# تاثیرکم‌آبیاری و خشکی موضعی ریشه بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه ذرت

عباس رضائی استخروئیه[۱]، سعید برومند نسب[۲]، عبدالرحیم هوشمند[۳]، محمدجواد خانجانی[۴]

مقاله بر گرفته از پایان نامه مقطع دکتری نویسنده اول می‌باشد.

تاریخ دریافت: ۹۰/۳/۹ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۱/۲۹

## چکیده

منابع جهانی آب محدود است. کم آبیاری روشی مناسب برای مقابله با این محدودیت است. برای تعیین بهترین روش اعمال کم‌آبیاری برای گیاه ذرت تحقیقی انجام گرفت. این تحقیق در سال 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 شامل تنش خشکی ملایم (آبیاری با ۷۵٪ نیاز آبی گیاه)، تنش خشکی شدید (آبیاری با ۵۰٪ نیاز آبی گیاه)، آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت (آبیاری با ۵۰٪ نیاز آبی گیاه) (C)، سه تیمار خشکی موضعی ریشه (آبیاری با ۵۰٪ نیاز آبی گیاه) به‌صورت جابجائی جویچه‌های مرطوب در هر آبیاری (D1)، بعد از دو آبیاری (D2) و بعد از سه آبیاری (D3) است. هر یک از تیمارهای کم‌آبیاری در سه مرحله رشد گیاه تمام دوره رشد (T)، رشد رویشی (M1) و رشد زایشی (M2)) اعمال شدند. بیشترین عملکرد بیولوژیکی ۳۲۴۳۱ کیلوگرم در هکتار به تیمار جویچه‌ای یک در میان در مرحله اول رشد (CM1) و کمترین آن برابر ۱۷۶۵۴ کیلوگرم در هکتار به تیمار خشکی موضعی ریشه با جابجائی جویچه‌های مرطوب بعد از سه دور آبیاری در مرحله دوم (D3M2) اختصاص داشت. کارآئی مصرف آب برای تیمار شاهد برابر ۲/۵۷ و برای خشکی موضعی ریشه با جابجائی جویچه‌های مرطوب بعد از دو آبیاری در تمام دوره رشد (D2T) برابر شش (کیلو گرم عملکرد بیولوژیکی به متر مکعب آب) حاصل شد. با توجه به کارآئی مصرف آب، مناسب‌ترین روش کم‌آبیاری برای ذرت در منطقه کرمان، خشکی موضعی ریشه با جابجائی بعد از دو دور آبیاری (فاصله ۲۸ روزه) می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی: خشکی موضعی ریشه، ذرت، عملکرد، کارآئی مصرف آب، کم‌آبیاری.**

[۱] - دانشجوی دکتری، گرایش آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز (نویسنده مسئول)
Email: abbasrezaei2@gmail.com or rezaei@mail.uk.ac.ir Mobile: 09133969296

[۲] - استاد، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران، اهواز
Email: boroomandsaeed@yahoo.com Mobile: 09161183016

[۳] - استادیار، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران، اهواز
Email: Hooshmand_a@scu.ac.ir Mobile:09163119632

[۴] - استاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
Email: khangani@yahoo.com Mobile: 09131413028

**مقدمه**

تجربیات مربوط به کم‌آبیاری در نقاط مختلف دنیا، کارآمدی این شیوه در استفاده بهینه از هر واحد آب مصرفی و افزایش سود خالص را نشان داده است. در پاکستان به‌طور گسترده از کم‌آبیاری استفاده می‌شود، به‌نحوی که کل آب مصرفی حدود ۲۵ درصد کمتر از آبیاری کامل محصولات است (تریمر، ۱۹۹۰). ثابت شده است که در گیاه ذرت با اعمال تنش، نه‌تنها سطح هر برگ کاهش می‌یابد بلکه سرعت رشد آن نیز تحت تاثیر قرار گرفته و ظهور هر برگ به تاخیر می‌افتد (نسمیت و ریچی، ۱۹۹۲). در یک تحقیق، بیشترین اجزاء عملکرد ذرت در تیمار جوی و پشته‌ای معمولی و کم‌ترین آن‌ها در تیمار آبیاری جوی و پشته‌ای یک در میان، در تمام دوره رشد گیاه حاصل شد (کاشیانی و همکاران، ۲۰۱۱).

آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر در تمام مراحل رشد گیاه ذرت به‌جز در مرحله گل آذین نر نسبت به آبیاری جویچه‌ای معمولی، ۲۸/۸درصد کاهش مقدار آب آبیاری را در برداشت در حالیکه عملکرد دانه و شاخ و برگ به ترتیب ۵/۴ و ۵ درصد کاهش را نشان می‌داد (پرند، ۱۳۷۶). مراحل فنولوژیکی رشد و نمو گیاه ذرت، تحت تاثیر کمبود آب به تاخیر می‌افتد. شاخص سطح برگ با کاهش رطوبت خاک به شدت کاهش می‌یابد. عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه و اجزاء عملکرد گیاه در شرایط مختلف تنش رطوبتی دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشند. به‌نحوی که گیاهان تحت تنش، ۲۹/۷ درصد کاهش در بیوماس کل، نسبت به گیاهان شاهد نشان دادند (سپهری و همکاران، ۱۳۸۱).

تنش خشکی ملایم در گیاه ذرت، باعث کاهش سطح برگ‌های بالایی می‌شود، درحالی‌که تنش خشکی شدیدتر باعث کاهش سطح تمامی برگ‌ها می‌شود. با افزایش تنش خشکی، تعداد برگ به‌طور معنی‌داری کاهش یافته و از ۱۶ برگ به ۱۵ و ۱۴ برگ می‌رسد. تنش خشکی اگر قبل از گل‌دهی واقع شود، سطح برگ ذرت را کاهش می‌دهد که خود باعث کاهش جذب تشعشع خورشید و کاهش عملکرد می‌شود اما تنش بعد از گل‌دهی، دوام سطح برگ سبز (LAD) را کاهش می‌دهد. برای تیمار بدون تنش، شاخص سطح برگ برابر ۴/۴ و برای تیمارهای با تنش ملایم و شدید به ترتیب برابر ۳/۶ و ۲/۸ حاصل شد. شاخص سطح برگ، عملکرد دانه را به صورت خطی افزایش می‌دهد (رفیعی و همکاران، ۱۳۸۲؛ ۱۳۸۸). نتیجه تحقیق دیگری نشان می‌دهد که کم‌آبیاری از طریق کاهش معنی‌داری که در سطح برگ و وزن بیولوژیکی اندام‌های گیاه ذرت ایجاد می‌نماید، باعث تاثیر بر اجزاء عملکرد و عملکرد اقتصادی می‌شود. در ضمن آبیاری جویچه‌ای متغییر نسبت به آبیاری جویچه‌ای ثابت دارای عملکرد بیشتری می‌باشد (خرمگاه و همکاران، ۱۳۸۷).

خشکی موضعی ریشه، تکنیک جدید کم‌آبیاری است که کارآئی مصرف آب را بدون کاهش مشخصی در عملکرد گیاه، بهبود می‌بخشد (هان و کانگ، ۲۰۰۲؛ ستیکیک و همکاران، ۲۰۰۳؛ ساویچ و همکاران، ۲۰۰۹). در تکنیک خشکی موضعی ریشه، قسمتی از منطقه ریشه گیاه آبیاری شده و قسمتی دیگر آن خشک باقی می‌ماند. آن بخش از ریشه که در خاک خشک قرار دارد، با تولید آبسیزیک اسید (ABA) و ارسال آن به اندام‌های هوایی، نسبت به خشکی عکس‌العمل نشان داده و باعث بسته شدن روزنه‌ها می‌شود (داویس و ژانگ، ۱۹۹۱).

روش خشکی موضعی ریشه تا ۴۲ درصد در آب مصرفی سیب‌زمینی صرفه‌جوئی کرده و کارآئی مصرف را ۶۱ درصد افزایش داد. در ضمن نشاسته درون غده را افزایش و کیفیت غده‌ها را بهبود بخشید (جوانویچ و همکاران، ۲۰۱۰). کارآئی مصرف آب برای گیاه گوجه‌فرنگی در تیمار PRD در مقایسه با تیمار شاهد تا۷۰ درصد افزایش یافت (زگب و همکاران، ۲۰۰۴).

استفاده از خشکی موضعی ریشه برای گیاه پنبه، صرفه-جوئی قابل توجهی در آب آبیاری مورد نیاز گیاه ایجاد می‌کند. محصول چندین هفته زودتر از روش آبیاری سنتی آماده برداشت شده که این امر باعث به‌دست آمدن محصول با کیفیت بالاتر می‌شود (کردا، ۲۰۰۷).

در تحقیقی، رشد کلی گیاه گوجه‌فرنگی تحت تاثیر خشکی موضعی ریشه، کاهش یافت اما کارآئی مصرف آب و قند موجود در میوه افزایش پیدا کرد (ستیکیک و همکاران، ۲۰۰۳). در تحقیق دیگری، خشکی موضعی ریشه باعث رسیدگی زودتر میوه گوجه‌فرنگی، به مدت یک هفته نسبت به آبیاری کامل و کم‌آبیاری سنتی شد (زگب

و همکاران، ۲۰۰۳). برای گیاه قهوه، خشکی موضعی ریشه۵۰٪ در مصرف آب صرفه‌جوئی کرده و راندمان مصرف آب را ۲۱٪ تا ۴۳٪ نسبت به کم‌آبیاری معمولی و آبیاری کامل افزایش داد (تسفای و همکاران، ۲۰۰۸). در این مقاله با توجه به کمبود آب در منطقه کرمان و لزوم استفاده بهتر از آب موجود، به بررسی تاثیر کم‌آبیاری و خشکی موضعی ریشه بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه ذرت (Zea mays L.) هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ پرداخته شده است.

## مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر 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. بر اساس اطلاعات اقلیمی سال‌های ۱۹۵۲ تا ۲۰۰۵، میانگین دما در منطقه ۱۷/۱ درجه سانتی‌گراد، میانگین بارندگی ۱۵۴/۱ میلی‌متر، میانگین رطوبت نسبی سالانه برابر ۳۲ درصد و بر اساس روش دومارتن، منطقه دارای اقلیمی نیمه خشک می‌باشد (بختیاری و همکاران، ۱۳۸۸).

خاک مزرعه دارای بافت شنی لومی، با ECe برابر ۲/۱۱ دسی زیمنس بر متر و pH برابر ۷/۹ است (گواهی، ۱۳۸۵). برای اجرای طرح، قطعه زمینی به وسعت ۹۰۰ مترمربع انتخاب، آماده‌سازی و به کرت‌هایی با ۱۲ مترمربع وسعت تقسیم شد. درون هر کرت پنج پشته به طول چهار متر و فاصله نیم متر از یکدیگر ایجاد شد. برای جلوگیری از نشت آب از کرتی به کرت دیگر بین دو کرت مجاور پشته‌ای به عرض نیم متر و بین تیمارها راهروئی به عرض یک متر ایجاد شد (شکل۱).

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

**شکل(۱): جانمائی طرح**

پتاسیم، فسفر و ازت مورد نیاز گیاه، با افزودن کود سولفات پتاسیم و سوپرفسفات تریپل قبل از کاشت و کود اوره قبل از کاشت و در مراحل مختلف رشد گیاه (کود سرک)، تامین شد. طرح به صورت بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۸ تیمار کم‌آبیاری، شامل آبیاری کامل در تمام دوره رشد (تیمار شاهد)، آبیاری با ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه در تمام دوره رشد (۷۵T٪)، در مرحله اول رشد (۷۵M1٪)، در مرحله دوم رشد (۷۵M2٪ )، آبیاری با۵۰٪ نیاز آبی (در تمام دوره رشد (۵۰T٪ )، در مرحله اول رشد (۵۰M1٪) و در مرحله دوم رشد (۵۰M2٪ ). آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت (آبیاری با ۵۰٪ نیاز آبی) و به‌صورت (آبیاری در تمام دوره رشد (CT)، در مرحله اول رشد (CM1) و در مرحله دوم رشد (CM2)، خشکی موضعی ریشه (PRD) (آبیاری با ۵۰٪ نیاز آبی گیاه) و به‌صورت جابجائی جویچه‌های مرطوب بعد از یک آبیاری در تمام دوره رشد (D1T)، در مرحله اول رشد (D1M1) و در مرحله دوم رشد (D1M2). خشکی موضعی ریشه (آبیاری با ۵۰٪ نیاز آبی گیاه)، با جابجائی جویچه‌های مرطوب بعد از دو آبیاری در تمام دوره رشد (D2T)، در مرحله اول رشد (D2M1) و در مرحله دوم رشد (D2M2). خشکی موضعی ریشه (آبیاری با ۵۰٪ نیاز آبی گیاه)، با جابجائی جویچه‌ها ی مرطوب بعد از سه آبیاری در تمام دوره رشد (D3T)، درمرحله اول رشد (D3M1) و در

مرحله دوم رشد (D3M2)، یک تیمار شاهد و در سه تکرار طراحی و اجرا شد.

در تاریخ ۸۹/۲/۲۱ بذر ذرت، رقم سینگل کراس ۷۰۴، روی پشته به فاصله ۲۰ سانتی‌متر از یکدیگر (تراکم ۱۰۰۰۰۰ بوته در هکتار) کشت شد. تقریباً به‌مدت یک ماه تمام کرت‌ها با دور آبیاری یک هفته و به‌صورت یکنواخت آبیاری شد. بعد از این مدت و با استقرار گیاه، تیمارهای کم‌آبیاری اعمال شد. در این تحقیق دور آبیاری برای همه تیمارها یکسان و دو هفته بود. بنابراین، اجرای کم‌آبیاری از طریق کاهش ارتفاع آب آبیاری (نسبت به آبیاری کامل) انجام شد. برای اعمال تنش، دوره رشد گیاه به دو مرحله (مرحله اول، شامل مرحله سبز شدن بذور و رشد رویشی گیاه و مرحله دوم، شامل رشد زایشی گیاه، از ظهور گل تاجی تا رسیدن فیزیولوژیکی) تقسیم شد. گیاهانی که در مرحله اول تحت کم‌آبیاری قرار گرفتند، در مرحله دوم به‌صورت کامل آبیاری و گیاهانی که در مرحله دوم تحت کم‌آبیاری قرار گرفتند، در مرحله اول به‌صورت کامل آبیاری شدند. نیاز آبی گیاه با استفاده از لایسیمتر بیلان آبی موجود در مزرعه تعیین و بر این اساس مقدار آب مورد نیاز هر تیمار محاسبه و به‌وسیله کنتور حجمی به کرت‌ها داده شد.

به‌منظور اندازه‌گیری و محاسبه عملکرد، اجزاء عملکرد گیاه، در دو مرحله (بعد از اتمام مرحله رویشی و در پایان دوره رشد) با رعایت حاشیه‌ها از هر کرت به تعداد چهار بوته نمونه‌برداری انجام شد. اولین برداشت ۷۱ روز بعد از کاشت و دومین مرحله نمونه‌برداری ۱۱۰ روز بعد از کاشت انجام شد. اطلاعات برداشت‌شده شامل تعداد برگ، شاخص سطح برگ، سطح ویژه برگ، نسبت سطح برگ، عملکرد علوفه خشک و تر، عملکرد بیولوژیکی، کارآئی مصرف آب (عملکرد بیولوژیکی به آب) است.

## نتایج و بحث

میانگین مربعات صفات مورد مطالعه در جدول(۱) و مقایسه میانگین صفات در جدول(۲) آمده است. در جدول(۱) چهار گروه مقایسه صفات شامل گروه۱: تیمار شاهد با تیمارهای ۷۵٪T و ۵۰٪T. گروه۲: تیمار CT با تیمارهای D1T , D2T و D3T. گروه ۳: تیمار CM1 با تیمارهای D1M1, D3M1 ,D2M1. گروه۴: تیمار CM2 با تیمارهای D3M2, D2M2, D1M2 قرار دارد. تاثیر کم‌آبیاری اعمال شده، بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه به‌صورت زیر مورد بررسی قرار می‌گیرد.

**الف- تاثیر روش‌های کم‌آبیاری بر خصوصیات برگ گیاه**: تعداد برگ به‌دست آمده در این طرح ۱۳، ۱۴ و ۱۵ عدد می‌باشد. بیش‌ترین تعداد برگ متعلق به تیمار خشکی موضعی ریشه با جابجائی جویچه‌های مرطوب بعد از دو آبیاری در تمام دوره رشد (D2T) بود و کم‌ترین تعداد برگ مربوط به تیمار کم‌آبیاری سنتی به مقدار ۵۰ درصد در مرحله اول رشد گیاه (۵۰٪M1) است. در مقایسه گروهی، تعداد برگ، بین تیمار شاهد و کم‌آبیاری در حد ۷۵ و ۵۰ درصد با اطمینان ۹۹ درصد، دارای اختلاف معنی‌داری خواهد بود. بنابراین، می‌توان گفت که کاهش آب دریافتی به‌وسیله گیاه، باعث کم شدن تعداد برگ می‌شود. این نتیجه با نتایج رفیعی و همکاران (۱۳۸۲؛ ۱۳۸۸) هماهنگی دارد. اما تعداد برگ گزارش شده توسط رفیعی و همکاران ۱۴ تا ۱۶ عدد می‌باشد. شاخص سطح برگ برای گیاه ذرت در این طرح بین ۴/۵۸ تا ۷/۳۵ متغییر است. بیشترین شاخص سطح برگ متعلق به تیمار خشکی موضعی ریشه با جابجائی جویچه‌های مرطوب بعد از یک آبیاری در مرحله دوم رشد (D1M2) و کم‌ترین آن متعلق به کم‌آبیاری سنتی به مقدار ۷۵٪ در مرحله اول رشد (۷۵٪M1) بود.

شاخص سطح برگ (LAI) بین تیمارها و در گروه‌های مقایسه‌ای دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشد. می‌توان گفت تیمارهای تحت کم‌آبیاری علی‌رغم صرفه‌جوئی در مصرف آب از نظر آماری کاهش محسوسی در شاخص سطح برگ گیاه ایجاد نکردند. رفیعی و همکاران شاخص سطح برگ را متاثر از تنش خشکی دانسته و مقدار آن را بین ۲/۸ تا ۴/۴ گزارش کردند که نسبت به نتایج این طرح کمتر می‌باشد. سطح ویژه برگ (SLA) که برابر نسبت سطح برگ به وزن خشک برگ است، در بین تیمارها و گروه‌های مقایسه‌ای اختلاف آماری معنی‌داری ندارد. نسبت سطح برگ (LAR) که عبارت از نسبت سطح برگ به وزن خشک برگ و ساقه گیاه می‌باشد، در بین تیمارها در سطح یک درصد اختلاف دارد و در بین گروه‌های مقایسه‌ای بدون اختلاف معنی‌داری می‌باشد.

**ب- تاثیر کم‌آبیاری بر عملکرد گیاه:** بیشترین عملکرد علوفه‌تر به مقدار ۶۰۵۳۳ کیلوگرم در هکتار متعلق به تیمار خشکی موضعی ریشه با جابجائی جویچه‌های

مرطوب بعد از یک آبیاری در مرحله دوم رشد گیاه (D1M2) و کمترین آن به میزان ۲۳۸۰۰ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار خشکی موضعی ریشه با جابجائی جویچه‌های مرطوب بعد از سه آبیاری در تمام دوره رشد گیاه (D3T) بود.

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که با اطمینان ۹۹ درصد عملکرد علوفه تر ذرت، بین تیمارها دارای اختلاف معنی‌داری خواهد بود. مقایسه گروهی برای عملکرد تر علوفه در گروه دو دارای اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد را نشان می‌دهد. بیشترین عملکرد علوفه خشک برابر ۱۵۴۲۳ کیلوگرم در هکتار در تیمار خشکی موضعی ریشه با جابجائی جویچه‌های مرطوب بعد از هر آبیاری در مرحله دوم رشد (D1M2) و کمترین آن برابر ۴۷۶۸ کیلوگرم در هکتار (با ۶۹ در کاهش) در تیمارکم آبیاری سنتی به مقدار ۵۰٪ در تمام دوره رشد (T۵۰٪) به‌دست آمد. کریمی و همکاران (۱۳۸۸) بالاترین عملکرد علوفه خشک ذرت را برابر ۱۶۱۹۱/۲۵ کیلوگرم در هکتار گزارش کردند که به نتایج این طرح نزدیک است. تجزیه واریانس برای علوفه خشک نیز بین تیمارهای طرح، اختلاف معنی-داری در سطح یک درصد را نشان می‌دهد. عملکرد علوفه خشک در مقایسه گروهی، در گروه دو در سطح ۵ درصد دارای اختلاف آماری می‌باشد. اختلاف در عملکرد بیولوژیکی در بین تیمارها و در بین گروه‌های مقایسه‌ای بدون معنی است.

تجزیه واریانس داده‌های عملکرد بیولوژیکی، در بین تیمارها و گروه‌های مقایسه‌ای اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهند. بالاترین مقدار عملکرد بیولوژیکی برابر ۳۲۴۳۱ کیلوگرم در هکتار (با ۴۴ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد) و کمترین آن برابر ۱۷۶۵۴ کیلوگرم در هکتار (با ۲۲ در صد کاهش نسبت به تیمار شاهد) به ترتیب مربوط به تیمارهای جویچه‌ای یک در میان ثابت در مرحله اول رشد (CM1) و خشکی موضعی ریشه با جابجائی جویچه-های مرطوب بعد از سه آبیاری در مرحله دوم رشد (D3M2) بودند.

**ج- تاثیر روش‌های اعمال کم‌آبیاری بر کارآئی مصرف آب گیاه:** کارآئی مصرف آب گیاه (کیلوگرم علوفه خشک به ازاء هر متر مکعب آب مصرفی) در بین تیمارها با اطمینان ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار خواهد بود. اما در بین گروه‌های مقاسیه‌ای غیر معنی‌دار می‌باشد. بیشترین مقدار کارآئی مصرف آب برابر ۲/۶۷ (کیلوگرم علوفه خشک به ازاء هر متر مکعب آب) متعلق به تیمار خشکی موضعی ریشه با جابجائی جویچه‌های مرطوب بعد از هر آبیاری در مرحله دوم رشد (D1M2) و کمترین آن برابر با ۱/۲ متعلق به تیمار کم‌آبیاری سنتی به مقدار۵۰٪ در مرحله دوم رشد (۵۰٪M2) می‌باشد. کارآئی مصرف آب برای علوفه خشک در تیمار شاهد برابر ۲/۲ کیلوگرم در هر مترمکعب آب مصرفی بود. کارآئی مصرف آب برای عملکرد بیولوژیکی در بین تیمارها با اطمینان ۹۹ درصد دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد. اما در بین گروه‌های مقایسه‌ای دارای اختلاف معنی‌داری نیست. بیشترین کارآئی مصرف آب برابر شش (کیلوگرم عملکرد بیولوژیکی در هر متر مکعب آب مصرفی) در تیمار خشکی موضعی ریشه با جابجائی جویچه‌های مرطوب بعد از دو آبیاری در تمام دوره رشد (D2T) و کمترین آن برابر ۲/۴۲ در تیمار خشکی موضعی ریشه با جابجائی جویچه‌های مرطوب بعد از سه آبیاری در مرحله دوم رشد (D3M2) حاصل شد. کریمی و همکاران (۱۳۸۸) کارآئی مصرف آب گیاه ذرت را برابر ۶/۰۷ کیلوگرم بر متر مکعب گزارش کردند که با نتیجه این طرح نزدیکی خوبی دارد.

**جدول(۱): میانگین مربعات صفات مورد**

| منابع تغییر | درجه آزادی | تعداد برگ | شاخص سطح برگ | سطح ویژه برگ (SLA) ($cm^2/gr$) | نسبت سطح برگ (LAR) ($c.m^2/gr$) | کارآئی مصرف آب ($kg/m^3$) (علوفه خشک به آب) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| بلوک | ۲ | ۰/۵۱n.s | ۱۳/۷۰** | ۱۰۷۷۰/۵۸n.s | ۲۰۰۲/۱۱* | ۲/۹۹** |
| تیمار | ۱۸ | ۰/۸۹n.s | ۱/۸۶n.s | ۶۴۳۱/۶۶n.s | ۱۳۶۱/۱۲** | ۰/۶۵* |
| مقایسه گروهی۱ | ۱ | ۷/۳۴** | ۰/۱۷n.s | ۶۳/۳۵n.s | ۰/۰۵n.s | ۰/۶۴n.s |
| مقایسه گروهی۲ | ۱ | ۰/۳۳n.s | ۰/۸۰n.s | ۹۱۰/۸۶n.s | ۴۸۴/۸۵n.s | ۰/۸۳n.s |
| مقایسه گروهی۳ | ۱ | ۰/۰۶n.s | ۰/۶۷n.s | ۳۴۷۲/۸۱n.s | ۱۰/۴۱n.s | ۰/۳۱n.s |
| مقایسه گروهی۴ | ۱ | ۰/۰۶n.s | ۰/۰۵n.s | ۳۳۳۴/۶۳n.s | ۲۸۰/۹۱n.s | ۰/۰۲n.s |
| خطا | ۳۶ | ۰/۵۶ | ۱/۰۷ | ۳۵۳۹/۷۵ | ۴۳۵/۰۷ | ۰/۲۹ |
| | c.v | ۵/۲۷ | ۱۸/۰۲ | ۲۴/۳۵ | ۲۵/۹۴ | ۳۰/۵۷ |

**ادامه جدول(۱): میانگین مربعات صفات مورد**

| منابع تغییر | درجه آزادی | عملکرد علوفه تر (kg/ha) | عملکرد علوفه خشک (kg/ha) | عملکرد بیولوژیکی (kg/ha) | کارآئی مصرف آب ($kg/m^3$) (عملکرد بیولوژیکی به آب). |
|---|---|---|---|---|---|
| بلوک | ۲ | ۳۷۴۳۷۴۹۱۲* | ۶۹۲۹۶۰۳۴** | ۱۶۶۲۵۶۲۵n.s | ۰/۴۳n.s |
| تیمار | ۱۸ | ۳۴۱۳۱۴۵۷۱** | ۲۲۷۷۰۵۸۶/۲** | ۶۰۲۳۲۲۲۱n.s | ۳/۰۶** |
| مقایسه گروهی۱ | ۱ | ۴۱۰۸۸۸۸/۹n.s | ۴۹۲۴۲۴/۷۴n.s | ۹۴۴۵۳۷۹/۲n.s | ۰/۰۰۹n.s |
| مقایسه گروهی۲ | ۱ | ۵۷۲۸۸۶۰۰۰* | ۲۷۷۷۸۳۹۰/۱۴* | ۳۲۶۰۱۵۹/۹n.s | ۰/۴۹۹n.s |
| مقایسه گروهی۳ | ۱ | ۷۳۵۰۰۰۰n.s | ۴۷۰۱۲/۷۴n.s | ۶۵۲۴۷۳۰/۳n.s | ۲/۴۳n.s |
| مقایسه گروهی۴ | ۱ | ۴۱۵۸۳۳۷۵n.s | ۵۲۹۱۷۱۳/۰۴n.s | ۷۰۰۶۶۹۶۸/۶n.s | ۲/۳۷n.s |
| خطا | ۳۶ | ۱۰۳۰۶۸۲۹۲ | ۶۷۴۲۱۵۱/۱ | ۳۱۹۶۹۱۹۰ | ۰/۷۵ |
| | c.v | ۲۷/۰۹ | ۳۱/۹۸ | ۲۲/۳۶ | ۲۲/۴۵ |

**، *، n.s به ترتیب معنی دار در سطح یک درصد، پنج در صد و غیر معنی دار

**جدول(۲): مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه**

| تیمار | تعداد برگ | شاخص سطح برگ | سطح ویژه برگ(SLA) ($cm^2/gr$) | نسبت سطح برگ ($cm^2/gr$) (LAR) | کارآئی مصرف آب ($kg/m^3$) (علوفه خشک به آب) |
|---|---|---|---|---|---|
| S | ۱۳/۵bc | ۵/۲۸bcd | ۳۸۱/۵a | ۴۲/۵۲f | ۲/۲abc |
| ٪۷۵T | ۱۴/۱۶abc | ۶/۴abcd | ۲۸۳/۴۸ab | ۹۱/۵۶abcde | bc۱/۵۱ |
| ٪۷۵M1 | ۱۴/۵ab | ۴/۵۸d | ۱۹۴/۶b | ۷۹/۳۹bcdef | ۱/۵bc |
| ٪۷۵M2 | ۱۴/۶ab | ۵/۹۳abcd | ۲۴۳/۳۷b | ۸۰/۶۷bcdef | ۱/۲۹c |
| ٪۵۰T | ۱۳/۸abc | ۵/۱dc | ۲۸۴/۳۵ab | ۱۲۷/۰۴a | ۱/۲۷c |
| ٪۵۰M1 | ۱۲/۸۳c | ۵/۴۵abcd | ۲۳۹/۶۷b | ۷۹/۱۴bcdef | ۱/۸۶abc |
| ٪۵۰M2 | ۱۴/۸۳ab | ۵/۵abcd | ۲۴۷/۲۲b | ۷۷/۲۸bcdef | ۱/۲c |
| CT | ۱۳/۶abc | ۵/۴۱abcd | ۱۸۸/۳۲b | ۵۷/۵۶def | a۲/۶۵ |
| CM1 | ۱۴/۱۶abc | ۵/۴۱abcd | ۲۲۴/۷۳b | ۸۲/۴۶bcdef | ۱/۸۹abc |
| CM2 | ۱۴/۵ab | ۶/۹۳abc | ۲۲۱/۳۵b | ۵۷/۲۲def | ۲/۰۶abc |
| D1T | ۱۴/۱۶abc | ۵/۶۵abcd | ۲۴۸/۹۶b | ۹۷/۳۰abcd | ۱/۵۴bc |
| D1M1 | ۱۴abc | ۴/۷۸d | ۲۱۴/۵۴b | ۸۲/۱۹bcdef | ۱/۶۵abc |
| D1M2 | ۱۳/۶abc | ۷/۳۵a | ۲۰۹/۱۲b | ۵۶/۳۹def | ۲/۶۷a |
| D2T | ۱۵a | ۷/۳ab | ۲۷۷/۷۱ab | ۱۰۱/۰۲abc | ۱/۹۳abc |
| D2M1 | ۱۳/۸۳abc | ۵/۰۸dc | ۱۸۳/۶۴b | ۵۵/۲۹ef | ۲/۵۳ab |
| D2M2 | ۱۴/۸۳ab | ۵/۵۵abcd | ۲۰۲/۶۹b | ۶۴/۹۷cdef | ۱/۵۴bc |
| D3T | ۱۴/۵ab | ۵/۱dc | ۲۶۶/۷۵b | ۱۰۲/۰۲abc | ۱/۳۸c |
| D3M1 | ۱۴/۶ab | ۵/۹۵abcd | ۲۶۸/۳۵b | ۱۰۶/۵۴ab | ۱/۵dc |
| D3M2 | ۱۴/۱۶abc | ۶/۲۱abcd | ۲۶۲/۴۱b | ۸۷/۲۶bcde | c۱/۲۷ |

میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌داربا یکدیگر می‌باشند

**ادامه جدول(۲): مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه**

| تیمار | عملکرد علوفه تر (kg/ha) | عملکرد علوفه خشک (kg/ha) | عملکرد بیولوژیکی (kg/ha) | کارآئی مصرف آب (kg/m3) (عملکرد بیولوژیکی به آب). |
|---|---|---|---|---|
| S | ۴۵۴۸۳abcd | ۱۲۸۶۶ab | ۲۲۵۲۹abc | ef۲/۵۷ |
| ٪۷۵T | ۳۴۴۳۳cde | ۷۱۸۱dce | ۲۷۹۲۳abc | bcdef۳/۹۸ |
| ٪۷۵M1 | ۳۴۳۳۳cde | ۷۱۶۷dce | ۲۱۸۵۵abc | def۲/۸۲ |
| ٪۷۵M2 | ۳۵۲۰۰cde | ۷۴۸۸dce | ۲۳۰۸۵abc | def۲/۸۷ |
| ٪۵۰T | ۲۴۸۳۳e | ۴۷۶۸e | ۲۳۵۰۲abc | abcd۴/۴۶ |
| ٪۵۰M1 | ۳۳۸۰۰cde | ۶۹۹۰dce | ۲۰۰۰۵bc | def۲/۶۸ |
| ٪۵۰M2 | ۳۵۲۶۷cde | ۷۴۸۵dce | ۲۱۲۷۱abc | def۲/۹۲ |
| CT | abc۴۷۶۰۰ | ۹۹۴۰bcd | ۲۰۳۵۰bc | cdef۳/۸۶ |
| CM1 | ۳۲۸۳۳cde | ۷۱۰۷dce | ۳۲۴۳۱a | abc۴/۸۱ |
| CM2 | ۵۷۷۰۰ab | ۱۱۹۰۵abc | ۲۷۵۱۱abc | cdef۳/۷ |
| D1T | ۲۴۸۰۰e | ۵۷۹۲de | ۲۹۴۹۱ab | ab۵/۶ |
| D1M1 | ۲۸۶۰۰cde | ۶۱۹۲de | ۲۶۱۴۴abc | cdef۳/۸۷ |
| D1M2 | ۶۰۵۳۳a | ۱۵۴۲۳a | ۳۰۵۲۳ab | bcde۴/۲ |
| D2T | ۳۴۵۳۳cde | ۷۲۵۶dce | ۳۱۶۴۶a | a۶ |
| D2M1 | ۴۷۳۱۷abc | ۹۴۹۸bcde | ۳۰۰۴۴ab | abcd۴/۴۵ |
| D2M2 | ۴۵۴۶۷abcd | ۸۸۹۶bcde | ۲۱۳۱۴abc | def۲/۹۲ |
| D3T | ۲۳۸۰۰e | ۵۱۷۶de | ۲۳۶۰۸abc | abcd۴/۴۸ |
| D3M1 | ۲۶۵۸۳de | ۵۸۱۲de | ۲۹۳۹۶ab | bcd۴/۳۶ |
| D3M2 | ۳۸۹۰۰bcde | ۷۳۳۵dce | ۱۷۶۵۴c | f۲/۴۲ |

میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌داربا یکدیگر می‌باشند

## نتیجه گیری

به‌طور کلی نتایج طرح نشان می‌دهد، تامین آب مورد نیاز در مرحله رویشی تاثیر زیادی در عملکرد علوفه گیاه ذرت دارد (با ۳۵٪ صرفه جوئی در آب آبیاری کاهشی برابر ۶۹٪ در عملکرد علوفه حاصل شد). بنابراین، با هدف برداشت علوفه بیشتر، اجرای کم‌آبیاری در این مرحله توصیه نمی‌شود. اما برای برداشت بالای بیوماس و رسیدن به عملکرد بیولوژیکی بیشتر، به‌ازای هر مترمکعب آب مصرفی، نیازی به آبیاری کامل گیاه نیست و می‌توان از خشکی موضعی ریشه به عنوان کم‌آبیاری استفاده کرد.

تجزیه و تحلیل آماری نتایج طرح، کاهش معنی‌داری در عملکرد بیولوژیکی گیاه نسبت به تیمارهای آبیاری نشان نمی‌دهد. با توجه به کارآئی مصرف آب به‌دست آمده (۶ کیلوگرم عملکرد بیولوژیکی در هر متر مکعب آب مصرفی)، می‌توان گفت: مناسب‌ترین روش اعمال کم‌آبیاری برای گیاه ذرت در منطقه کرمان، خشکی موضعی ریشه با جابجائی جویچه‌های مرطوب بعد از دو دور آبیاری (فاصله ۲۸ روزه) می‌باشد.

## تشکر و قدر دانی

در اینجا لازم است از مدیریت محترم قطب علمی "مدیریت بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز" و معاونت محترم مالی و اداری، مدیر امور عمومی، مسئولین و کارگران مزرعه دانشکده کشاورزی فجر دانشگاه شهید باهنر کرمان که با کمک‌های مالی و حمایت‌های معنوی خود پیشرفت طرح را تسریع بخشیدند، تشکر نمود.

## منابع

۱.بختیاری، ب.، ع.م. لیاقت، ع. خلیلی و م.ج. خانجانی. 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. جلد ۱۳، شماره ۵۰، ص. ۱۳تا۲۶.

۲.پرند، ا.ر. ۱۳۷۶. اثرات آبیاری جویچه‌ای معمولی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد ذرت (Zea Masy L.) با آبیاری جویچه‌ای یک در میان در شرایط سطح ایستابی عمیق و کم‌عمق. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شیراز. ایران. ۱۳۷ ص.

۳.خرمگاه، ن.، ع.م. بخشنده و ع. سیادت. ۱۳۸۷. بررسی تاثیر کم‌آبیاری بر راندمان مصرف آب و عملکرد ذرت دانه‌ای هیبرید ۷۰۴ در مقادیر متفاوت تراکم بوته در شرایط آب و هوائی خوزستان. دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. اهواز.

۴.رفیعی، م.، م. کریمی، ق. نورمحمدی و ح. نادیان. ۱۳۸۲. اثرات تنش خشکی، مقادیر فسفر و روی بر توزیع عمودی سطح برگ، نفوذ نور در سایه‌انداز و رابطه آن‌ها با عملکرد دانه ذرت. مجله علوم زراعی ایران، جلد ۵، شماره ۱، ص. ۱تا۱۲.

۵.رفیعی، م.، م. کریمی، ق. نورمحمدی و ح. نادیان. ۱۳۸۸. اثرات تنش خشکی و مقادیر روی و فسفر بر برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ذرت دانه‌ای. فصلنامه علمی تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد ۱، شماره ۱، ص. ۵۸تا۶۶.

۶.سپهری، ع.، س.ع.م. مدرس ثانوی، ب. قره یاضی و ی. یمینی. ۱۳۸۱. تاثیر تنش آب و مقادیر مختلف نیتروژن بر مراحل رشد و نمو، عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۴، شماره ۳، ص. ۱۸۴تا۱۹۵.

۷.کریمی، م، م. اصفهانی، م.ح. بیگلوئی، ب. ربیعی و ع. کافی قاسمی. ۱۳۸۸. تاثیر تیمارهای کم‌آبیاری بر صفات مورفولوژیک و شاخص‌های رشد ذرت علوفه‌ای در شرایط آب و هوائی رشت. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، جلد ۲، شماره ۲، ص. ۹۱تا۱۰۹.

۸.گواهی، م. ۱۳۸۵. بررسی اثر کاربرد مقادیر مختلف کودهای پتاسیم و سولفور بر عملکرد، اجزاء عملکرد، درصد روغن و پروتین کلزای بهاره رقم هایولای ۴۰۱. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شهید باهنر کرمان. دانشکده کشاورزی. ۸۲ ص.

9. Davies, W.J and J. Zhang. 1991. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol., 42:55-76.
10. Han, Y.L. and S.Z. Kang. 2002. Effects of the controlled partial rootzone irrigation on root nutrition uptake of maize (Zea mays). Trans. Of Chinese Sco. Agric. Eng. (in Chinese), 18(1):57-59.
11. Jovanovic, Z., R. Stikic, B. Vucelic-Radovic, M. Paukovic, Z. Brocic, G. Matovic, S. Rovcanin and M. Mojevic. 2010. Partial root-zone drying increases WUE, N and antioxidant content in field potatoes. Europ. J. Agronomy, 33:124-131.
12. Kashiani, P., G. Saleh, M. Osman and D. Habibi. 2011. Sweet corn yield response to alternate furrow irrigation methods under different planting densities in a semiarid climatic condition. African Journal of Agricultural Research, 6(4):1032-1040.
13. Kirda, C., S. Topcu, M. Cetin, H.Y. Dasgan, H. Kaman, F. Topaloglu, M.R. Derici and B. Ekici. 2007. Prospects of partial root drying zone for increasing water use efficiency of major

crops in the Mediterranean region. Ann. Appl. Biol., 150:281-291.
14. Nesmith, D.S. and J.T. Ritchie. 1992. Short and long-term responses of corn to a preanthesis soil water deficit. Agron., J. 84:107-113.
15. Savić, S., R. Stikić, Z. Jovanović, L. Prokić and M. Pauković. 2009. Partial root drying irrigation technique: practical application of drought stress signaling mechanism in plants. Arch. Biol. Sci., Belgrade, 61(2):285-288.
16. Stikic, R., S. Popovic, M. Srdic, D. Savic, Z. Jovanovic, L.J. Prokic and J. Zdravkovic. 2003. Partial root zone drying (PRD): A new technique for growing plants that saves water and improves the quality of fruit." Bulg. J. Plant Physiol. Pecial Issue, 164-171.
17. Tesfaye, S.G., I.M. Razi and M. Maziah. 2008. Effects of deficit irrigation and partial root zone drying on growth, dry matter partitioning and water use efficiency in young coffee (coffee Arabica L.) plants. Journal of Food. Agriculture Environment, 6:312-317.
18. Trimmer, W.L. 1990. Partial irrigation in Pakistan. ASCE, J. Irrig. and Drain. Eng., 116(3):342-353.
19. Zegbe-Dominguez, J.A., M.H. Behboudian, A. Lang and B.E. Clothier. 2003. Deficit irrigation and Partial rootzone drying maintain fruit dry mass and enhance fruit quality in 'Petopride' Processing tomato (Lycopersicon esculentum, Mill.). Scientia Horticulturae, 98:505-510.
20. Zegbe-Dominguez, J.A., M.H. Behboudian and B.E. Clothier. 2004. Partial rootzone drying is a feasible option for irrigation processing tomatoes. Agric. Water Manag., 68:195-206.

# Effect of deficit irrigation and partial root zone drying on Morphological and physiological characteristics of corn

**Abstract**

Water resources are limited worldwide. Deficit irrigation is a strategy to deal with this limitation. To determine the best method for corn deficit irrigation one study was conducted. This research was conducted on Shahid Bahonar University of Kerman in the spring of 2010. A completely random experimental design with one control and 18 deficit irrigation treatments in three blocks was considered. Treatments were: mild water stress (irrigation with %75 ETP), high water stress (irrigation with %50 ETP), fixed every other furrow irrigation treatment (C) and three partial root zone drying (Change the wet furrows in every irrigation (D1), Change the wet furrows in every other irrigation (D2) and change the wet furrows in every second irrigations (D3)). Every treatment was conducted in three growth stage of corn (all periods of growth (T), vegetative growth stage (M1) and reproductive growth stage (M2)). The highest biological yield was equal to 32431 kg per hectare was belonged to CM1 treatment and the lowest was 17654 kg per hectare belonged to D3M2 treatment. Water use efficiency (km biological yield per cubic meter of water) for the S (irrigation with %100 ETP) treatments was equal to 2.57 and for D2T treatments was equal to 6. The results showed that the partial root zone drying with two intervals irrigation (28-day) was the best choice to apply deficit irrigation for corn.

**Key words: Corn, Deficit Irrigation, Partial Root Zone Drying, Water Use Efficiency, Yield.**