1	آبیاری با ۷۵٪ نیاز آبی فقط در مرحله اول رشد گیاه
۴	%۷۵M2	آبیاری با ۷۵٪ نیاز آبی فقط در مرحله دوم رشد گیاه
۵	%۵۰T	آبیاری با ۵۰٪ نیاز آبی در تمام دوره رشد گیاه
۶	%۵۰M1	آبیاری با ۵۰٪ نیاز آبی فقط در مرحله اول رشد گیاه
۷	%۵۰M2	آبیاری با ۵۰٪ نیاز آبی فقط در مرحله دوم رشد گیاه
۸	CT	جوی و پشته‌ای یک در میان ثابت با آبیاری ۵۰٪ نیاز آبی در تمام دوره رشد گیاه
۹	CM1	جوی و پشته‌ای یک در میان ثابت با آبیاری ۵۰٪ نیاز آبی فقط در مرحله اول رشد گیاه
۱۰	CM2	جوی و پشته‌ای یک در میان ثابت با آبیاری ۵۰٪ نیاز آبی فقط در مرحله دوم رشد گیاه
۱۱	D1T	خشکی موضعی ریشه با جابجایی جوی‌های مرطوب بعد از هر آبیاری، با آبیاری ۵۰٪ نیاز آبی در تمام دوره رشد گیاه
۱۲	D1M1	خشکی موضعی ریشه با جابجایی جوی‌های مرطوب بعد از هر آبیاری، با آبیاری ۵۰٪ نیاز آبی فقط در مرحله اول رشد گیاه
۱۳	D1M2	خشکی موضعی ریشه با جابجایی جوی‌های مرطوب بعد از هر آبیاری، با آبیاری ۵۰٪ نیاز آبی فقط در مرحله دوم رشد گیاه
۱۴	D2T	خشکی موضعی ریشه با جابجایی جوی‌های مرطوب بعد از دو آبیاری، با آبیاری ۵۰٪ نیاز آبی در تمام دوره رشد گیاه
۱۵	D2M1	خشکی موضعی ریشه با جابجایی جوی‌های مرطوب بعد از دو آبیاری، با آبیاری ۵۰٪ نیاز آبی فقط در مرحله اول رشد گیاه
۱۶	D2M2	خشکی موضعی ریشه با جابجایی جوی‌های مرطوب بعد از دو آبیاری، با آبیاری ۵۰٪ نیاز آبی فقط در مرحله دوم رشد گیاه
۱۷	D3T	خشکی موضعی ریشه با جابجایی جوی‌های مرطوب بعد از سه آبیاری، با آبیاری ۵۰٪ نیاز آبی در تمام دوره رشد گیاه
۱۸	D3M1	خشکی موضعی ریشه با جابجایی جوی‌های مرطوب بعد از سه آبیاری، با آبیاری ۵۰٪ نیاز آبی فقط در مرحله اول رشد گیاه
۱۹	D3M2	خشکی موضعی ریشه با جابجایی جوی‌های مرطوب بعد از سه آبیاری، با آبیاری ۵۰٪ نیاز آبی فقط در مرحله دوم رشد گیاه



شکل ۲- حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار) در تیمارهای مختلف

جدول ۳- حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار) و درصد کاهش مصرف آب، برای هر تیمار

تیمار	حجم آب آبیاری در مرحله اول ($m^3 \cdot ha^{-1}$)	درصد کاهش مصرف آب، در مرحله اول رشد	حجم آب آبیاری در تمام دوره رشد ($m^3 \cdot ha^{-1}$)	درصد کاهش مصرف آب، در تمام دوره رشد
S	۵۷۷۰	۰	۸۷۶۰	۰
%۷۵T	۴۷۴۰	۱۷/۸۵	۷۰۰۰	۲۰/۰۹
%۷۵M1	۴۷۴۰	۱۷/۸۵	۷۷۳۰	۱۱/۷۶
%۷۵M2	۵۷۷۰	۰	۸۰۳۰	۸/۳۳
%۵۰T	۳۷۵۰	۳۵/۰۱	۵۲۶۰	۳۹/۹۵
%۵۰M1	۳۷۵۰	۳۵/۰۱	۶۷۴۰	۲۳/۰۶
%۵۰M2	۵۷۷۰	۰	۷۲۸۰	۱۶/۸۹
CT	۳۷۵۰	۳۵/۰۱	۵۲۶۰	۳۹/۹۵
CM1	۳۷۵۰	۳۵/۰۱	۶۷۴۰	۲۳/۰۶
CM2	۵۷۷۰	۰	۷۲۸۰	۱۶/۸۹
D1T	۳۷۵۰	۳۵/۰۱	۵۲۶۰	۳۹/۹۵
D1M1	۳۷۵۰	۳۵/۰۱	۶۷۴۰	۲۳/۰۶
D1M2	۵۷۷۰	۰	۷۲۸۰	۱۶/۸۹
D2T	۳۷۵۰	۳۵/۰۱	۵۲۶۰	۳۹/۹۵
D2M1	۳۷۵۰	۳۵/۰۱	۶۷۴۰	۲۳/۰۶
D2M2	۵۷۷۰	۰	۷۲۸۰	۱۶/۸۹
D3T	۳۷۵۰	۳۵/۰۱	۵۲۶۰	۳۹/۹۵
D3M1	۳۷۵۰	۳۵/۰۱	۶۷۴۰	۲۳/۰۶
D3M2	۵۷۷۰	۰	۷۲۸۰	۱۶/۸۹

نتایج و بحث

اطلاعات برداشت شده از صفات مورد مطالعه، با نرم‌افزار SAS(ver.9.1) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. میانگین مربعات صفات مورد مطالعه در جدول ۴ آمده است.

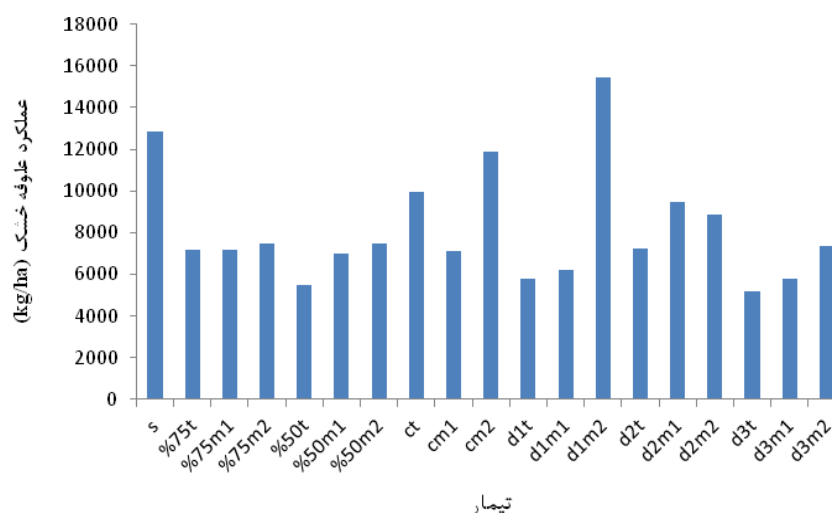
در این جدول چهار گروه برای مقایسه صفات به شرح زیر قرار دارد: گروه ۱: تیمار شاهد با تیمارهای کم‌آبیاری سنتی در تمام دوره رشد. گروه ۲: تیمار جوی و پشته‌ای یک در میان ثابت با خشکی موضعی ریشه با جابجایی جویچه‌های مرطوب بعد از یک، دو و سه نوبت آبیاری در

تمام دوره رشد. گروه ۳: تیمار جوی و پشته‌ای یک در میان ثابت با تیمارهای خشکی موضعی ریشه با جابجایی جویچه‌های مرطوب بعد از یک، دو و سه نوبت آبیاری در دوره اول رشد. گروه ۴: تیمار جوی و پشته‌ای یک در میان ثابت با تیمارهای خشکی موضعی ریشه با جابجایی جویچه‌های مرطوب بعد از یک، دو و سه نوبت آبیاری در دوره دوم رشد. نمودار مربوط به عملکرد علوفه خشک، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک برای تیمارهای مختلف در شکل‌های ۳، ۴ و ۵ آمده است.

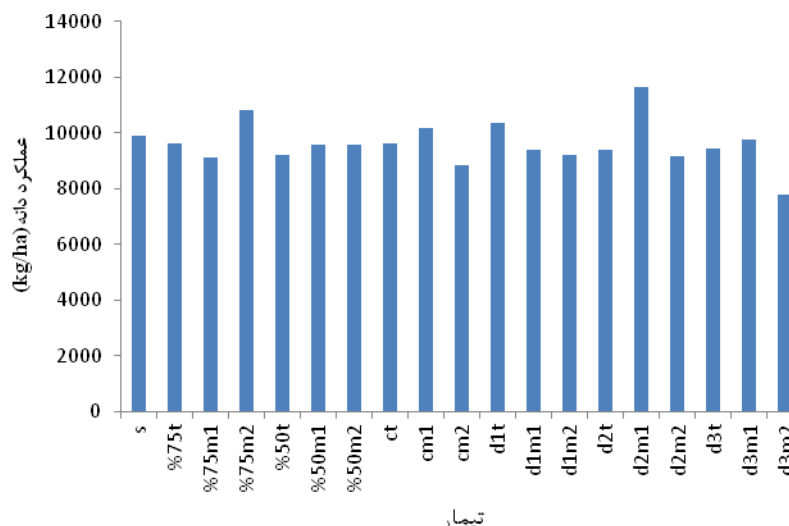
جدول ۴- میانگین مربعات صفات مورد مطالعه

منابع تغییر	درجه آزادی	کارایی مصرف آب (عملکرد علوفه خشک) (kg.m^{-3})	کارایی مصرف آب (عملکرد بیولوژیک) (kg.m^{-3})	کارایی مصرف آب (عملکرد دانه) (kg.m^{-3})	شاخص برداشت
بلوک	۲	۲/۹۹ ^{**}	۰/۴۳ ^{n.s}	۰/۳۱ ^{n.s}	۰/۰۱ ^{n.s}
تیمار	۱۸	۰/۶۵ [*]	۳/۰۶ ^{**}	۰/۲۹ ^{n.s}	۰/۰۱ ^{n.s}
مقایسه گروهی ۱	۱	۰/۶۴ ^{n.s}	۰/۰۰۹ ^{n.s}	۰/۰ ^{n.s}	۰/۰ ^{n.s}
مقایسه گروهی ۲	۱	۰/۸۳ ^{n.s}	۰/۴۹۹ ^{n.s}	۰/۰۱ ^{n.s}	۰/۰ ^{n.s}
مقایسه گروهی ۳	۱	۰/۳۱ ^{n.s}	۲/۴۳ ^{n.s}	۰/۱ ^{n.s}	۰/۰ ^{n.s}
مقایسه گروهی ۴	۱	۰/۰۲ ^{n.s}	۲/۳۷ ^{n.s}	۰/۲۴ ^{n.s}	۰/۰ ^{n.s}
خطا	۳۶	۰/۲۹	۰/۷۵	۰/۲۴	۰/۰۱
ضریب تغییرات		۳۰/۵۷	۲۲/۴۵	۳۲/۹۶	۲۳/۳۹

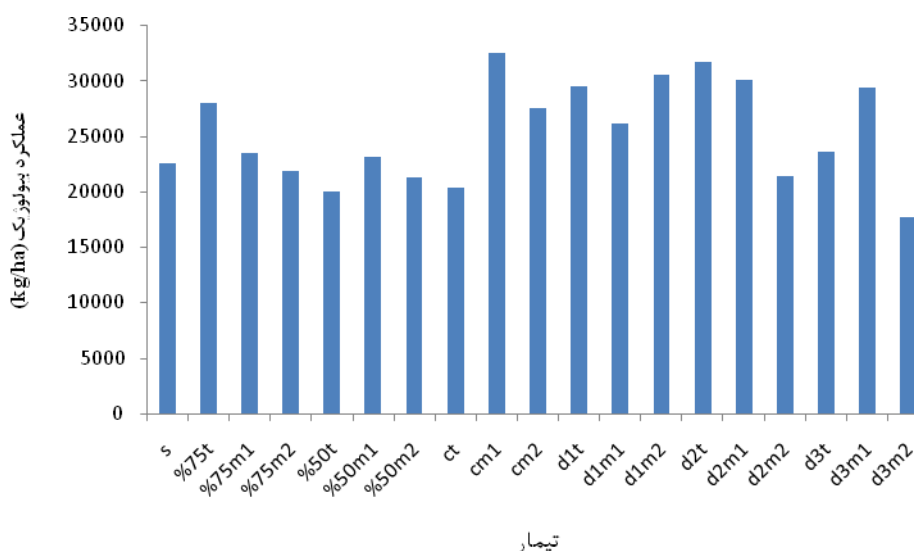
xx, x, ns به ترتیب معنی‌دار در سطح یک درصد، پنج درصد و غیر معنی‌دار



شکل ۳- عملکرد علوفه خشک کیلوگرم در هکتار در تیمارهای مختلف



شکل ۴- عملکرد دانه کیلوگرم در هکتار در تیمارهای مختلف



شکل ۵- عملکرد بیولوژیک کیلوگرم در هکتار در تیمارهای مختلف

کارآیی مصرف آب برای علوفه خشک در تیمار شاهد ۲/۲ کیلوگرم در هر مترمکعب آب مصرفی بود. کریمی و همکاران (۱۳۸۵) کارآیی مصرف آب برای عملکرد ماده خشک ذرت را ۲/۲۵ کیلوگرم در هر مترمکعب آب مصرفی گزارش کردند که با نتیجه این طرح همخوانی خوبی دارد. مقدار کارآیی مصرف آب برای عملکرد دانه ۲/۱۳ کیلوگرم دانه به ازای هر متر مکعب آب، برای تیمار خشکی موضعی ریشه با جابجایی جویچه‌های مرطوب بعد از هر آبیاری در تمام دوره رشد و کمترین آن ۰/۹۸ کیلوگرم دانه به ازای هر مترمکعب آب، برای تیمار خشکی موضعی ریشه با جابجایی جویچه‌های مرطوب بعد از سه

کارآیی مصرف آب گیاه (کیلوگرم علوفه خشک به ازای هر مترمکعب آب مصرفی) در بین تیمارهای با اطمینان ۹۵٪ دارای اختلاف معنی‌دار خواهد بود (جدول ۴)؛ اما در بین گروه‌های مقایسه‌ای اختلاف، معنی‌داری مشاهده نشد. بیشترین مقدار کارآیی مصرف آب برابر (۲/۶۷ کیلوگرم علوفه خشک به ازای هر مترمکعب آب) متعلق به تیمار خشکی موضعی ریشه با جابجایی جویچه‌های مرطوب بعد از هر آبیاری در مرحله دوم رشد گیاه و کمترین آن ۱/۲ متعلق به تیمار کم‌آبیاری سنتی به مقدار ۵۰٪ در مرحله دوم رشد گیاه است.

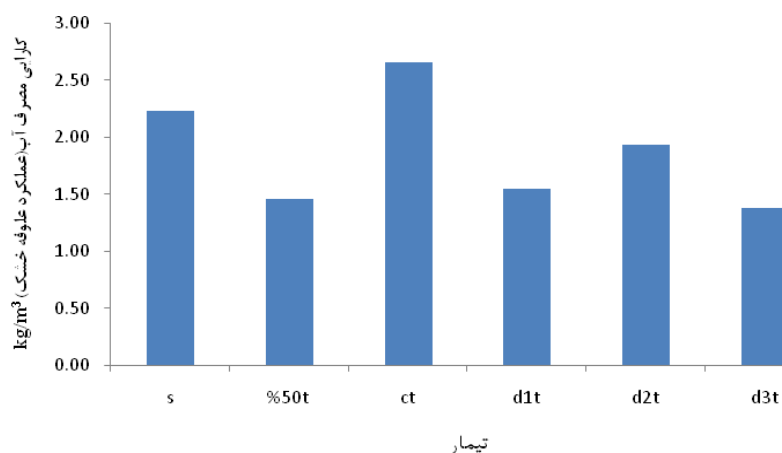
در حالی که، آبیاری جوی و پشته‌ای یک در میان ثابت و آبیاری جوی و پشته‌ای معمولی، با کاهش آب آبیاری، کاهش اساسی در محصول را نشان می‌دادند.

می‌توان گفت، آبیاری جوی و پشته‌ای یک در میان متغیر روش مناسبی برای کاهش مصرف آب در اراضی فاریاب، ذرت کاری در منطقه‌های خشک است. اختلاف معنی‌داری بین تیمارها و گروه‌های مقایسه‌ای برای کارایی مصرف آب وجود ندارد. کردا و همکاران (۲۰۰۵) کارایی مصرف آب آبیاری برای گیاه ذرت در شرایط آبیاری کامل را برابر $0.9 \pm 26/5$ کیلوگرم در هکتار به ازای هر میلی‌متر آب، در خشکی موضعی ریشه با 50% کم‌آبیاری برابر $0.41 \pm 22/2$ و در 50% کم‌آبیاری سنتی برابر با $0.39 \pm 39/4$ گزارش کردند. لی و همکاران در سال ۲۰۱۱ کارایی مصرف آب برای گیاه ذرت را برابر $2/08$ کیلوگرم دانه به ازای هر مترمکعب آب گزارش کردند. معیری و همکاران (۲۰۱۱) متوسط کارایی مصرف آب گیاه ذرت در منطقه دزفول را برابر $1/45$ کیلوگرم دانه به ازای هر مترمکعب آب مصرفی گزارش کردند. نتایج این پژوهش با مقادیر گزارش شده توسط لی و همکاران (۲۰۱۱) هماهنگ است. کردا و همکاران (۲۰۰۵) درصد شاخص برداشت گیاه ذرت در شرایط آبیاری کامل را برابر $3/5 \pm 49/5$ ، در خشکی موضعی ریشه با 50% کم‌آبیاری برابر $2/6 \pm 49/6$ و با 50% کم‌بیاری سنتی برابر با $2/8 \pm 47/4$ گزارش کردند. در این طرح شاخص برداشت از 0.248 تا 0.481 متغیر بود. مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون دانکن مقادیر شاخص برداشت را در دو گروه a و b قرار می‌دهد. تجزیه آماری نیز تفاوت معنی‌داری برای شاخص برداشت در تیمارها نشان نمی‌دهد. شاخص برداشت گزارش شده، برای ذرت سینگل کراس ۷۰۴ در پژوهش‌های داخلی، از 0.26 تا 0.555 متفاوت است (کریمی و همکاران ۱۳۸۵) شاخص برداشت را برابر 0.26 ، علیزاده و همکاران (۱۳۸۶) برابر با 0.555 ، مسجدی و همکاران (۱۳۸۷) برابر با 0.494 و فریدونی و همکاران (۱۳۸۹) برابر با 0.473 گزارش کردند.

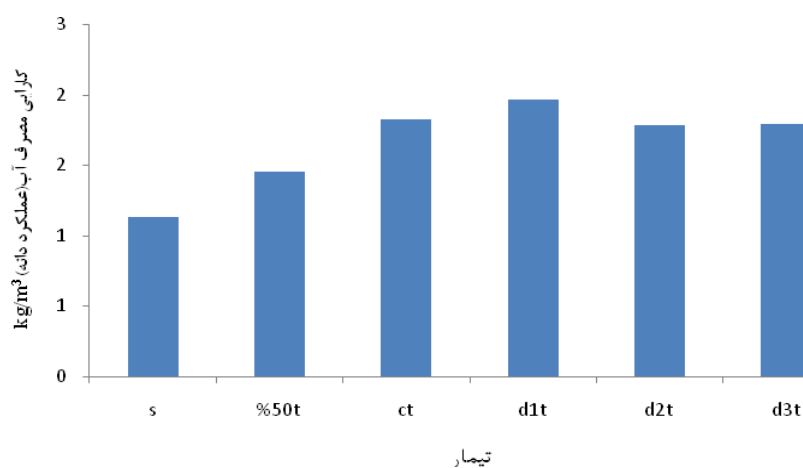
دوره آبیاری در مرحله دوم رشد گیاه به دست آمد. کارایی مصرف آب برای تیمار شاهد برابر با $1/16$ حاصل شد که نسبت به بیشترین مقدار خود 45% کاهش را نشان می‌دهد.

کارایی مصرف آب برای عملکرد بیولوژیک در بین تیمارها با اطمینان 99% دارای اختلاف معنی‌داری است؛ اما در بین گروه‌های مقایسه‌ای دارای اختلاف معنی‌داری نیست. بیشترین کارایی مصرف آب برابر $6/02$ (کیلوگرم عملکرد بیولوژیک در هر مترمکعب آب مصرفی) در تیمار خشکی موضعی ریشه با جابجایی جویچه‌های مرطوب بعد از دو دوره آبیاری در تمام دوره رشد گیاه و کم‌ترین آن $2/42$ در تیمار خشکی موضعی ریشه با جابجایی جویچه‌های مرطوب بعد از سه دوره آبیاری در مرحله دوم رشد گیاه حاصل شد. کریمی و همکاران (۱۳۸۸) کارایی مصرف آب گیاه ذرت را برابر $6/07$ (کیلوگرم عملکرد بیولوژیک در هر مترمکعب آب مصرفی) گزارش کردند که با نتیجه این طرح نزدیکی خوبی دارد. کارایی‌های مختلف مصرف آب برای تیمارهایی که در تمام طول دوره رشد گیاه تحت کم‌آبیاری (آبیاری با 50% نیاز آبی گیاه) قرار داشتند، در مقایسه با تیمار شاهد در شکل‌های ۶، ۷ و ۸ آمده است.

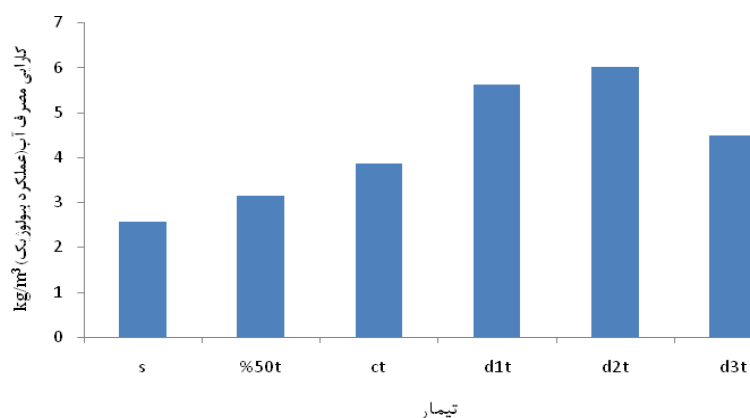
بیشترین مقدار کارایی مصرف آب دانه ذرت متعلق به تیمار خشکی موضعی ریشه با جابجایی جویچه‌های مرطوب بعد از هر آبیاری در تمام دوره رشد گیاه و کم‌ترین آن متعلق به تیمار کم‌آبیاری سنتی به مقدار 50% در تمام دوره رشد است. تیمار خشکی موضعی ریشه با جابجایی جویچه‌های مرطوب بعد از هر آبیاری در تمام دوره رشد گیاه همان آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر است. همان‌گونه که در شکل ۷ مشاهده می‌شود کارایی مصرف آب (عملکرد دانه به آب مصرفی) برای ذرت با روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر بیشتر از روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت و بیشتر از کم‌آبیاری سنتی است. این نتیجه با یافته‌های کنگ و همکاران (۲۰۰۰) هماهنگ است، آنها اعلام کردند در روش آبیاری جوی و پشته‌ای یک در میان متغیر با وجود کاهش 50% در مصرف آب آبیاری، کاهشی در عملکرد دانه دیده نشد.



شکل ۶- کارآیی مصرف آب (عملکرد علوفه خشک به آب مصرفی) بر حسب کیلوگرم در هکتار در تیمارهای با ۵۰٪ کم آبیاری در تمام دوره رشد گیاه



شکل ۷- کارآیی مصرف آب (عملکرد دانه به آب مصرفی) بر حسب کیلوگرم در هکتار در تیمارهای با ۵۰٪ کم آبیاری در تمام دوره رشد گیاه



شکل ۸- کارآیی مصرف آب (عملکرد بیولوژیک به آب مصرفی) (kg.m⁻³) در تیمارهای با ۵۰٪ کم آبیاری در تمام دوره رشد گیاه

نتیجه‌گیری

هدف از اجرای کم‌آبیاری، رسیدن به حداکثر تولید به ازای هر واحد آب و افزایش سود خالص است. در بحث کم‌آبیاری، هدف مشترک بین پژوهشگران، یافتن بهترین روش اعمال آن برای هر گیاه است. نتایج طرح حاضر نشان می‌دهد تأمین آب مورد نیاز در مرحله رویشی، تأثیر زیادی در عملکرد علوفه گیاه ذرت دارد (با ۳۵٪ کاهش مصرف آب آبیاری، کاهش برابر ۶۹٪ در عملکرد علوفه حاصل شد). بنابراین با هدف برداشت علوفه، اجرای کم‌آبیاری در این مرحله توصیه نمی‌شود؛ اما برای برداشت بالای ماده خشک و رسیدن به عملکرد بیولوژیک بیشتر، به ازای هر مترمکعب آب مصرفی و یا برای برداشت بیشتر دانه، نیازی به آبیاری کامل گیاه نیست و می‌توان از خشکی موضعی ریشه به‌عنوان کم‌آبیاری استفاده کرد. تجزیه و تحلیل آماری نتایج کاهش معنی‌داری در عملکرد بیولوژیک گیاه نسبت به تیمارهای آبیاری را نشان نمی‌دهد. با توجه به کارایی مصرف آب به دست آمده (۶ کیلوگرم عملکرد بیولوژیک در هر مترمکعب آب مصرفی)، می‌توان گفت با هدف برداشت بالاتر عملکرد بیولوژیک، مناسب‌ترین روش اعمال کم‌آبیاری برای گیاه ذرت در منطقه، خشکی موضعی ریشه با جابجایی جویچه‌های مرطوب بعد از دو دور آبیاری (فاصله ۲۸ روزه) است و با هدف برداشت بیشتر دانه، مناسب‌ترین روش اعمال کم‌آبیاری برای گیاه ذرت، خشکی موضعی ریشه با جابجایی جویچه‌های مرطوب بعد از یک دور آبیاری (فاصله ۱۴ روزه) است.

سیاس‌گذاری

لازم است از مدیریت محترم قطب علمی مدیریت بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز و مسئولین محترم دانشکده کشاورزی فجر دانشگاه شهید باهنر کرمان که با کمک‌های مالی و حمایت‌های معنوی خود ما را یاری کردند، تشکر کرد.

منابع

۱. باروت‌زاده م. آینه‌بند او علوی فاضل م. ۱۳۸۸. بررسی اثر تنش کمبود آب و تراکم بوته بر عملکرد، اجزاء عملکرد و کارایی اقتصادی مصرف آب ذرت

- دانه‌ای هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط آب و هوایی اهواز. فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱(۱): ۷۸-۸۵.
۲. بختیاری ب. لیاقت ع. م. خلیلی ع. و خانجانی م. ج. ۱۳۸۸. ارزیابی دو مدل ترکیبی برآورد تبخیر-تعرق مرجع چمن در بازه زمانی ساعتی (مطالعه موردی اقلیم کرمان). مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. ۱۳(۵۰): ۱۳-۲۶.
۳. پرویزی ی. و نباتی ع. ۱۳۸۳. تأثیر دور آبیاری و کود دامی بر کارایی مصرف آب و عملکرد کمی و کیفی ذرت دانه‌ای. مجله پژوهش و سازندگی. ۶۳: ۲۱-۲۹.
۴. علیزاده ا. مجیدی ا. نادیان ح. ا. نور محمدی ق. و عامریان م. ر. ۱۳۸۶. اثر تنش خشکی و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت دانه‌ای. مجله علمی-پژوهشی علوم کشاورزی. ۱۳(۲): ۴۲۷-۴۳۹.
۵. فریدونی ن. رفیعی م. و خورگامی ع. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر آرایش کاشت، کاربرد کود نیتروژن و تداخل علف‌های هرز بر عملکرد و خصوصیات مورفولوژیک ذرت دانه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۴. فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۲(۲): ۸۵-۹۹.
۶. کریمی ا. همایی م. معز اردلان م. لیاقت ع. م. و ریسی ف. ۱۳۸۵. اثر کود-آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب در ذرت به روش آبیاری قطره‌ای-خطی. مجله علمی-پژوهشی علوم کشاورزی. ۱۲(۳): ۵۶۱-۵۷۵.
۷. کریمی م. اصفهانی م. بیگلویی م. ح. ربیعی ب. و کافی قاسمی ع. ۱۳۸۸. تأثیر تیمارهای کم‌آبیاری بر صفات مورفولوژیک و شاخص‌های رشد ذرت علوفه‌ای در شرایط آب و هوایی رشت. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. ۲(۲): ۹۱-۱۰۹.
۸. مجیدیان م. قلاوند ا. کریمیان ن. ع. و کامکار حقیقی ع. ا. ۱۳۸۷. تأثیر تنش رطوبت، کود شیمیایی نیتروژنه، کود دامی و تلفیقی از کود نیتروژن و کود دامی بر عملکرد، اجزاء عملکرد و راندمان استفاده از آب ذرت سینگل کراس ۷۰۴. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۲(۴۵): ۴۱۷-۴۳۲.
۹. مسجدی ع. ر. شکوه‌فر ع. ر. و علوی فاضل م. ۱۳۸۷. تعیین مناسب‌ترین دور آبیاری ذرت تابستانه (هیبرید ۷۰۴ SC) و بررسی اثر تنش خشکی بر محصول با

استفاده از اطلاعات تشت تبخیر کلاس A. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۲(۴۶):۵۴۳-۵۵۰.

10. Basinger A. R. and Hellman E. W. 2006. Evaluation of regulated deficit irrigation on grape in Texas and implications for acclimation and cold hardiness. *International Journal of Fruit Science*. 6(2):3-22.
11. Jovanovic Z. Stikic R. Vucelic-Radovic B. Paukovic M. Brocic Z. Matovic G. Rovcanin S. and Mojevic M. 2010. Partial root-zone drying increases WUE, N and antioxidant content in field potatoes. *European Journal of Agronomy*. 33:124-131.
12. Kang S. Liang Z. Pan Y. Shi P. And Zhang J. 2000. Alternate furrow irrigation for maize production in an arid area. *Agricultural Water Management*. 45:267-274.
13. Kirda C. 2002. Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance. PP.3-10. In: FAO, Water Reports No. 22, Deficit Irrigation Practices. <http://www.fao.org/docrep/004/Y3655E/Y3655E00.htm>
14. Kirda C. Topcu S. Kaman H. Ulger A. C. Yazici A. Cetin M. and Derici M. R. 2005. Grain yield response and N-fertilizer recovery of maize under deficit irrigation. *Field Crops Research*. 93:132-141.
15. Li C. Sun J. Li F. Zhou X. Li Z. Qiang X. and Guo D. 2011. Response of root morphology and distribution in maize to alternate furrow irrigation. *Agricultural Water Management*. 98:1789-1798.
16. Moayeri M. Pazira E. Siadat H. Abbasi F. and Kaveh F. 2011. Influence of planting and irrigation management methods on maize water productivity improvement in a semiarid region. *World Applied Sciences Journal*. 13(5):1218-1228.
17. 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.
18. Shayannejad M. and Moharrery A. 2009. Effect of every other irrigation on water use efficiency, starch and protein contents of potato. *Journal of Agricultural Science*. 1(2):107-112.
19. Slatni A. Zayani K. Zairi A. Yacoubi S. Salvador R. and Playan E. 2011. Assessing alternate furrow strategies for potato at the Cherfech irrigation district of Tunisia. *Biosystems Engineering*. 108:154-163.
20. Yazar A. Gokcel F. and Sezen M. S. 2009. Corn yield response to partial root zone drying and deficit irrigation strategies applied with drip system. *Plant Soil Environment*. 55(11):494-503.

