

## تأثیر کم آبیاری و خشکی موضعی ریشه بر عملکرد، اجزاء عملکرد و کارایی مصرف آب گیاه ذرت دانه‌ای هیبرید سینگل کراس ۷۰۴

عباس رضائی استخروئیه<sup>۱\*</sup> - عبدالرحیم هوشمند<sup>۲</sup> - سعید برومندنسب<sup>۳</sup> - محمدجواد خانجانی<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۲/۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۸/۲۸

### چکیده

کم آبیاری راهبرد بهینه سازی کارایی مصرف آب در آبیاری است. تحقیق در بهار ۱۳۸۹ در دانشگاه شهید باهنر کرمان، به منظور بررسی تأثیر کم-آبیاری بخصوص روشهای نوین آن (خشکی موضعی ریشه) بر عملکرد، اجزاء عملکرد و کارایی مصرف آب در گیاه ذرت دانه‌ای، هیبرید سینگل کراس ۷۰۴، انجام شد. طرح به صورت بلوک‌های کامل تصادفی با یک تیمار شاهد، ۱۸ تیمار کم آبیاری و در سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای کم آبیاری شامل: تنش خشکی ملایم (آبیاری با ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه)، تنش خشکی شدید (آبیاری با ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه)، آبیاری جوی و پشته‌ای یک در میان ثابت، سه تیمار خشکی موضعی ریشه (جابجائی جویچه‌های مرطوب در هر آبیاری، بعد از دو آبیاری و بعد از سه آبیاری) بودند. هر یک از تیمارهای کم آبیاری در سه مرحله رشد گیاه (تمام دوره رشد، رشد رویشی و رشد زایشی) اعمال گردید. بیشترین عملکرد بیولوژیکی گیاه برابر ۳۲۴۳۱ و کمترین آن برابر ۱۷۶۵۴ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. بیشترین عملکرد دانه ۱۲۱۱۵ و کمترین آن ۷۱۶۳ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. کارایی مصرف آب برای تیمار شاهد، برابر ۱/۱۶ و برای تیمار خشکی موضعی ریشه با جابجائی جویچه‌های مرطوب در هر آبیاری در تمام دوره رشد گیاه برابر ۲/۱۳ (کیلوگرم دانه به ازاء یک متر مکعب آب) بود. بر اساس نتایج حاصل، کم آبیاری به روش خشکی موضعی ریشه، با جابجائی جویچه‌های مرطوب بعد از هر آبیاری (فاصله ۱۴ روزه)، بهترین روش اعمال کم آبیاری برای گیاه ذرت دانه‌ای در منطقه کرمان تشخیص داده شد.

### واژه‌های کلیدی: کم آبیاری، خشکی موضعی ریشه، ذرت، عملکرد، کارایی مصرف آب

### مقدمه

مورد استفاده قرار می‌گیرد. در اراضی فاریاب بهترین و اصلی‌ترین راه، برای افزایش کارایی مصرف آب، افزایش عملکرد به ازاء هر واحد آب مصرفی می‌باشد.

هدف از اعمال کم آبیاری، افزایش راندمان مصرف آب، به وسیله کاهش کفایت آبیاری یا حذف آبیاری‌های غیر موثر می‌باشد (۹). 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 به طور گسترده از کم آبیاری استفاده می‌گردد، به نحوی که کل آب مصرفی، حدود ۲۵ درصد کمتر از آبیاری کامل محصولات است (۲۲).

در آبیاری جوی و پشته‌ای یک در میان متغیر، که یک نوع کم-آبیاری محسوب می‌شود، با وجود ۵۰ درصد کاهش در مصرف آب آبیاری، کاهش در عملکرد دانه ذرت دیده نشد. در حالیکه، آبیاری جوی و پشته‌ای یک در میان ثابت و آبیاری جوی و پشته‌ای معمولی، با کاهش آب آبیاری، کاهش اساسی در محصول را نشان دادند (۱۵). آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر، تکمیل شده با یک یا دو آبیاری

ذرت از نظر میزان تولید در واحد سطح، بعد از گندم در رتبه دوم جهانی و از نظر سطح زیر کشت، بعد از گندم و برنج مقام سوم دنیا را به خود اختصاص داده است. قدرت تطابق و سازگاری گیاه ذرت با شرایط اقلیمی گوناگون زیاد بوده و از محصولات عمده مناطق معتدل و نیمه گرمسیری به شمار می‌رود. ذرت به ازاء هر هزار گرم آب مصرفی به طور متوسط ۲/۸۷ گرم ماده خشک تولید می‌کند. به همین دلیل ذرت را پادشاه غلات می‌نامند (۸). کارایی مصرف آب عبارت است از نسبت عملکرد گیاه به آب مصرف شده. کارایی مصرف آب (WUE) یکی از شاخص‌هایی است که برای ارزیابی مدیریت آبیاری

۴ و ۱- استادیار و استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

(Email: rezaei@mail.uk.ac.ir)

\*- نویسنده مسئول:

۲ و ۳- استادیار و استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

بر اساس روش دومارتن، نیمه خشک تعیین گردید (۲). خاک مزرعه دارای بافت شنی لومی، با EC برابر ۲/۱۱ dS/m و pH برابر ۷/۹ می‌باشد (۶).

برای اجرای طرح، قطعه زمینی به وسعت ۹۰۰ متر مربع انتخاب، آماده سازی و به کرت‌هایی به ابعاد ۳×۴ متر مربع تقسیم شد. درون هر کرت پنج پشته به طول چهار متر و فاصله نیم متر ایجاد گردید. برای جلوگیری از نشت آب از کرتی به کرت دیگر بین دو کرت مجاور پشته ای به عرض نیم متر و بین تیمارها راهروئی به عرض یک متر ایجاد گردید. پتاسیم، فسفر و ازت مورد نیاز گیاه بر اساس آزمون خاک، توسط افزودن کود سولفات پتاسیم و سوپر فسفات تریپل قبل از کاشت و کود اوره قبل از کاشت و سه نوبت از مراحل مختلف رشد گیاه (کود سرک)، تامین شد.

برای اعمال تنش، دوره رشد گیاه به دو مرحله (مرحله اول، شامل رشد رویشی گیاه تا ظهور گل تاجی و مرحله دوم، شامل رشد زایشی از ظهور گل تاجی تا رسیدن فیزیولوژیکی) تقسیم شد. گیاهانی که در مرحله اول تحت کم آبیاری قرار گرفتند، در مرحله دوم به صورت کامل آبیاری شدند و گیاهانی که در مرحله دوم تحت کم آبیاری قرار گرفتند، در مرحله اول به صورت کامل آبیاری شدند.

طرح به صورت بلوک‌های کامل تصادفی با یک تیمار شاهد و ۱۸ تیمار کم آبیاری شامل: آبیاری با ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه (در تمام دوره رشد (۷۵T درصد)، در رشد رویشی (M1 ۷۵ درصد) و در رشد زایشی (M2 ۷۵ درصد))، آبیاری با ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه (در تمام دوره رشد (۵۰T درصد)، در رشد رویشی (M1 ۵۰ درصد) و در رشد زایشی (M2 ۵۰ درصد)). آبیاری جوپچه‌ای یک در میان ثابت با ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه (در تمام دوره رشد (CT)، در رشد رویشی (CM1) و در رشد زایشی (CM2))، خشکی موضعی ریشه، آبیاری با ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه، با جابجائی جوپچه‌های مرطوب بعد از یک آبیاری (در تمام دوره رشد (D1T)، در رشد رویشی (D1T) و در رشد زایشی (D1T)). خشکی موضعی ریشه، آبیاری با ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه، با جابجائی جوپچه‌های مرطوب بعد از دو آبیاری (در تمام دوره رشد (D2T)، در رشد رویشی (D2M1) و در رشد زایشی (D2M2))، خشکی موضعی ریشه، آبیاری با ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه، با جابجائی جوپچه‌های مرطوب بعد از سه آبیاری (در تمام دوره رشد (D3T)، در رشد رویشی (D3M1) و در رشد زایشی (D3M2)) و در ۳ تکرار طراحی و اجرا گردید.

در تاریخ ۸۹/۲/۲۱ بذر ذرت، رقم سینگل کراس ۷۰۴، به فاصله ۱۰ سانتیمتر از یکدیگر، روی پشته‌ها کشت شد. بعد از استقرار با تنک کردن، فاصله بوته‌ها به ۲۰ سانتیمتر (تراکم ۱۰۰۰۰۰ بوته در هکتار) افزایش یافت. تقریباً به مدت یک ماه، تمام کرت‌ها با دور آبیاری یک هفته و به صورت یکنواخت آبیاری شدند. بعد از این مدت، طبق طرح تیمارهای کم آبیاری اعمال گردید. در این تحقیق دور آبیاری برای

جوپچه‌ای معمولی در دوره ظهور کامل، نسبت به آبیاری جوپچه‌ای معمولی، ۳۰ درصد در مصرف آب صرفه‌جوئی داشت. در حالیکه عملکرد گیاه ذرت از نظر آماری تفاوت چندانی نداشت (۲۰). کم آبیاری باعث افزایش کارایی مصرف آب ارقام مختلف ذرت زودرس شد. بطور متوسط به ازاء یک درصد کاهش رطوبت نسبت به آبیاری کامل، عملکرد دانه کاهشی معادل ۱/۴ درصد خواهد داشت (۱). کارایی مصرف آب دانه ذرت، در آبیاری جوپچه‌ای یک در میان، بالاتر از آبیاری همه جوپچه‌ها (آبیاری جوپچه‌ای معمولی) گزارش شده است (۱۹) خشکی موضعی ریشه<sup>۱</sup> (PRD)، تکنیک جدید کم آبیاری است که کارایی مصرف آب را بدون کاهش مشخصی در عملکرد گیاه، بهبود می‌بخشد (۱۳ و ۱۴). 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 فرستادن پیام به اندام‌های هوایی، نسبت به خشکی عکس‌العمل نشان داده و باعث بسته شدن روزنه‌ها و کاهش مصرف آب توسط گیاه می‌شود (۱۱). خشکی موضعی ریشه در گیاه پنبه، صرفه جوئی قابل توجهی در آب مورد نیاز گیاه ایجاد کرده محصول چندین هفته زودتر از روش آبیاری سنتی آماده برداشت شد. که این امر باعث بدست آمدن محصول با کیفیت بالاتر گردید (۱۶).

خشکی موضعی ریشه ۵۰ درصد در مصرف آب گیاه قهوه صرفه-جوئی کرده و راندمان مصرف آب را ۲۱ درصد تا ۴۳ درصد نسبت به کم آبیاری معمولی و آبیاری کامل افزایش داد (۲۱). کاربرد خشکی موضعی ریشه در آبیاری سیب زمینی، نشان داد، در مناطقی که با کمبود آب و مشکل شوری مواجه‌اند، این روش می‌تواند جایگزین مناسبی برای روشهای آبیاری موجود بوده و ضمن بهبود بخشیدن به کیفیت و کمیت عملکرد محصول، باعث صرفه‌جوئی مقدار زیادی آب و بالا بردن کارایی مصرف آب شود (۱۷). در این مقاله، تاثیر کم-آبیاری و خشکی موضعی ریشه بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه ذرت دانه‌ای (*Zea mays L.*) (هیبرید سینگل کراس ۷۰۴) در منطقه کرمان مورد بررسی قرار می‌گیرد.

## 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 گردید. 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 اقلیم منطقه

نشانگر تاثیر آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه ذرت در مقابل تیمارهای خشکی موضعی ریشه در تمام دوره رشد خواهد بود.

گروه ۳: تیمار جوی و پشته‌ای یک در میان ثابت در مرحله اول رشد با تیمارهای خشکی موضعی ریشه در دوره اول رشد، با جابجائی جویچه‌های مرطوب بعد از یک، دو و سه نوبت آبیاری نتیجه حاصل از مقایسه این گروه بیانگر تاثیر آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه ذرت در مقابل تیمارهای خشکی موضعی ریشه در مرحله اول رشد گیاه خواهد بود. گروه ۴: تیمار جوی و پشته-ای یک در میان ثابت در مرحله دوم رشد با تیمارهای خشکی موضعی ریشه در دوره دوم رشد، با جابجائی جویچه‌های مرطوب بعد از یک، دو و سه نوبت آبیاری. نتیجه مقایسه این گروه بیانگر تاثیر آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه ذرت در مقابل تیمارهای خشکی موضعی ریشه در مرحله دوم رشد گیاه خواهد بود. تاثیر کم آبیاری اعمال شده، بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه به صورت زیر مورد بررسی قرار می‌گیرد.

### تاثیر کم آبیاری بر ارتفاع بوته

ارتفاع بوته، در انتهای مرحله رشد رویشی، گیاه اندازه‌گیری شد. بنابراین از تاثیر کم آبیاری در مرحله رشد زایشی بر آن صرف نظر می‌گردد. بیشترین ارتفاع بوته برابر ۲۱۵ سانتیمتر، متعلق به تیمار آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت در مرحله دوم رشد و کمترین آن با (۳۲/۲ درصد کاهش) برابر ۱۴۵/۷۵ سانتیمتر مربوط به تیمار کم آبیاری سنتی (۵۰ درصد) در تمام دوره رشد با ۳۵ درصد کاهش مصرف آب بود.

همه تیمارها یکسان و دو هفته بود. بنابراین اجرای کم آبیاری از طریق کاهش ارتفاع آب (نسبت به آبیاری کامل) صورت گرفت.

نیاز آبی گیاه با استفاده از لایسیمتر بیلان آبی موجود در مزرعه، تعیین و بر اساس آن مقدار آب مورد نیاز هر تیمار محاسبه و توسط یک شیلنگ مجهز به کنتور حجمی به کرتها داده شد. جهت اندازه گیری و محاسبه عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه، در دو مرحله (بعد از اتمام مرحله رویشی و در پایان دوره رشد) نمونه برداری انجام شد. نمونه برداری‌ها در هر نوبت 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 گرفت. بخشی از اطلاعات برداشت شده عبارتند از: ارتفاع بوته، عملکرد علوفه (وزن برگ و ساقه)، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، و کارایی مصرف آب (کیلوگرم دانه نسبت به آب مصرفی). داده‌ها توسط نرم افزار SAS(ver.9.1) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و منحنی‌ها در محیط Excel ترسیم شدند.

### نتایج و بحث

میانگین مربعات صفات اندازه‌گیری شده در جدول ۱ و مقایسه میانگین‌ها در جدول ۲ آمده است. در جدول ۱ چهار گروه برای مقایسه صفات مورد مطالعه به شرح زیر انتخاب شد. گروه ۱: تیمار شاهد با تیمارهای کم آبیاری سنتی (۷۵ و ۵۰ درصد) در تمام دوره رشد. نتیجه مقایسه این گروه نشانگر تاثیر کم آبیاری سنتی بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه ذرت در مقابل تیمار شاهد می‌باشد. گروه ۲: تیمار جوی و پشته‌ای یک در میان ثابت در تمام دوره رشد با تیمارهای خشکی موضعی ریشه در تمام دوره رشد با جابجائی جویچه‌های مرطوب بعد از یک، دو و سه نوبت آبیاری. نتیجه مقایسه این گروه

جدول ۱- میانگین مربعات صفات مورد مطالعه در گیاه ذرت

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته (cm)	عملکرد علوفه تر (kg.ha <sup>-1</sup> )	عملکرد علوفه خشک (kg.ha <sup>-1</sup> )	عملکرد بیولوژیکی (kg.ha <sup>-1</sup> )	عملکرد دانه (kg.ha <sup>-1</sup> )	کارایی مصرف آب (دانه به آب) (kg.m <sup>-3</sup> )
بلوک	۲	۱۶۰۱۸/۵۸**	۳۷۴۳۷۴۹۱۲*	۶۹۲۹۶۰۳۴**	۱۶۶۲۵۶۲۵ <sup>n.s.</sup>	۷۵۲۲۴۸۵/۷ <sup>n.s.</sup>	۰/۲۱ <sup>n.s.</sup>
تیمار	۱۸	۱۶۰۹/۸۲**	۳۴۱۳۱۴۵۷۱**	۲۲۷۷۰۵۸۶/۲**	۶۰۲۳۲۲۲۱ <sup>n.s.</sup>	۶۱۱۳۰۲۸/۷ <sup>n.s.</sup>	۰/۳۹ <sup>n.s.</sup>
مقایسه گروهی ۱	۱	۳۶۹/۰۱ <sup>n.s.</sup>	۴۱۰۸۸۸/۹ <sup>n.s.</sup>	۴۹۲۴۲۴/۷۴ <sup>n.s.</sup>	۹۴۴۵۳۷۹/۲ <sup>n.s.</sup>	۲۴۸۵۱۱۸/۸۷ <sup>n.s.</sup>	۰/۱ <sup>n.s.</sup>
مقایسه گروهی ۲	۱	۷۴۹/۰۶ <sup>n.s.</sup>	۵۷۲۸۸۶۰۰*	۲۷۷۷۸۳۹۰/۱۴*	۳۲۶۰۱۵۹/۹ <sup>n.s.</sup>	۷۴۵۰۲۷/۴۴ <sup>n.s.</sup>	۰/۰۱ <sup>n.s.</sup>
مقایسه گروهی ۳	۱	۱۳۲/۰۱ <sup>n.s.</sup>	۷۳۵۰۰۰ <sup>n.s.</sup>	۴۷۰۱۲/۷۴ <sup>n.s.</sup>	۶۵۲۴۷۳۰/۳ <sup>n.s.</sup>	۸۳۲۳۷۰۷/۷۷ <sup>n.s.</sup>	۰/۱ <sup>n.s.</sup>
مقایسه گروهی ۴	۱	۴۲۶/۶۶ <sup>n.s.</sup>	۴۱۵۸۳۳۷۵ <sup>n.s.</sup>	۵۲۹۱۷۱۳/۰۴ <sup>n.s.</sup>	۷۰۰۶۶۹۶۸/۶ <sup>n.s.</sup>	۵۹۱۹۰۷۸/۱۹ <sup>n.s.</sup>	۰/۲۴ <sup>n.s.</sup>
خطا	۳۶	۴۲۴/۲۵	۱۰۳۰۶۸۲۹۲	۶۷۴۲۱۵۱/۱	۳۱۹۶۹۱۹۰	۹۳۵۵۷۵۳/۲	۰/۲۴
	C.V	۱۱/۷۶	۲۷/۰۹	۳۱/۹۸	۲۲/۳۶	۳۱/۴۵	۳۲/۹۶

\*\*، \*، nS: به ترتیب معنی‌دار در سطح یک درصد، پنج درصد و غیر معنی‌دار

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در گیاه ذرت

کارایی مصرف (دانه به آب) (kg.m <sup>-3</sup> )	عملکرد دانه (kg.ha <sup>-1</sup> )	عملکرد بیولوژیکی (kg.ha <sup>-1</sup> )	عملکرد علوفه خشک (kg.ha <sup>-1</sup> )	عملکرد علوفه تر (kg.ha <sup>-1</sup> )	ارتفاع بوته (cm)	تیمار*
۱/۱۶ <sup>ab</sup>	۱۰۱۸۹ <sup>a</sup>	۲۲۵۲۹ <sup>abc</sup>	۱۲۸۶۶ <sup>ab</sup>	۴۵۴۸۳ <sup>abcd</sup>	۱۹۰/۳۳ <sup>abcd</sup>	S
۱/۶۷ <sup>ab</sup>	۱۱۷۳۰ <sup>a</sup>	۲۷۹۳۳ <sup>abc</sup>	۷۱۸۱ <sup>dce</sup>	۳۴۴۳۳ <sup>cde</sup>	۱۷۲/۸۱ <sup>bcdef</sup>	۷۵T درصد
۱/۱۵ <sup>b</sup>	۸۹۲۸ <sup>a</sup>	۲۱۸۵۵ <sup>abc</sup>	۷۱۶۷ <sup>dce</sup>	۳۴۳۳۳ <sup>cde</sup>	۱۷۱ <sup>bcdef</sup>	۵M۱ درصد
۱/۲۳ <sup>ab</sup>	۹۹۰۰ <sup>a</sup>	۲۳۰۸۵ <sup>abc</sup>	۷۴۸۸ <sup>dce</sup>	۳۵۲۰۰ <sup>cde</sup>	۱۸۶/۳۳ <sup>abcde</sup>	۷۵M۲ درصد
۱/۶۰ <sup>ab</sup>	۸۴۵۹ <sup>a</sup>	۲۳۵۰۲ <sup>abc</sup>	۴۷۶۸ <sup>e</sup>	۲۴۸۳۳ <sup>e</sup>	۱۴۵/۷۵ <sup>ef</sup>	۵۰T درصد
۱/۲۸ <sup>ab</sup>	۸۶۳۷ <sup>a</sup>	۲۰۰۰۵ <sup>bc</sup>	۶۹۹۰ <sup>dce</sup>	۳۳۸۰۰ <sup>cde</sup>	۱۶۷/۸۳ <sup>cdef</sup>	۵۰M۱ درصد
۱/۳۲ <sup>ab</sup>	۹۶۰۳ <sup>a</sup>	۲۱۲۷۱ <sup>abc</sup>	۷۴۸۵ <sup>dce</sup>	۳۵۲۶۷ <sup>cde</sup>	۱۷۶/۵ <sup>bcdef</sup>	۵۰M۲ درصد
۱/۸۶ <sup>ab</sup>	۹۷۹۲ <sup>a</sup>	۲۰۳۵۰ <sup>bc</sup>	۹۹۴۰ <sup>bcd</sup>	۴۷۶۰۰ <sup>abc</sup>	۲۰۴/۱۷ <sup>abc</sup>	CT
۱/۶۹ <sup>ab</sup>	۱۱۳۹۸ <sup>a</sup>	۳۲۴۳۱ <sup>a</sup>	۷۱۰۷ <sup>dce</sup>	۳۲۸۳۳ <sup>cde</sup>	۱۵۶/۵ <sup>def</sup>	CM۱
۱/۵۰ <sup>ab</sup>	۱۰۹۰۷ <sup>a</sup>	۲۷۵۱۱ <sup>abc</sup>	۱۱۹۰۵ <sup>abc</sup>	۵۷۷۰۰ <sup>ab</sup>	۲۱۵ <sup>a</sup>	CM۲
۲/۱۳ <sup>a</sup>	۱۱۲۰۵ <sup>a</sup>	۲۹۴۹۱ <sup>ab</sup>	۵۷۹۲ <sup>de</sup>	۲۴۸۰۰ <sup>e</sup>	۱۴۸/۵ <sup>ef</sup>	D1T
۱/۳۴ <sup>ab</sup>	۹۰۴۶ <sup>a</sup>	۲۶۱۴۴ <sup>abc</sup>	۶۱۹۲ <sup>de</sup>	۲۸۶۰۰ <sup>cde</sup>	۱۵۵/۵ <sup>def</sup>	D1M۱
۱/۶۶ <sup>ab</sup>	۱۲۱۱۵ <sup>a</sup>	۳۰۵۲۳ <sup>ab</sup>	۱۵۴۲۳ <sup>a</sup>	۶۰۵۳۳ <sup>a</sup>	۲۰۹/۵ <sup>ab</sup>	D1M۲
۱/۶۸ <sup>ab</sup>	۸۸۵۲ <sup>a</sup>	۳۱۶۴۶ <sup>a</sup>	۷۲۵۶ <sup>dce</sup>	۳۴۵۲۳ <sup>cde</sup>	۱۶۱/۸۳ <sup>def</sup>	D2T
۱/۶۵ <sup>ab</sup>	۱۱۱۴۳ <sup>a</sup>	۳۰۰۴۴ <sup>ab</sup>	۹۴۹۸ <sup>bcd</sup>	۴۷۳۱۷ <sup>abc</sup>	۱۸۶/۱۷ <sup>abcde</sup>	D2M۱
۰/۹۸ <sup>b</sup>	۷۱۸۷ <sup>a</sup>	۲۱۳۱۴ <sup>abc</sup>	۸۸۹۶ <sup>bcd</sup>	۴۵۴۶۷ <sup>abcd</sup>	۲۰۴ <sup>abc</sup>	D2M۲
۱/۸۳ <sup>ab</sup>	۹۶۲۱ <sup>a</sup>	۲۳۶۰۸ <sup>abc</sup>	۵۱۷۶ <sup>de</sup>	۲۳۸۰۰ <sup>e</sup>	۱۴۷/۱۷ <sup>ef</sup>	D3T
۱/۳۲ <sup>ab</sup>	۸۹۳۴ <sup>a</sup>	۲۹۳۹۶ <sup>ab</sup>	۵۸۱۷ <sup>de</sup>	۲۶۵۸۳ <sup>de</sup>	۱۴۷/۳۳ <sup>ef</sup>	D3M۱
۰/۹۸ <sup>b</sup>	۷۱۶۳ <sup>a</sup>	۱۷۶۵۴ <sup>c</sup>	۷۳۳۵ <sup>dce</sup>	۳۸۹۰۰ <sup>bcd</sup>	۱۸۷/۵ <sup>abcde</sup>	D3M۲

میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار با یکدیگر می‌باشند. \* تیمارها در قسمت مواد و روش‌ها معرفی شده‌اند.

موضعی ریشه با جابجائی جویچه‌های مرطوب بعد از یک آبیاری در مرحله دوم رشد گیاه و تیمار خشکی موضعی ریشه با جابجائی جویچه‌های مرطوب بعد از سه آبیاری در تمام دوره رشد گیاه بود. بنابراین ۳۵ درصد کاهش مصرف آب آبیاری، باعث کاهش عملکرد علوفه تر به مقدار ۶۱ درصد شده است. این نتیجه، اظهارات ادمیدز و همکاران (۱۲) را که اعلام کردند: "بسته به شدت و زمان وقوع خشکی کاهش عملکرد گیاه ذرت به ۸۰ درصد نیز می‌رسد." تایید می‌کند. در پژوهش حاضر، رابطه بین ارتفاع آب آبیاری با عملکرد علوفه تر به صورت  $Y = 43/909 \times W^2 - 3534/8 \times W + 103276$  به دست آمد که در آن Y: عملکرد علوفه تر (kg.ha<sup>-1</sup>) و W: ارتفاع آب آبیاری (cm) می‌باشد. خالص‌پور و همکاران (۳) عملکرد علوفه تر برای ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ را برابر ۶۶۹۷۵ کیلوگرم در هکتار (۶۶۹۷/۵ گرم در متر مربع) گزارش کردند. که با یافته‌های این طرح نزدیکی خوبی دارد. 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 علوفه تر در گروه ۲ دارای اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد را نشان می‌دهد.

رابطه بین ارتفاع آب آبیاری و ارتفاع بوته با  $R^2 = 0.95$  به صورت  $Y = 97.498 + 1.6627 * X$  حاصل شد، که در آن: Y ارتفاع بوته (cm) و X ارتفاع آب آبیاری (cm) می‌باشد. کاهش ارتفاع بوته بر اثر کم آبیاری در این تحقیق، با یافته‌های کاکیر (۱۰) که گزارش کرد: "تنش آبی در مرحله رشد رویشی، ارتفاع بوته و سطح برگ را کاهش می‌دهد." هماهنگ است. برای ارتفاع بوته با اطمینان ۹۹ درصد، بین تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود دارد؛ اما در مقایسه گروهی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. به بیان دیگر، کم آبیاری بر ارتفاع بوته، تاثیر گذار بوده و آن را کاهش می‌دهد؛ اما بین روش‌های مختلف اعمال کم آبیاری، تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. متوسط ارتفاع بوته برای تیمارهایی که با کم آبیاری به مقدار ۵۰ درصد آبیاری شدند، بیانگر برتری آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت، نسبت به خشکی موضعی ریشه می‌باشد.

#### تاثیر کم آبیاری بر عملکرد علوفه

بیشترین مقدار علوفه تر ۶۰۵۳۳ و کمترین آن ۲۳۸۰۰ کیلوگرم در هکتار (با ۶۱ درصد کاهش) به ترتیب متعلق به تیمار خشکی

موضعی ریشه با جابجائی جویچه‌های مرطوب بعد از سه دور آبیاری در مرحله دوم رشد گیاه به دست آمد. با وجود اینکه کردا و همکاران (۱۷) هیبرید استفاده شده در طرح خود را "با عملکرد بالا" معرفی می‌کنند؛ اما عملکرد دانه در طرح حاضر (با هیبرید سینگل کراس (۷۰۴) از نتایج گزارش شده توسط کردا و همکاران بیشتر است. لک و همکاران (۷) ۴۰ درصد کاهش عملکرد دانه ذرت بر اثر تنش شدید را گزارش کردند. که با یافته‌های این طرح همخوانی دارد. در این طرح نتایج نشانگر این واقعیت است که گیاه ذرت با دریافت آب به مقدار ۷۵ درصد نیاز آبی، بیشترین عملکرد دانه را خواهد داشت. نتایج حاصل از تجزیه آماری توسط نرم افزار SAS (ver.9.1)، برای صفت عملکرد دانه بین تیمارها و گروه‌های مقایسه‌ای اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد. در طرح حاضر، تنش در سه مرحله از رشد گیاه (تمام دوره رشد، رشد رویشی و رشد زایشی) اعمال شد. کاهش عملکرد دانه، برای گیاهانی که در مرحله اول رشد دچار تنش بودند برابر ۳/۵ درصد، برای گیاهانی که در مرحله دوم رشد دچار تنش بودند برابر ۷/۷ درصد و برای گیاهانی که در تمام دوره رشد دچار تنش بودند برابر ۱۶/۹ درصد نسبت به تیمار شاهد حاصل شد. این نتایج نشانگر تاثیر بیشتر تنش اعمال شده در مرحله دوم رشد بر عملکرد دانه، نسبت به اعمال تنش در مرحله اول می‌باشد.

#### تاثیر کم آبیاری بر کارایی مصرف آب

در این پژوهش بیشترین مقدار کارایی مصرف آب برای عملکرد دانه، برابر ۲/۱۳ کیلوگرم دانه به ازاء هر متر مکعب آب، برای تیمار خشکی موضعی ریشه با جابجائی جویچه‌های مرطوب بعد از هر آبیاری در تمام دوره رشد گیاه و کمترین مقدار آن برابر ۰/۹۸ کیلوگرم دانه به ازاء هر متر مکعب آب، برای تیمار خشکی موضعی ریشه با جابجائی جویچه‌های مرطوب بعد از سه دوره آبیاری در مرحله دوم رشد گیاه به دست آمد. کارایی مصرف آب در تیمار شاهد برابر با ۱/۱۶ حاصل شد که نسبت به بیشترین مقدار خود ۴۵ درصد کاهش را نشان می‌دهد. کارایی مصرف آب برای تیمارهایی که در تمام طول دوره رشد گیاه تحت کم آبیاری (آبیاری با ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) قرار داشتند، در مقایسه با تیمار شاهد در شکل ۱ آمده است. در این گروه بیشترین مقدار کارایی مصرف آب دانه ذرت متعلق به تیمار خشکی موضعی ریشه با جابجائی جویچه‌های مرطوب بعد از هر آبیاری در تمام دوره رشد گیاه و کمترین آن متعلق به تیمار کم آبیاری سنتی (۵۰ درصد) در تمام دوره رشد می‌باشد.

همانگونه که در شکل ۱ آمده، 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 کم آبیاری سنتی می‌باشد. این نتیجه با یافته‌های کنگ و همکاران (۱۵) هماهنگ است.

بالا ترین مقدار علوفه خشک ۱۵۴۲۳ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار خشکی موضعی ریشه با جابجائی جویچه‌های مرطوب بعد از هر آبیاری در مرحله دوم رشد گیاه و کمترین آن ۴۷۶۸ (با ۶۹ در کاهش) در تیمار کم آبیاری سنتی به مقدار ۵۰ درصد در تمام دوره رشد گیاه اتفاق افتاد. نتایج نشان می‌دهد که با کاهش آب آبیاری از عملکرد علوفه خشک گیاه کاسته می‌شود. کاهش مصرف، ۳۵ درصدی در آب، باعث کاهش ۶۹ درصد عملکرد علوفه خشک گردید. رابطه بین ارتفاع آب آبیاری با عملکرد علوفه خشک به صورت معادله  $Y = 12/938 \times W^2 - 1066 \times W + 28635$  به دست آمد که در آن  $Y$ : عملکرد علوفه خشک ( $kg \cdot ha^{-1}$ ) و  $W$ : ارتفاع آب آبیاری (cm) می‌باشد.

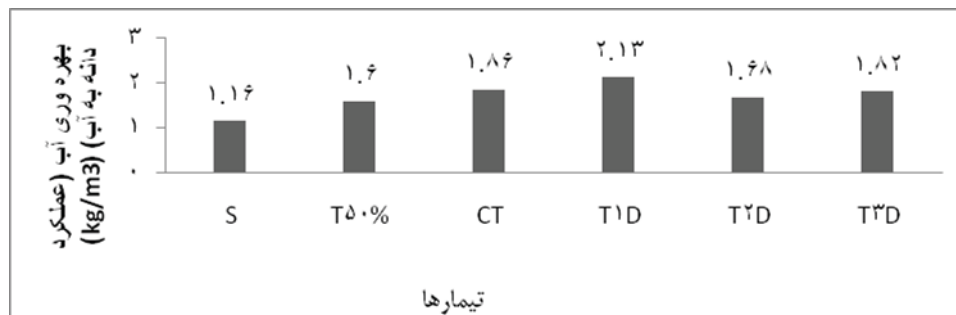
کریمی و همکاران (۵) عملکرد علوفه خشک ذرت را ۱۶۱۹۱/۲۵ کیلوگرم در هکتار گزارش کردند. که با یافته‌های این طرح هماهنگی دارد. تجزیه واریانس برای علوفه خشک بین تیمارهای طرح، اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد را نشان می‌دهد. مقایسات گروهی نشان می‌دهد که عملکرد علوفه خشک در گروه‌های ۱، ۳ و ۴ اختلاف معنی‌داری ندارد؛ اما در گروه مقایسه‌ای شماره ۲ در سطح ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد.

#### تاثیر کم آبیاری بر عملکرد بیولوژیکی

عملکرد بیولوژیکی، وزن خشک کل اندام هوایی گیاه (برگ، ساقه، چوب و غلاف بلال، دانه و...) می‌باشد. بالاترین عملکرد بیولوژیکی ۳۲۴۳۱ کیلوگرم در هکتار (با ۴۴ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد) متعلق به تیمار آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت در مرحله اول رشد گیاه و کمترین مقدار آن برابر ۱۷۶۵۴ (با ۲۲ درصد کاهش نسبت به تیمار شاهد و ۴۵/۵ درصد کاهش نسبت به مقدار ماکزیمم) کیلوگرم در هکتار و متعلق به تیمار خشکی موضعی ریشه با جابجائی جویچه‌های مرطوب بعد از سه دور آبیاری در مرحله دوم رشد گیاه بود. عملکرد بیولوژیکی ذرت گزارش شده در ایران متفاوت و همگی کمتر از نتیجه این طرح می‌باشند.

#### تاثیر کم آبیاری بر عملکرد دانه

کردا و همکاران (۱۷) عملکرد دانه گیاه ذرت هیبرید سل (با عملکرد بالا) در شرایط آبیاری کامل را برابر  $10/79 \pm 0/74$  تن در هکتار، در خشکی موضعی ریشه با ۵۰ درصد کم آبیاری (PRD50) برابر  $8/61 \pm 0/17$  تن در هکتار و در ۵۰ درصد کم آبیاری سنتی (DI50) برابر با  $8/3 \pm 0/08$  تن در هکتار گزارش کردند. در طرح حاضر بالاترین عملکرد دانه (با ۱۴ درصد رطوبت) برابر ۱۲۱۱۵ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن (با ۴۰/۸ درصد کاهش) برابر ۷۱۶۳ به ترتیب در تیمارهای خشکی موضعی ریشه با جابجائی جویچه‌های مرطوب بعد از هر آبیاری در مرحله دوم رشد گیاه و تیمار خشکی



شکل ۱- بهره‌وری آب (عملکرد دانه به آب مصرفی) ( $\text{kg.m}^{-3}$ ) در تیمارهای با ۵۰ درصد کم آبیاری در تمام دوره رشد گیاه

بیشتر به ازاء هر واحد آب آبیاری، اجرای کم آبیاری در این مرحله توصیه نمی‌گردد. اما برای برداشت بیشتر دانه، و رسیدن به عملکرد بیولوژیکی بیشتر، به ازاء هر متر مکعب آب مصرفی، نیازی به آبیاری کامل گیاه در مرحله زایشی نیست و می‌توان از خشکی موضعی ریشه به عنوان کم آبیاری استفاده کرد. با توجه به کارایی مصرف آب بدست آمده، می‌توان گفت: مناسبترین روش اعمال کم آبیاری برای گیاه ذرت دانه‌ای در منطقه کرمان، خشکی موضعی ریشه با جابجائی جوپچه‌های مرطوب بعد از هر دور آبیاری (فاصله ۱۴ روزه) می‌باشد.

### سپاسگزاری

لازم است از مدیریت محترم قطب علمی " مدیریت بهره برداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز"، مسئولین محترم دانشکده کشاورزی فجر، دانشگاه شهید باهنر کرمان که با کمکهای مالی و حمایت‌های معنوی خود پیشرفت طرح را تسریع بخشیدند، تشکر نمود.

می‌توان گفت، آبیاری جوی و پشته‌ای یک در میان متغیر روش مناسبی برای کاهش مصرف آب در اراضی فاریاب، ذرت کاری در مناطق خشک می‌باشد. جداول تجزیه آماری ۱ و ۲ اختلاف معنی-داری بین تیمارها و گروه‌های مقایسه‌ای برای کارایی مصرف آب را نشان نمی‌دهند.

### نتیجه گیری

هدف از اجرای کم آبیاری رسیدن به حداکثر تولید به ازاء هر واحد آب و دست یابی به سود خالص بیشتر است. نقطه مشترک طرح‌های کم آبیاری، یافتن بهترین روش اعمال آن برای هر گیاه می‌باشد. هر طرح کم آبیاری باید به این سوال پاسخ دهد: " در چه مرحله‌ای از رشد گیاه، با چه روش و به چه مقدار کم آبیاری باید اعمال شود؟" نتایج این طرح نشان می‌دهد، تامین آب مورد نیاز در مرحله رویشی، تاثیر زیادی در عملکرد علوفه گیاه دارد. ارتفاع گیاه تحت تاثیر کم آبیاری در این مرحله از رشد قرار می‌گیرد. در ضمن روش اعمال کم آبیاری نیز در این تاثیر نقشی ندارد. بنابراین با هدف برداشت علوفه

### منابع

- ۱- انصاری ح، میرلطیفی م. و شرفی ع.ا. ۱۳۸۵. تاثیر کم آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت زودرس. مجله علوم خاک و آب. ۲۰(۲): ۳۳۸-۳۴۸.
- 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 ۱۱۳(۵۰): ۲۶-۱۳.
- ۳- خالص پور ش، آقا علیخانی م. و مدرس ثانوی س.ع.م. ۱۳۸۹. تأثیر مقدار کود نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی علوفه ذرت، ارزش مرواریدی و سورگوم در نظام کشت دوگانه. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۸(۶): ۹۳۸-۹۳۰.
- ۴- سپهری ع، مدرس ثانوی س.ع.م، قره یاضی ب. و یمینی ی. ۱۳۸۱. تاثیر تنش آب و مقادیر مختلف نیتروژن بر مراحل رشد و نمو، عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت. مجله علوم زراعی ایران. ۴(۳): ۱۹۵-۱۸۴.
- ۵- کریمی م، اصفهانی م، بیگلویی م.ج، ربیعی ب. و کافی قاسمی ع. ۱۳۸۸. تاثیر تیمارهای کم آبیاری بر صفات مورفولوژیک و شاخص‌های رشد ذرت علوفه‌ای در شرایط آب و هوایی رشت. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، ۲(۲): ۱۰۹-۹۱.
- ۶- 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. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شهید باهنر کرمان. دانشکده کشاورزی.
- ۷- لک ش.، نادری ا.، سیادت س.ع.، آینه بند ا. و نورمحمدی ق. ۱۳۸۵. اثر سطوح مختلف نیتروژن و تراکم بوته در شرایط مختلف رطوبتی بر عملکرد، اجزاء عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۷۰۴ در خوزستان. مجله علوم زراعی ایران. ۸(۲): ۱۷۰-۱۵۳.
- ۸- نور محمدی ق.، سیادات س. و کاشانی ع. ۱۳۸۰. زراعت جلد اول (غلات). دانشگاه شهید چمران اهواز. چاپ سوم. ۴۴۶ ص.
- ۹- هاشمی نیا س.م. ۱۳۸۳. مدیریت آب در کشاورزی، چاپ اول، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۵۳۳ ص.
- 10- Cakir R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research* 89:1-16.
- 11- Davies W.J., and Zhang J. 1991. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 42:55-76.
- 12- Edmeades G.O., Bolanos G., Hernandez M., and Bello S. 1993. Causes for silk delay in a lowland tropical maize population. *Crop Sci.*33:1029-1035.
- 13- Han Y.L., and Kang S.Z. 2002. Effects of the controlled partial rootzone irrigation on root nutrition uptake of maize (*Zea mays* L.). *Trans. Of Chinese Soc. Agric. Eng. (in Chinese)* 18(1):57-59.
- 14- 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." *Europ. J. Agronomy* 33:124-131.
- 15- Kang S., Liang Z., Pan Y., Shi P., and Zhang J. 2000. Alternate furrow irrigation for maize production in an arid area. *Agric. Wat. Manage.* 45: 267-274.
- 16- 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>.
- 17- Kirda C., Topcu S., Kaman H., Ulger A.C., Yazici A., Cetin M., and Derici M.R. 2005. Grain yield response and N-fertiliser recovery of maize under deficit irrigation. *Field Crops Research* 93:132-141.
- 18- Roosta H.R., Shahnzari A., and Nazari F. 2009. Comparative effects of conventional irrigation (CI) and partial root zone drying (PRD), and various sources of nitrogen on growth and yield in potato under field condition. *Am. Eurasian J. Sustain. Agric.* 3(4): 643-651.
- 19- Sepaskhah A.R., and Khajehabdollahi M.H. 2005. Alternate Furrow Irrigation with Different Irrigation Intervals for Maize (*zea mays* L.). *Plant Prod. Sci.* 8(5): 592-600.
- 20- Sepaskhah A.R., and Parand A.R. 2006. Effects of Alternate Furrow Irrigation with Supplemental Every-Furrow Irrigation at Different Growth Stages on the Yield of Maize (*Zea mays* L.). *Plant Prod. Sci.* 9(4): 415-421.
- 21- Tesfaye S.G., Razi I.M., and Maziah M. 2008. Effects of deficit irrigation and partial rootzone drying on growth, dry matter partitioning and water use efficiency in young coffee (*Coffea arabica* L.) plants. *Journal of Food, Agriculture Environment.* 6:312-317.
- 22- Trimmer W.L. 1990. Partial irrigation in Pakistan. *ASCE, J. Irrig. and Drain. Eng.* 116(3): 342-353.

## Effect of Deficit Irrigation and Partial Rootzone Drying on Yield, Yield Components and Water use efficiency of maize (*Zea mays* L.) SC 704.

A. Rezaei Estakhroei<sup>1</sup>- A. Hooshmand<sup>2</sup>- S.Bromand Nasab<sup>3</sup>- M.J. Khanjani<sup>4</sup>

Received:23-4-2012

Accepted:18-11-2012

### Abstract

Deficit irrigation is an optimization strategy for water use efficiency in irrigation. This research was conducted to evaluation effect of deficit irrigation (DI) and partial root zone drying (PRD) on yield, yield components and water use efficiency of corn. Research was conducted on Shahid Bahonar University of Kerman in the spring of 2010 using a completely randomized block design with one control, 18 deficit irrigation treatment and three blocks. Deficit irrigation treatments were included: mild water stress (irrigation with 75% ETP), high water stress (irrigation with 50% ETP), fixed every other furrow irrigation and three partial root zone drying (Change the wet furrows in every irrigation, Change the wet furrows in every other irrigation and change the wet furrows in every second irrigations). Every treatment was applied at three growth stages of corn (all periods of growth, vegetative growth stage and reproductive growth stage). The highest biological yield obtained 32431 and the lowest was 17654 kg per hectare. The highest grain yield was 12115 kg per hectare and the lowest was 7163. Water use efficiency (kg grain yield per cubic meter of water) for the control treatment was equal to 1.16 and for partial root zone drying with change the wet furrows in every irrigation (14 days) in all periods of growth treatment was equal to 2.13. Results showed that partial root zone drying with one interval irrigation (14-day) was the best choice to apply deficit irrigation on corn.

**Keywords:** Deficit irrigation, Partial root zone drying, Corn, Yield, Water use efficiency

---

1,4- Assistant Professor and Professor, Department of water Engineering Faculty of Agricultural, Shahid Bahonar University, Kerman

(\*-Corresponding Author Email: rezaei@mail.uk.ac.ir)

2,3- Assistant Professor and Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University, Ahvaz