

## تأثیر کم آبیاری و خشکی موضعی ریشه بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه ذرت

عباس رضائی استخروئیه<sup>۱</sup>، سعید برومند نسب<sup>۲</sup>، عبدالرحیم هوشمند<sup>۳</sup>، محمدجواد خانجانی<sup>۴</sup>

مقاله بر گرفته از پایان نامه مقطع دکتری نویسنده اول می باشد.

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 کم آبیاری 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 کم آبیاری و در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای کم آبیاری 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) به صورت جابجائی جویچه‌های مرطوب در هر آبیاری (D1)، بعد از دو آبیاری (D2) و بعد از سه آبیاری (D3) است. هر یک از تیمارهای کم آبیاری 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. کارائی 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 کارائی مصرف آب، مناسب‌ترین روش کم آبیاری برای ذرت در منطقه کرمان، خشکی موضعی ریشه با جابجائی بعد از دو دور آبیاری (فاصله ۲۸ روزه) می باشد.

واژه‌های کلیدی: خشکی موضعی ریشه، ذرت، عملکرد، کارائی مصرف آب، کم آبیاری.

<sup>۱</sup> - دانشجوی دکتری، گرایش آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز (نویسنده مسئول)

Email: [abbasrezaei2@gmail.com](mailto:abbasrezaei2@gmail.com) or [rezaei@mail.uk.ac.ir](mailto:rezaei@mail.uk.ac.ir) Mobile: 09133969296

Email: [boroomandsaeed@yahoo.com](mailto:boroomandsaeed@yahoo.com) Mobile: 09161183016

Email: [Hooshmand\\_a@scu.ac.ir](mailto:Hooshmand_a@scu.ac.ir) Mobile: 09163119632

Email: [khangani@yahoo.com](mailto:khangani@yahoo.com) Mobile: 09131413028

<sup>۲</sup> - استاد، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران، اهواز

<sup>۳</sup> - استادیار، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران، اهواز

<sup>۴</sup> - استاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

افزایش می‌دهد (رفیعی و همکاران، ۱۳۸۲؛ ۱۳۸۸). نتیجه تحقیق دیگری نشان می‌دهد که کم آبیاری از طریق کاهش معنی‌داری که در سطح برگ و وزن بیولوژیکی اندام‌های گیاه ذرت ایجاد می‌نماید، باعث تأثیر 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 کم آبیاری 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 آبسزیک 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 صرفه‌جویی 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 تا ۷۰ درصد افزایش یافت (زگب و همکاران، ۲۰۰۴).

استفاده از خشکی موضعی ریشه برای گیاه پنبه، صرفه-جویی 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 تأثیر 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 کم آبیاری سنتی شد (زگب و همکاران، ۲۰۰۳). برای گیاه قهوه، خشکی موضعی ریشه ۵۰٪ در مصرف آب صرفه‌جویی کرده و راندمان مصرف آب را ۲۱٪ تا ۴۳٪ نسبت به کم آبیاری معمولی و آبیاری کامل افزایش داد (تسفا و همکاران، ۲۰۰۸). در

تجربیات مربوط به کم آبیاری 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 کم آبیاری 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، نه تنها سطح هر برگ کاهش می‌یابد بلکه سرعت رشد آن نیز تحت تأثیر قرار گرفته و ظهور هر برگ به تأخیر 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، ۲۸/۸ درصد 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 (پرنده، ۱۳۷۶). مراحل فنولوژیکی رشد و نمو گیاه ذرت، تحت تأثیر کمبود آب به تأخیر 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

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 (شکل ۱).

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

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): جانمایی طرح

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 جویچه‌های مرطوب بعد از سه آبیاری در تمام دوره رشد (D3T)، در مرحله 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

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 با ۵۰٪ 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

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 کم آبیاری سنتی به مقدار ۵۰ درصد در مرحله اول رشد گیاه (M1/۵۰٪) است. در مقایسه گروهی، تعداد برگ، بین تیمار شاهد و کم آبیاری 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 کم آبیاری سنتی به مقدار ۷۵٪ در مرحله اول رشد (M1/۷۵٪) بود.

شاخص سطح برگ (LAI) بین تیمارها و در گروه‌های مقایسه‌ای دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشد. می‌توان گفت تیمارهای تحت کم آبیاری علی‌رغم صرفه‌جویی در مصرف آب از نظر آماری کاهش محسوسی در شاخص سطح برگ گیاه ایجاد نکردند. رفیعی و همکاران شاخص سطح برگ را متأثر 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- تأثیر کم آبیاری 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

تمام کرت‌ها با دور آبیاری یک هفته و به‌صورت یکنواخت آبیاری شد. بعد از این مدت و با استقرار گیاه، تیمارهای کم آبیاری اعمال شد. در این تحقیق دور آبیاری برای همه تیمارها یکسان و دو هفته بود. بنابراین، اجرای کم آبیاری 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 کم آبیاری قرار گرفتند، در مرحله دوم به‌صورت کامل آبیاری و گیاهانی که در مرحله دوم تحت کم آبیاری قرار گرفتند، در مرحله اول به‌صورت کامل آبیاری شدند. نیاز آبی گیاه با استفاده از لایسیمتر بیان 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، کارائی 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 گروه ۱: تیمار شاهد با تیمارهای M1/۷۵٪ و T/۵۰٪: گروه ۲: تیمار CT با تیمارهای D1T, D2T و D3T: گروه ۳: تیمار CM1 با تیمارهای D1M1, D3M1, D2M1: گروه ۴: تیمار CM2 با تیمارهای D1M2, D2M2, D3M2 قرار دارد. تأثیر کم آبیاری اعمال شده، بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه به‌صورت زیر مورد بررسی قرار می‌گیرد.

**الف- تأثیر روش‌های کم آبیاری بر خصوصیات برگ گیاه:** تعداد برگ به‌دست آمده در این طرح ۱۳، ۱۴ و ۱۵

های مرطوب بعد از سه آبیاری در مرحله دوم رشد (D3M2) بودند.

**ج- تاثیر روش‌های اعمال کم‌آبیاری بر کارائی مصرف آب گیاه:** کارائی 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 مقایسه‌ای غیر معنی‌دار می‌باشد. بیشترین مقدار کارائی 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 مقدار ۵۰٪ در مرحله دوم رشد (۵۰M2) می‌باشد. کارائی مصرف آب برای علوفه خشک در تیمار شاهد برابر ۲/۲ کیلوگرم در هر مترمکعب آب مصرفی بود. کارائی 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 کارائی 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) کارائی مصرف آب گیاه ذرت را برابر ۶/۰۷ کیلوگرم بر متر مکعب گزارش کردند که با نتیجه این طرح نزدیکی خوبی دارد.

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 تیمار کم‌آبیاری سنتی به مقدار ۵۰٪ در تمام دوره رشد (۵۰T) به دست 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 معنی‌داری 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 درصد 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-

جدول (۱): میانگین مربعات صفات مورد

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد برگ	شاخص سطح برگ	سطح ویژه برگ (SLA) (cm <sup>2</sup> /gr)	نسبت سطح برگ (LAR) (c.m <sup>2</sup> /gr)	کارائی مصرف آب (kg/m <sup>3</sup> ) (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 گروهی ۱	۱	۷/۳۴**	۰/۱۷n.s	۶۳/۳۵n.s	۰/۰۵n.s	۰/۶۴n.s
مقایسه گروهی ۲	۱	۰/۳۳n.s	۰/۸۰n.s	۹۱۰/۸۶n.s	۴۸۴/۸۵n.s	۰/۸۳n.s
مقایسه گروهی ۳	۱	۰/۰۶n.s	۰/۶۷n.s	۳۴۷۲/۸۱n.s	۱۰/۴۱n.s	۰/۳۱n.s
مقایسه گروهی ۴	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)	کارائی مصرف آب (kg/m <sup>3</sup> ) (عملکرد بیولوژیکی به آب)
بلوک	۲	۳۷۴۳۷۴۹۱۲*	۶۹۲۹۶۰۳۴**	۱۶۶۲۵۶۲۵n.s	۰/۴۳n.s
تیمار	۱۸	۳۴۱۳۱۴۵۷۱**	۲۲۷۷۰۵۸۶/۲**	۶۰۲۳۲۲۲۱n.s	۳/۰۶**
مقایسه گروهی ۱	۱	۴۱۰۸۸۸۸/۹n.s	۴۹۴۲۴/۷۴n.s	۹۴۴۵۳۷۹/۲n.s	۰/۰۰۹n.s
مقایسه گروهی ۲	۱	۵۷۲۸۸۶۰۰*	۲۷۷۷۸۳۹۰/۱۴*	۳۲۶۰۱۵۹/۹n.s	۰/۴۹۹n.s
مقایسه گروهی ۳	۱	۷۳۵۰۰۰۰n.s	۴۷۰۱۲/۷۴n.s	۶۵۲۴۷۳۰/۳n.s	۲/۴۳n.s
مقایسه گروهی ۴	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 <sup>2</sup> /gr)	نسبت سطح برگ (LAR) (cm <sup>2</sup> /gr)	کارائی مصرف آب (kg/m <sup>3</sup> ) (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	۴/۵ad	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	۱۴/۸۲ab	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	۴/۷ad	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	۱۴/۸۲ab	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 معنی‌دار با 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)	کارائی مصرف آب (kg/m <sup>3</sup> ) (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 معنی‌دار با یکدیگر می‌باشند

## نتیجه گیری

نمی‌دهد. با توجه به کارائی 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 جوپچه‌های مرطوب بعد از دو دور آبیاری (فاصله ۲۸ روزه) می‌باشد.

به‌طور کلی نتایج طرح نشان می‌دهد، تامین آب مورد نیاز در مرحله رویشی تاثیر زیادی در عملکرد علوفه گیاه ذرت دارد (با ۳۵٪ صرفه جویی 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

## 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. ۱۳ تا ۲۶.
۲. پرند، ار. ۱۳۷۶. اثرات آبیاری جویچه‌ای معمولی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد ذرت (*Zea Mays L.*) با آبیاری جویچه‌ای یک در میان در شرایط سطح ایستابی عمیق و کم‌عمق. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شیراز. ایران. ص. ۱۳۷.
۳. خرمگاه، ن.، ع.م. بخشنده و ع. سیادت. ۱۳۸۷. بررسی تأثیر کم‌آبیاری بر راندمان مصرف آب و عملکرد ذرت دانه‌ای هیبرید ۷۰۴ در مقادیر متفاوت تراکم بوته در شرایط آب و هوایی 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. ۱ تا ۱۲.
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. ۵۸ تا ۶۶.
۶. سپهری، ع.، س.ع.م. مدرس ثانوی، ب. قره یاضی و ی. یمینی. ۱۳۸۱. تأثیر 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. ۱۸۴ تا ۱۹۵.
۷. کریمی، م.، م. اصفهانی، م.ج. بیگلوئی، ب. ربیعی و ع. کافی قاسمی. ۱۳۸۸. تأثیر تیمارهای کم‌آبیاری بر صفات مورفولوژیک و شاخص‌های رشد ذرت علوفه‌ای در شرایط آب و هوایی رشت. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، جلد ۲، شماره ۲، ص. ۹۱ تا ۱۰۹.
۸. گواهی، م. ۱۳۸۵. بررسی اثر کاربرد مقادیر مختلف کودهای پتاسیم و سولفور بر عملکرد، اجزاء عملکرد، درصد روغن و پروتئین 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. Stikić, R., S. Popović, M. Srdić, D. Savić, Z. Jovanović, L.J. Prokić and J. Zdravković. 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.

Archive of SID

## 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 (kg 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.