

## رابطه بین عملکرد ذرت با مصرف آب (نیاز آبی محاسباتی و کمبود رطوبت خاک)

حسین ابراهیمی<sup>1\*</sup>، حسین حسن پوردرویشی<sup>2</sup>

تاریخ دریافت: 1394/3/26 تاریخ پذیرش: 1394/7/29

### خلاصه

برنامه‌ریزی منابع آب در مناطق خشک و نیمه خشک که دارای محدودیت کمی و کیفی آب هستند بسیار مهم و در عین حال بسیار مشکل است. استفاده از روش‌های کم آبیاری هدفمند می‌تواند یکی از راهکارهای مقابله با کم آبی باشد. گیاهان مختلف بسته به شرایط اقلیمی و فیزیولوژی خود واکنش متفاوتی به کم آبی نشان خواهند داد. پژوهش حاضر در قالب طرح بلوک کامل تصادفی شامل 9 سطح آبیاری در سه تکرار روی رقم ذرت SC704 و در مزرعه دانشگاه آزاد مشهد در گلیهار و در سال 1391 به اجرا درآمده است. تیمارهای آزمایشی شامل 7 سطح آبیاری (I1-I2-I3-I4-I5-I6-I7) به ترتیب معادل ۱۰۰، ۱۲۰، ۹۰، ۸۰، ۷۰، ۶۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی کامل گیاه) بر اساس محاسبات نیاز آبی و دوسطح دیگر بر اساس میزان تخلیه رطوبت خاک (I8 و I9) به ترتیب آبیاری زمانی که ۵۰ و ۷۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی تخلیه شود) بودند. نتایج نشان می‌دهد که تغییر در میزان آب مصرفی به‌طور مستقیم در عملکرد محصول تأثیر خواهد گذاشت. هم‌چنین کم آبیاری هدفمند می‌تواند با مصرف بهینه و کم‌تر آب، عملکرد مناسب‌تری در تولید محصول ایجاد نماید. بیش‌ترین ارتفاع گیاه مربوط به تیمار I1 و برابر با 209 سانتی‌متر و کم‌ترین آن متعلق به تیمار I7 و برابر با 149 سانتی‌متر می‌باشد. بیش‌ترین عملکرد علفه تر مربوط به تیمار I1 به میزان 66 تن در هکتار و کم‌ترین آن متعلق به تیمار I7 و معادل 32/5 تن در هکتار و در زمانی خواهد بود که آبیاری معادل 50 درصد نیاز آبی کامل صورت گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که کارایی مصرف آب (عملکرد دانه) در تیمارهایی که آبیاری بر اساس رطوبت خاک انجام شده است از سایر تیمارها بیش‌تر است.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، آب مصرفی، ذرت، عملکرد

### مقدمه

کارایی و بهره‌وری از آب به‌عمل آید تا در مناطق بدون محدودیت زمین، افزایش بهره‌وری باعث افزایش سطح زیر کشت و نهایتاً منجر به تولید بیش‌تر شود (عنابی میلانی، 1381).

انتخاب و به‌کارگیری راه‌کارهای بهبود روش‌های آبیاری و بهینه‌سازی مصرف آب در گیاهان، صرفه‌جویی قابل توجهی را در این بخش به همراه خواهد داشت و بدین طریق می‌توان خسارات ناشی از بحران کم‌آبی به بخش کشاورزی را به‌طور قابل ملاحظه‌ای مدیریت نمود. در این راستا کم‌آبیاری به عنوان یکی از اصول، می‌تواند مورد توجه قرارگیرد (نخجوانی مقدم 1382). با توجه به منابع آبی محدود افزایش سطح زیر کشت مطلوب نخواهد بود بهتر است از طریق افزایش کارایی مصرف آب و افزایش عملکرد در واحد سطح، تولید کلی محصولات افزوده شود.

کم‌آبیاری یکی از راه‌کارهای مصرف بهینه آب است که طی آن مقداری تنش آبی در طول فصل رشد اعمال می‌گردد. هدف اصلی در کم‌آبیاری عمدتاً افزایش کارایی مصرف آب با کاهش نیاز آبیاری گیاه و حذف آن قسمت از آب آبیاری است که تأثیر معنی‌داری در افزایش عملکرد ندارد (سپاسخواه و همکاران 1384).

کارایی مصرف آب یکی از شاخص‌هایی است که برای ارزیابی

استفاده بهینه از نهادهای کشاورزی و به‌ویژه آب باعث ایجاد کشاورزی پایدار و تولید مطمئن غذای جمعیت رو به رشد خواهد شد. در کشورهای گرم و خشک مشابه ایران، کشاورزی فاریاب درصد قابل توجهی از سطح زیر کشت را به خود اختصاص خواهد داد که باید نیاز آبی محصولات با روش‌های آبیاری در اختیار گیاه قرارگیرد. مناسب خواهد بود که بسته به شرایط اقلیمی، خاک، آب و گیاه از روش‌هایی استفاده گردد که راندمان آبیاری بالایی داشته و تلفات آب به حداقل برسد (ابراهیمی، 1390).

با توجه به منابع محدود آب و توزیع نامناسب و پراکنده نزولات آسمانی و محدود کم در ایران، استفاده بهینه از آب در کشاورزی کاملاً باید مورد توجه قرارگیرد تا ضمن تأمین غذای مورد نیاز، بیش‌ترین

1- دانشجویار گروه علوم و مهندسی آب، واحد شهرقدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

2- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، واحد شهرقدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

(\* - نویسنده مسئول: (Email: Ebrahimi165@yahoo.com)

نشان داد که هیبرید سینگل کراس 704 عملکرد بهتری نسبت به کراس 600 خواهد داشت.

سپهری و همکاران (1381) نشان دادند که تنش آبی در مرحله‌ی رویشی سبب 20 درصد کاهش سطح برگ در مرحله‌ی ده برگی می‌شود. گیاهانی که طی مراحل رویشی و زایشی دچار تنش آب شدند نسبت به گیاهان بدون تنش 29/7 درصد کاهش در بیوماس کل داشتند. این کاهش می‌تواند به دلیل کوتاه شدن دوره‌ی رشد رویشی و زایشی در اثر تنش کمبود رطوبت باشد. تنش موقت آب در مرحله‌ی رویشی از یک سو با تأثیر بر مقدار سطح برگ، سطوح فعال فتوسنتزی را کاهش داده و از سوی دیگر با افت محتوای رطوبت نسبی و پتانسیل آب برگ زمینه‌ی کاهش فتوسنتز در واحد سطح برگ را فراهم آورده است.

پایرو و همکاران نشان دادند که زمان آبیاری تأثیر مهمی در مقدار ماده خشک ذرت دارد و حساسیت ذرت به آب در زمان پر شدن و خمیری شدن دانه می‌باشد (Payero J, et al., 2009). کریمی و همکاران (1388) نشان دادند که عملکرد علوفه‌ی خشک در تیمارهای آبیاری کامل و 75 درصد تخلیه رطوبتی تفاوت معنی‌داری نداشته است. کم آبیاری تأثیر معنی‌داری روی سرعت گیاه در تمام مراحل رشد ذرت داشته و حداکثر رشد گیاه در تیمار 75 و 100 درصد تخلیه‌ی مجاز رطوبت صورت گرفت. کیخایی و همکاران (1389) در تحقیقی با عنوان اثر کم آبیاری بر عملکرد کمی و کارایی مصرف آب در محصول سورگوم علوفه‌ای نشان دادند که بیش‌ترین عملکرد علوفه خشک مربوط به تیمار 80 درصد نیاز آبیاری در روش آبیاری شیاری با 22/18 تن در هکتار خواهد بود و بیش‌ترین عملکرد علوفه‌ی تر با 105/66 تن در هکتار در تیمار 100 درصد نیاز آبیاری با روش آبیاری شیاری حاصل شد.

پاک نژاد و همکاران (1385) تأثیر دو روش آبیاری را بر روی دو رقم ذرت 704 و 647 بررسی کردند نتایج نشان داد آبیاری کامل به شیوه آبیاری یک در میان ردیف‌های کشت برای رقم 704 توصیه می‌شود ولی برای شرایط تنش خشکی لازم است از شیوه آبیاری تمام ردیف‌های کاشت استفاده شود. در مقابل برای رقم 647 در آبیاری کامل، شیوه آبیاری تمام ردیف‌های کاشت و در شرایط تنش خشکی، آبیاری یک در میان ردیف‌های کاشت توصیه می‌شود. انصاری و همکاران (1385) نشان دادند که کم آبیاری باعث افزایش کارایی مصرف آب ارقام ذرت زودرس خواهد شد به ازای یک درصد کاهش رطوبت نسبت به آبیاری کامل، عملکرد دانه کاهشی معادل 1/4 درصد خواهد بود.

در بیش‌تر مطالعات انجام شده، تأثیر کم آبیاری بر عملکرد محصول با داده‌های نیازآبی محاسبه شده بر اساس داده‌های هواشناسی بررسی و مطالعه می‌شود. در این تحقیق علاوه بر تیمارهای نیاز آبی محاسبه شده، از دو تیمار آب مصرفی بر اساس

مدیریت آبیاری 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 آبیاری - های غیر مؤثر می‌باشد (هاشمی‌نیا، 1383).

ذرت یکی از گیاهان گروه غلات بوده که اغلب در مناطق مرطوب و نیمه مرطوب گرمسیری کشت می‌شود. این گیاه قدرت سازگاری زیادی داشته و امکان کشت در مناطق سردسیر نیز وجود دارد. ذرت از نظر سطح زیرکشت، در جهان سومین محصول مهم غذایی بعد از گندم و برنج و از نظر تولید در واحد سطح دومین محصول بوده و غذای اصلی میلیون‌ها انسان است (FAO. Production Year Book. 2002). این گیاه از جمله گیاهان زراعی مهم در ایران به شمار می‌رود که در 700 هزار هکتار از اراضی ایران کشت می‌شود و تولید 2/8 درصد از کل غلات را به خود اختصاص داده است.

تولید مناسب و افزایش عملکرد ذرت مستلزم شناخت کامل این گیاه و تعیین و تأمین دقیق نیاز آبی آن است. برنامه‌ریزی دقیق و صحیح آبیاری در مزارع کشاورزی به‌عنوان یکی از گزینه‌های به - زراعی، امری لازم و ضروری است. مشخص کردن مقدار و زمان کم - آبیاری و مرحله تنش در این گیاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (وهاب‌زاده و علیزاده، 1373).

زمان تنش آب بر عملکرد محصول به اندازه شدت تنش اهمیت دارد. تنش آب در زمان گرده افشانی ذرت باعث کاهش شدید لقاح شده و در نتیجه تعداد دانه در بلال را کم می‌کند. اصولاً در گونه‌های رشد محدود مثل ذرت، مراحل گرده افشانی و دو هفته پس از آن حساس‌ترین دوره به تنش آبی هستند (سرمدنیا و کوچکی، 1376). ساجدی و همکاران (1388) گزارش کردند که کم‌ترین عملکرد دانه ذرت متعلق به تیماری بود که در مرحله‌ی پر شدن دانه در معرض تنش آب قرار گرفت. تنش کمبود آب در مرحله‌ی پر شدن دانه، عملکرد دانه را به میزان 33 درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داد. در تحقیقی دیگر امام و همکاران (1379) نشان دادند که اثر متقابل تراکم و تنش خشکی فقط بر وزن خشک بلال ذرت در سطح احتمال 5 درصد معنی دار خواهد بود. تنش خشکی باعث کاهش معنی دار شدن عملکرد نهایی دانه گردید به طوری که در تیمار بدون تنش عملکرد دانه 1404 گرم بر متر مربع شد در حالی که در تنش 50 درصد نیاز آبی به 1207/23 گرم بر متر مربع رسید این تفاوت در ارتفاع بوته نیز مشاهده گردید.

شعاع حسینی و همکاران (1380) در بررسی اثرات خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد چند هیبرید ذرت دانه‌ای گزارش نمودند که قطر بلال، تعداد دانه در ردیف و طول بلال مهم‌ترین صفات مؤثر در عملکرد ذرت طی شرایط تنش خشکی می‌باشند. نتایج این تحقیق

ردیف‌های کشت 0/5 متر و طول شیارهای آبیاری 4 متر در نظر گرفته شد.

عملیات اولیه کاشت شامل شخم، دیسک و لولر در 1391/3/20 انجام گردید و میزان نیاز غذایی خاک بر اساس آزمایش خاک و با اضافه کردن 150 کیلوگرم در هکتار کود فسفات از نوع سوپر فسفات تریپل و کود کامل 50 کیلوگرم در هکتار تأمین گردید. بعد از آماده‌سازی و تسطیح زمین با ماشین آلات کشاورزی، بذر ذرت سینگل کراس 704 در سطح 27 کرت با دست بذرکاری شد. جهت جلوگیری از رواناب از هر کرت به کرت مجاور، فاصله کرت‌ها 1 متر و فاصله هر تکرار تا تکرار بعدی 1/5 متر در نظر گرفته شد. به‌جز عملیات آبیاری سایر عملیات زراعی در مورد کلیه تیمارها به‌طور یکنواخت انجام شد. در مرحله داشت، کود اوره 200 کیلوگرم در هکتار در چهار مرحله به صورت سرک و محلول پاشی در طول فصل رشد استفاده شد.

به‌منظور تعیین نیاز آبی ذرت از اطلاعات اقلیمی و هواشناسی روزانه ایستگاه سینوپتیک گلکان استفاده شد. زمان و حجم آبیاری با روش بیلان آبی و با توجه به عمق ریشه و سطح هر قطعه آزمایش و با اعمال راندمان 90 درصد محاسبه گردید. با توجه به کشت ردیفی محصول، از روش آبیاری شیاری استفاده گردید.

اعمال کم‌آبیاری به شیوه کاهش میزان یکنواخت مصرف آب، از ابتدا تا انتهای فصل رشد انجام گرفت. جهت اندازه‌گیری دقیق حجم آب مصرفی از کنتور حجمی استفاده شد. عملیات برداشت نهایی در تاریخ 91/8/20 انجام گرفت. در زمان برداشت، ارتفاع بوته، وزن بیولوژیکی و وزن تر علوفه اندازه‌گیری و پس از خشک شدن نمونه‌ها وزن دانه و علوفه خشک نیز اندازه‌گیری گردید. میزان مصرف آب در طول آزمایش نیز اندازه‌گیری شد. در تیمارهای II تا I7 دورآبیاری ثابت و هفته‌ای انجام شد و در تیمار I8 و I9 دور آبیاری متغیر و بر اساس میزان کاهش رطوبت خاک، زمانی آبیاری انجام می‌شود که 50 و 70 درصد رطوبت ظرفیت زراعی تخلیه شود.

### نتایج و بحث

عامل اصلی تغییر در این تحقیق، میزان مصرف آب در طول فصل زراعی و اثر کم‌آبیاری بر عملکرد است. در این آزمایش نیاز آبی بر اساس آبیاری کامل 7520 متر مکعب در هکتار محاسبه شده است. جدول 1 میزان مصرف آب در تیمارهای آبیاری را نشان می‌دهد. مقدار مصرف آب در حالت آبیاری کامل 752 میلی‌متر در طول دوره محاسبه گردید. مقدار کل آب مصرف شده در هر تیمار در جدول بالا نشان داده شده است. در دو تیمار I8 و I9 مقدار مصرف آب بر اساس رطوبت خاک صورت گرفت درحالی که آبیاری در زمان تخلیه 50 درصد ظرفیت زراعی خاک انجام گردید مصرف آب نسبت به

رطوبت خاک استفاده شد. از مقایسه نتایج تیمارها می‌توان نیاز آبی حقیقی را تخمین زد. این حالت می‌تواند تأثیر تنش را در مراحل مختلف رشد نشان دهد به عبارت دیگر در دو تیمار این تحقیق نیاز آبی بر اساس رطوبت خاک در هر مرحله از رشد تأمین شده است درحالی که در دیگر تیمارها کم آبیاری به‌طور یکنواخت در تمام دوره اعمال گردیده است.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال 1391 و در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد در منطقه گلپه‌هار (عرض جغرافیایی 30 و 36 تا 37 و 36 درجه و طول جغرافیایی 2 و 52 تا 14 و 59 درجه) به ارتفاع 1250 متر از سطح دریا و در قالب طرح آماری بلوک کامل تصادفی اجراء گردید.

بر اساس اطلاعات اقلیمی، میانگین دمای سالانه منطقه 17 درجه سانتی‌گراد، بارش سالانه 290 میلی‌متر است. متوسط دمای ماهانه در ماه‌های فصل کشت 27 درجه سانتی‌گراد بوده و در این مدت بارنگی وجود نداشته است. خاک مزرعه دارای بافت لوم شنی با PH معادل 7/8 و عمق خاک زراعی حدود 75 سانتی‌متر تخمین زده می‌شود. برای آبیاری مزرعه تحت آزمایش از آب چاه مزرعه که دارای EC معادل 1/12 دسی زیمنس بر متر است استفاده گردید.

با توجه به داده‌های تاریخی هواشناسی و با استفاده از روش محاسبه تبخیر و تعرق پنمن مانیتث و با مراجعه به نرم افزار نت وات (ابراهیمی، 1390) مقدار تبخیر و تعرق و نیاز آبی گیاه ذرت محاسبه گردید. فاکتور کم‌آبیاری در دو حالت و در مجموع 9 سطح اعمال گردید. در حالت اول، هفت سطح شامل آبیاری کامل، آبیاری معادل 120، 90، 80، 70، 60، 50 درصد آبیاری کامل اعمال گردید. در حالت دوم دو سطح آبیاری اعمال گردید. در سطح اول آبیاری زمانی انجام خواهد شد که رطوبت خاک به 70 درصد رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی و در سطح دوم به 50 درصد رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی برسد. با نمونه‌گیری، در آزمایشگاه رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی تعیین گردید. حد ظرفیت زراعی 36 درصد حجمی به‌دست آمد. برای تعیین رطوبت خاک و زمان آبیاری در هر قطعه آزمایش دو عدد سنسور رطوبت خاک در دو عمق 25 و 45 سانتی‌متری نصب و با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری رطوبت خاک عدد رطوبت ثبت گردید. هر زمان متوسط رطوبت در دو عمق به حد مورد نظر برای آبیاری رسید، آبیاری انجام گردید (بر اساس رطوبت خاک و 50 و 70 درصد تخلیه رطوبت).

تعداد تکرار برای آزمایش 3 کرت برای هر سطح در نظر گرفته شد به این ترتیب 27 کرت به ابعاد 3 × 4 متر با فاصله مرزی هر دو کرت 1 متر در مساحتی حدود 650 مترمربع تهیه گردید. فاصله

درصد افزایش آب آبیاری نتوانسته باعث افزایش طول بوته شود که کاهش 10 درصد آبیاری نیز اختلافی در طول بوته نداشته است و تغییرات طول بوته از زمانی آغاز شده است که بیش تر از 20 درصد کم آبیاری صورت گیرد.

نتایج نشان می‌دهد که چنانچه آبیاری در هر نوبت پس از تخلیه 70 درصد رطوبت خاک انجام گردد (I8) طول بوته 173 سانتی‌متر خواهد بود و با حالتی که 20 درصد کم آبیاری انجام شده است تفاوتی نخواهد داشت.

رابطه بین ارتفاع آب آبیاری و ارتفاع بوته به صورت زیر تعیین گردید. در این معادله X طول بوته به سانتی‌متر و W مقدار آب آبیاری به سانتی‌متر است.

$$X = 1.21W + 109.3 \quad r^2 = 0.89 \quad (1)$$

نتایج به دست آمده در این بخش با نتایج با یافته‌های کریمی و همکاران (1388) و حاجی حسنی اصل و همکاران (1389) همخوانی دارد.

#### اثر کم آبیاری بر عملکرد علوفه تر

بیشترین عملکرد علوفه تر 66 تن در هکتار در تیمار آبیاری 120 درصد آبیاری کامل (I1) و کمترین عملکرد در تیمار 50 درصد کم آبیاری در طول فصل (I7) و معادل 32 تن در هکتار به دست آمد. نتایج نشان می‌دهد که اعمال کم آبیاری در طول دوره رویشی باعث کاهش عملکرد خواهد شد طوری که کاهش 49 درصدی عملکرد علوفه در اثر کاهش آبیاری حاصل شده است.

حالت 70 درصد تخلیه 15 درصد بیش تر شده است. از دلایل این موضوع می‌توان به تعداد بیش تر نوبت آبیاری و در نتیجه به هدر رفت آب به صورت عمقی اشاره کرد.

پس از برداشت محصول، اندازه‌گیری‌های عملکردی انجام گردید. کارایی مصرف آب نیز محاسبه گردید مقایسه میانگین‌های نتایج در جدول 2 آمده است.

شماره تیمار	سطح آبیاری	مقدار آبیاری (میلی‌متر)
I1	120	900
I2	100	752
I3	90	677
I4	80	602
I5	70	526
I6	60	451
I7	50	376
I8	FC70	540
I9	FC50	630

#### اثر کم آبیاری بر ارتفاع بوته

نتایج نشان می‌دهد که بیشترین طول بوته مربوط به تیمار I1 و معادل 209 سانتی‌متر و کمترین آن 149 سانتی‌متر و در تیمار I7 مشاهده گردید. نتایج نشان می‌دهد که آبیاری بر طول بوته تأثیر مستقیم دارد. در سطح 5 درصد اختلاف معنی‌داری در مقدار طول بوته گیاه در گروه اول سطوح آبیاری که میزان مصرف بین 120 تا 90 درصد آبیاری کامل است مشاهده نگردید. بدین معنی که نه تنها 20

جدول 2 مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در گیاه ذرت

شماره تیمار	مقدار آبیاری (میلی‌متر)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)		کارایی مصرف آب (کیلوگرم در مترمکعب)	
			علوفه تر	علوفه خشک	بیولوژیکی	دانه
I1	900	<sup>a</sup> 209	<sup>a</sup> 66010	<sup>a</sup> 13025	<sup>a</sup> 29021	<sup>a</sup> 12819
I2	752	<sup>a</sup> 207	<sup>a</sup> 65820	<sup>a</sup> 13195	<sup>a</sup> 28985	<sup>a</sup> 12825
I3	677	<sup>a</sup> 194	<sup>a</sup> 66535	<sup>a</sup> 12985	<sup>a</sup> 27975	<sup>b</sup> 11299
I4	602	<sup>b</sup> 182	<sup>b</sup> 52105	<sup>b</sup> 10629	<sup>b</sup> 23236	<sup>b</sup> 10298
I5	526	<sup>c</sup> 170	<sup>c</sup> 46285	<sup>d</sup> 9197	<sup>c</sup> 20458	<sup>b</sup> 9085
I6	451	<sup>d</sup> 158	<sup>d</sup> 34125	<sup>c</sup> 6985	<sup>d</sup> 15125	<sup>c</sup> 6873
I7	376	<sup>d</sup> 149	<sup>d</sup> 32457	<sup>c</sup> 6580	<sup>d</sup> 14289	<sup>c</sup> 6435
I8	530	<sup>bc</sup> 173	<sup>bc</sup> 48596	<sup>b</sup> 9852	<sup>c</sup> 21387	<sup>b</sup> 10100
I9	620	<sup>ab</sup> 187	<sup>b</sup> 54914	<sup>b</sup> 10986	<sup>b</sup> 24178	<sup>b</sup> 10623

میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر می‌باشند (سطح معنی‌داری 5 درصد)

سطح 5 درصد در برخی از تیمارها از نظر عملکرد علوفه تر وجود دارد.

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌داری در

آبیاری از عملکرد علوفه خشک کاسته می‌شود. کاهش مصرف 40 درصد آب از تیمار I1 تا I7 باعث کاهش 50 درصد در علوفه خشک شده است. همچنین با کاهش 25 درصد مصرف آب از تیمار I1 به I3 عملکرد فقط 1 درصد کاهش یافته که در سطح 5 درصد این اختلاف و کاهش معنی‌دار نشده است برای شرایط منطقه و در شرایط کم آبی، استفاده بهینه از آب، مطلوب خواهد بود که در این حالت تیمار I3 نسبت به حالت آبیاری کامل مناسب تر است.

در جدول 2 مقایسه تفاوت معنی‌داری عملکرد علوفه خشک در تیمارهای مختلف نشان داده شده است. همانگونه که ملاحظه می‌گردد بین تیمار I4 و I9 تفاوتی در عملکرد علوفه خشک وجود ندارد در حالی که میزان مصرف آب حدود 3 درصد تغییر داشته است لذا مناسب خواهد بود که در این گروه تیماری، تیمار 80 درصد نیاز آبی به‌عنوان تیمار مناسب انتخاب و توصیه گردد. علاوه بر این در صورت اقتصادی بودن میزان عملکرد گروه سوم (تیمارهای I6 و I7) و با توجه به عدم اختلاف بین عملکرد در این گروه و در شرایط کم آبیاری، اعمال کم آبی تا 50 درصد توصیه می‌شود. در این صورت با صرفه-جویی 750 مترمکعب در هکتار معادل 16 درصد مصرف آب، عملکرد فقط 6 درصد کم خواهد شد.

#### تأثیر تیمارهای آبیاری بر عملکرد بیولوژیکی

عملکرد بیولوژیکی شامل مقدار وزن ماده خشک اندام‌های هوایی گیاه شامل برگ، ساقه، چوب، غلاف بلال و بلال می‌باشد که در این طرح نمونه‌برداری و اندازه‌گیری برای تمام تیمار و تکرارها انجام گردید.

بالاترین عملکرد بیولوژیکی 29021 کیلوگرم در هکتار و در تیمار I1 (120 درصد نیاز آبی) اتفاق افتاده است. تفاوت این تیمار با تیمار شاهد کم‌تر از 0/5 درصد کاهش عملکرد و معادل 28985 کیلوگرم در هکتار است که در سطح معنی‌داری 1 درصد تفاوتی با هم ندارند. رابطه بین عملکرد بیولوژیکی و مصرف آب به‌صورت رابطه 4 به‌دست آمد.

$$Y1 = -5.832W^2 + 1067W - 19153 \quad r^2 = 0.93 \quad (4)$$

در این معادله Y2 مقدار عملکرد بیولوژیکی بر حسب کیلوگرم در هکتار و W مقدار آب مصرفی بر حسب سانتی‌متر است. نوع تابع عملکرد و میزان همبستگی بین متغیرها با نتایج کریمی و همکاران (1388) هماهنگی دارد.

#### تأثیر تیمارهای آبیاری بر عملکرد دانه

عملکرد دانه به‌طور مستقیم متأثر از دو شاخص آبیاری است. شاخص اول کمیت آبیاری و عمق آب مصرفی در طول فصل و شاخص دوم زمان آبیاری در مواقع حساس به تنش، نتایج این تحقیق

در گروه اول مصرف آب (120 و 100 و 90 درصد نیاز آبی) علی‌رغم تغییر 30 درصدی مصرف آب، تغییر معنی‌داری در عملکرد علوفه تر مشاهده نگردید. این موضوع نشان می‌دهد که آبیاری به‌صورت مازاد انجام شده است. کم‌ترین عدد نیاز آبی که باعث کاهش معنی‌داری در عملکرد علوفه تر شده است عدد 602 میلی‌متر است که حدود 20 درصد کم‌تر از نیاز آبی کامل است. این نتایج نشان می‌دهد که در مناطق با کمبود آب و برای تأمین علوفه بهتر است اعمال کم‌آبیاری در مرحله زایشی انجام گیرد.

در تیمارهای I6 و I7 نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید و این بدان معنی است که در این منطقه با توجه به کمبود منابع آب تیمار I7 مناسب‌تر خواهد بود. علاوه بر این نتایج نشان می‌دهد که در این تیمار، کارایی مصرف آب نیز بهتر شده است. نتایج به‌دست آمده در خصوص عملکرد علوفه تر با سوابق تحقیق همخوانی دارد. در مطالعات شعاع حسینی و همکاران (1387) عملکرد علوفه تر در شرایط مشابه با تحقیق حاضر حدود 67 تن در هکتار گزارش شده است که با نتایج 66 تن در هکتار تحقیق حاضر اختلاف زیادی ندارد. در این تحقیق رابطه علوفه تر و عمق آبیاری به‌صورت رابطه زیر به‌دست آمد.

$$Y1 = -0.14W^2 + 253.7W - 47098 \quad r^2 = 0.93 \quad (2)$$

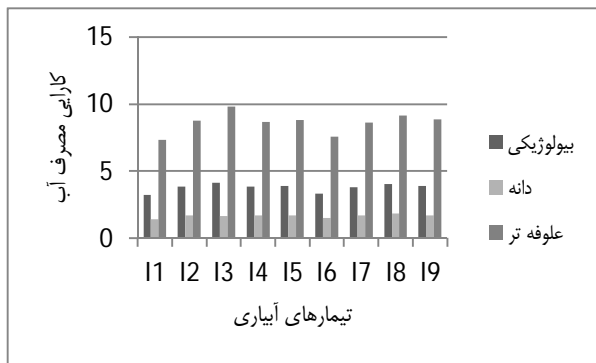
در این رابطه Y1 عملکرد علوفه تر برحسب کیلوگرم در هکتار و W عمق آب مصرفی برحسب میلی‌متر است. این رابطه نشان می‌دهد که عملکرد علوفه تر حداکثر می‌تواند معادل 68 تن در هکتار شود که در این حالت نیاز به آبیاری 910 میلی‌متر در طول فصل رشد خواهد بود. درحالی که حداکثر عملکرد اندازه‌گیری شده 66/5 تن در هکتار با مصرف آب 677 میلی‌متر بوده است. یعنی کاهش 30 درصدی مصرف آب آبیاری فقط باعث 2 درصد کاهش عملکرد شده است که این میزان افزایش مصرف آب به‌ویژه در مناطق با کمبود منابع آب توصیه نمی‌شود. می‌توان نتیجه گرفت که بهترین عملکرد زمانی خواهد بود که مصرف آب معادل 90 درصد نیاز آبی کامل باشد.

رابطه بین طول بوته با عملکرد تر و عملکرد دانه محاسبه گردید. همچنین ضریب همبستگی بین داده‌های طول بوته با عملکرد علوفه تر و دانه محاسبه گردید در سطح 1 درصد همبستگی بین دو متغیر تایید می‌گردد. می‌توان نتیجه گرفت که کم‌آبیاری اعمال شده در مرحله رویشی باعث کاهش طول بوته و نهایتاً عملکرد علوفه نیز کم خواهد شد ولی کم‌آبیاری در مرحله زایشی اثر قابل توجهی بر عملکرد بوته نداشته و بیش‌ترین اثر را در عملکرد دانه دارد.

$$Y1 = 610x - 58538 \quad r^2 = 0.94 \quad (3)$$

در این رابطه Y1 عملکرد علوفه تر برحسب کیلوگرم در هکتار و x طول بوته به سانتی‌متر است. بالاترین مقدار علوفه خشک 13195 کیلوگرم در هکتار و مربوط به تیمار I2 (نیاز آبی کامل) و کم‌ترین مقدار 6580 کیلوگرم در هکتار و مربوط به تیمار I7 (50 درصد نیاز آبی کامل) اتفاق افتاده است. نتایج نشان می‌دهد که با کاهش آب

و در تیمار I1 مشاهده گردید. این موضوع نشان می‌دهد که افزایش آبیاری از حالت کامل به 120 درصد نیازآبی کامل، نه تنها باعث افزایش قابل توجه و معنی‌داری در عملکرد نشده است بلکه کارایی مصرف آب را به شدت کاهش داده است. در تیمار I8 کارایی مصرف آب 3/96 کیلوگرم در مترمکعب شده است که با کارایی مصرف آب در تیمار I5 اختلاف معنی‌داری ندارد. پیشنهاد می‌گردد در مناطق با کمبود منابع آب تیمار I8 که مصرف آب براساس 70 درصد تخلیه رطوبت تا ظرفیت زراعی است به‌عنوان مبنای آبیاری قرار گیرد. بیش‌ترین مقدار کارایی مصرف آب برای عملکرد دانه 1/9 و کم‌ترین آن 1/42 کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمده است. کارایی مصرف آب در تیمار 100 درصد آبیاری (شاهد) 1/71 کیلوگرم بر مترمکعب شده است. این نتایج نیز تاکید بر اهمیت زمان تنش رطوبتی دارد. مقدار متوسط کارایی مصرف آب در عملکرد دانه در شرایط مشابه 1/8 کیلوگرم در مترمکعب آب گزارش شده است (مختاری، 1389).



شکل 1- مقایسه کارایی مصرف آب در تیمارهای آبیاری

### نتیجه گیری

در مناطق با کمبود آب لازم است مقدار آبیاری به‌طور دقیق محاسبه و اعمال گردد. کاهش مصرف آب باعث کاهش عملکرد خواهد شد. هدف از کاهش مصرف آب در قالب روش‌های کم آبیاری، رسیدن به حداکثر توان تولیدی به ازاء هر واحد آب و نهایتاً رسیدن به سود دهی بیش‌تر است. در روش‌های کم آبیاری، مهم این است به این نتیجه برسیم که در چه مرحله از رشد اثر کم‌آبیاری بر عملکرد کم‌تر شده و مصرف آب بهینه‌تر استفاده شده است. عملکرد در تیمارهایی که تنش به‌طور یکنواخت اعمال شده است با دو تیمار دیگر که نیاز آبی بر اساس رطوبت خاک داده شده است با هم مقایسه گردید. نتایج نشان داد که تأمین آب مورد نیاز در مرحله رویشی و مطابق با نیاز آبی گیاه و میزان کاهش رطوبت خاک تأثیر بسزایی در عملکرد بهینه دارد. در دو حالت آبیاری 70 درصد نیازآبی و تأمین

نشان می‌دهد آب مصرفی و زمان تنش به‌طور مستقیم بر عملکرد دانه تأثیر داشته است. طوری که چنانچه در زمان گل‌دهی تنش رطوبتی ایجاد شود عملکرد کم خواهد شد. نتایج به‌طور واضح این دو موضوع را تأیید می‌کند. کاهش عملکرد دانه از 12/8 تن در تیمار I2 به 6/4 تن در هکتار در تیمار I7 برابر کاهش 50 درصد مصرف آب نشان‌دهنده تأثیر مستقیم کاهش عملکرد ناشی از کاهش آبیاری است به‌ویژه اینکه روند کاهش عملکرد در مصارف پائین آب به خوبی نشان داده شده است به‌عنوان مثال کاهش 10 درصد مصرف آب (از 100 به 90) فقط 12 درصد کاهش عملکرد دارد در حالی که کاهش 10 درصد آب (از 70 به 60 نیازآبی کامل) باعث کاهش 25 درصد در عملکرد شده است.

از طرف دیگر زمان آبیاری و زمان تنش آبی در عملکرد تأثیر مهمی خواهد داشت همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد در تیمار I5 و I8 از نظر مصرف آب تفاوت زیادی نداشته (کم‌تر از 1 درصد) در حالی که اختلاف عملکرد آن‌ها حدود 10 درصد و در سطح معنی‌داری 5 درصد تفاوت وجود دارد. در تیمار I8 آبیاری بر اساس رطوبت خاک و کاهش رطوبت به 70 درصد ظرفیت زراعی خاک انجام گردید و در نتیجه اختلافات عملکرد بین دو تیمار مشاهده شد. به عبارت دیگر تأمین آب مورد نیاز در تیمار I8 به موقع و به نیاز بوده است.

نتایج کلی عملکرد در تیمار شاهد با برخی از نتایج تحقیقات مشابه از جمله کردا و همکاران (2002) مطابقت دارد در آن تحقیق مقدار عملکرد دانه در این رقم ذرت حدود 12/4 تن در هکتار به‌دست آمده است. نتایج نشان می‌دهد که تنش شدید (از 100 به 50 درصد نیاز آبی) باعث کاهش 71 درصدی عملکرد شده است. لک و همکاران (1385) کاهش عملکرد ناشی از تنش شدید رطوبتی را 40 درصد گزارش کرده‌اند. یکی از دلایل اختلاف در این دو تحقیق می‌تواند در میزان رطوبت هوا در دوره رشد باشد منطقه مورد مطالعه دارای رطوبت کم‌تری از منطقه مطالعه لک و همکاران (1385) است.

رابطه بین عملکرد دانه محصول و آب مصرفی به‌صورت رابطه 5 تعیین گردید:

$$Y_3 = -2.137W^2 + 407.7W - 6345 \quad r^2 = 0.96 \quad (5)$$

در این معادله  $Y_3$  مقدار عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار و  $W$  مقدار آب مصرفی بر حسب سانتی‌متر است.

### کارایی مصرف آب

کارایی مصرف آب میزان ماده تولید شده به ازاء مقدار مصرف آب و بر حسب کیلوگرم محصول در مترمکعب آب است. در این تحقیق کارایی مصرف آب برای عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه محاسبه گردید. بیش‌ترین کارایی مصرف آب در عملکرد بیولوژیکی 4/13 کیلوگرم در مترمکعب و مربوط به تیمار I3 و کم‌ترین آن معادل 3/22

پژوهش‌های زراعی ایران. 7. 2: 503-493

سپهری، ع، مدرس ثانی، ع، قره باغی، ب و یمینی، ی. 1381. تأثیر تنش آب و مقادیر مختلف نیتروژن بر مراحل رشد و نمو، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت. مجله علوم زراعی ایران. 4: 201-184

سپاسخواه، ع، توکلی، ع و موسوی، ف. 1384. اصول و کاربرد کم آبیاری. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران، 1384.

سرمدنیا، غ، کوچکی، ع. 1386. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). چاپ پنجم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. 424 ص

شعاع حسینی، م، فارسی، م، خاوری خراسانی، س. 1387. بررسی اثرات تنش کمبود آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد در چند هیبرید ذرت دانه‌ای با استفاده از تجزیه علیت. مجله دانش کشاورزی. 18. 1: 71-85.

لک، ش، نادری، ا و نورمحمدی، ق. 1385. اثر سطوح مختلف نیتروژن و تراکم بوته در شرایط مختلف رطوبتی بر عملکرد و اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای سینگل کراس 704 در خوزستان. مجله علوم زراعی ایران. 2: 8: 153-170.

کریمی، م، اصفهانی، م، بیگلویی، م، ربیعی، ب و کافی قاسمی، ع. 1388. تأثیر تیمارهای کم آبیاری بر صفات مورفولوژیک و شاخص‌های رشد ذرت علوفه‌ای در شرایط آب و هوایی رشت. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. 2: 2: 91-109.

کیخایی، ف، گنجی خرم‌دل، ن، فرزانه‌جو، م، کیخا، غ، ثقفی، ک و کیخام، م. 1389. بررسی اثر کم آبیاری بر عملکرد کمی و کارایی مصرف آب محصول سورگوم علوفه‌ای در منطقه سیستان. مجله پژوهش‌های آب در کشاورزی. 24. 1: 41-49.

عنابی میلانی، ا. 1381. ارزیابی تأثیر رژیم‌های آبیاری در اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب گندم در یک خاک شور. مجله علوم خاک و آب. جلد 16. 1: 135-121

نخجوانی مقدم، م، قهرمان، ب. 1382. مقایسه توابع تولید گندم زمستانه از آب در منطقه مشهد. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. 9. 3: 45-50.

وهاب زاده، ع، علیزاده، ا. 1373. آخرین واحد (آب مایه حیات). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

هاشمی نیا، س. م. 1383. مدیریت آب در کشاورزی. چاپ اول، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. 533 ص

Kirda C. 2002. Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance. Pp.3-10 in: FAO, water reports No:22.

FAO. Production Year Book. 2002. Food and

رطوبت تا 70 درصد ظرفیت زراعی، میزان مصرف آب تقریباً یکسان (527 به 530 میلی‌متر) بوده است در حالی که عملکرد علوفه از 46285 به 48596 کیلوگرم افزایش یافته است. این حالت در عملکرد دانه نیز مشاهده می‌شود. افزایش عملکرد دانه به دلیل آبیاری مناسب (از نظر زمانی) اتفاق افتاده است. می‌توان نتیجه گرفت که کاهش عملکرد محصول ناشی از کم آبیاری به صورت رابطه توان دو عمل خواهد کرد و مقدار و زمان تنش تأثیر در عملکرد خواهد داشت. با توجه به نتایج آزمایش، حتی در صورت عدم محدودیت آب نیاز نیست که عدد محاسبه شده نیاز آبی به طور کامل به گیاه داده شود و می‌توان از سطح 90 درصد آبیاری کامل استفاده نمود. در شرایط محدودیت منابع آب پیشنهاد می‌شود برای محاسبه و تأمین نیاز آبی گیاه از روش‌های رطوبت خاک استفاده گردد و اعمال تنش در مرحله حساس به خشکی نباشد. در شرایط مصرف یکسان آب در طول فصل رشد (دریک تیمار 5300 و در دیگر 5260 مترمکعب) در صورت رعایت اعمال تنش در مراحل رشد به جای تنش یکنواخت، عملکرد اضافه خواهد شد.

## منابع

ابراهیمی، ح. 1390. آبیاری بارانی و قطره‌ای (اصول تهیه طرح اجرایی). انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی مشهد. 570 صفحه

امام، ی، رنجبر، غ. 1379. تأثیر تراکم بوته و تنش خشکی در مرحله رویشی بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی استفاده از آب در ذرت دانه‌ای. مجله علوم زراعی ایران. 2: 3: 51-62

انصاری، ح، میرلطیفی، م، شرفی، ع. ا. 1385. تأثیر کم آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت زودرس. مجله علوم خاک و آب. 20: 2: 338-348

پاک نژاد، ف، وزان، س، اجلی، ج. 1385. اثر تنش خشکی و روش‌های آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد دو هیبرید ذرت. مجله دانش نوین کشاورزی. 18: 17-26.

حاجی حسینی اصل، ن، مرادی اقدام، ا، شیرانی راد، ا، حسینی، ن و رسائی فرد، م. 1389. اثر تنش خشکی بر عملکرد علوفه و برخی صفات زراعی ارزن، سورگوم و ذرت در کشت تأخیری. نشریه پژوهش‌های به زراعی. 2: 1: 63-74.

بختیاری، ب، لیاقت، ع، خلیلی، ع، خانجانی، م. 1388. ارزیابی دو مدل ترکیبی برآورد تیخیر - تعرق مرجع چمن در بازه زمانی ساعتی (مطالعه موردی اقلیم کرمان). مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. علوم آب و خاک 13: 26-13.

ساجدی، ن، اردکانی، م، نادری، ا، مدنی، ح و مشهدی اکبربوجار، م. 1388. تأثیر تنش کمبود آب و کاربرد عناصر غذایی بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب در ذرت. مجله

Irrigation Allocation on Corn  
Evapotranspiration, Yield, Water use efficiency  
and Dry mass. Agricultural Water Management,  
96: 1387-1397.

Agricultural Organization of United Nation,  
Rome, Italy. 51: 209 p.  
Payero,J., Tarkalson,D., Irmak,S., Davision,D.,  
Petersen,J. 2009. Effect of Timing of a Deficit-



## The Relationship Between Corn Yield and Water Consumption (Computational water demand and lack of soil moisture)

H. Ebrahimi<sup>1\*</sup>, H. Hasanpour darvishi<sup>2</sup>

Recived: Jun.16, 2015

Accepted: Oct.21, 2015

### Abstract

Water recourses planning in the arid and semiarid areas which are faced with water restrictions, both in quality and quantity, is very important, yet it is too difficult. Utilizing targeted low irrigation can be one of the approaches to deal with water shortages. According to their regions and physiological conditions, various plants show different reactions to water shortages. This survey in the form of the perfect randomized block program contains 9 different levels of irrigation in 3 repeating times on the SC704 corn cultivars had been applied in 2012 at the Islamic Azad University Golbahar branch farm in Mashhad. samples contain 7 levels of irrigation (11,12,13,14,15,16,17) respectively equivalent to 120%, 100%, 90%, 80%, 70%, 60%, and 50% of the plant water requirements, and two other levels based on the soil water depletion (SWD) (19 and 18 respective irrigation when 50 and 70 percent of the corps capacity moisture depleted). results indicate that change in the amount of water consumption, directly affects the crop performance. Also, targeted water shortage by optimized and low water consumption, can have more suitable performance on crops production. The highest plant height is related to the sample 11 and equals to 209 cm and the least of them is related to the sample 17 and equals to 32.5 tons in per hectare, and it happens when the irrigation of about 50 percent of full water requirement has done. The results indicate that the efficiency of water consumption (seed performance) in samples that irrigation takes place based on the soil humidity is higher than the other samples.

**Keywords:** Performance, Irrigation, Corn, Water Use

---

1- Associate Professor Department of Water Science and Engineering, Shahr-Ghods Branch, Islamic Azad University, Tehran

2- Assistant Professor Department of Water Science and Engineering, Shahr-Ghods Branch, Islamic Azad University, Tehran

(\* - Corresponding Author Email: Ebrahimi165@yahoo.com)