تأثیر روش‌های آبیاری جویچه‌ای و کم آبیاری بر عملکرد و کارآیی مصرف آب ذرت علوفه‌ای در مازندران

داوود اکبری نودهی[۱*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۲/۲۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۵/۳۰)

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر روش‌های آبیاری جویچه‌ای و کم آبیاری بر عملکرد و کارآیی مصرف آب ذرت، طرحی در قالب اسپلیت پلات با سه تکرار به مدت دو سال در مرکز تحقیقات کشاورزی مازندران انجام پذیرفت. تیمارها شامل سه سطح آبیاری ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی به‌عنوان تیمارهای اصلی و سه تیمار آبیاری یک در میان ثابت، یک در میان متناوب و آبیاری کامل جویچه‌ها به‌عنوان تیمارهای فرعی بوده است. نتایج حاصل از تجزیه آماری داده‌های دو سال آزمایش نشان داد که تیمار ۱۰۰٪ نیاز آبی با آبیاری کامل جویچه‌ها بیشترین و تیمار ۶۰٪ نیاز آبی با آبیاری یک در میان ثابت جویچه‌ها کمترین عملکرد ذرت علوفه‌ای را به‌خود اختصاص داده‌اند. بیشترین کارآیی مصرف آب در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی با آبیاری یک در میان ثابت جویچه‌ها و کمترین مقدار کارآیی مصرف آب مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی با آبیاری کامل جویچه‌ها بوده است. مقادیر Ky براساس رابطه بین کاهش نسبی تبخیر- تعرق و کاهش نسبی عملکرد برای کل دوره رشد ۰/۸ به‌دست آمد.

کلمات کلیدی: آبیاری یک در میان جویچه‌ای، ذرت علوفه‌ای، کارآیی مصرف آب، مازندران

۱. گروه آبیاری، دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائم‌شهر، قائم‌شهر
* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: dakbarin@yahoo.com

مقدمه

آب اولین و مهم‌ترین محدودیت در افزایش تولیدات کشاورزی می‌باشد. از این رو با توجه به این که بیش از ۹۳٪ کل آب‌های کشور به مصرف کشاورزی می‌رسد، نیاز به برنامه‌ریزی دقیق‌تری برای استفاده بهینه از منابع آب موجود احساس می‌گردد. بنابراین با استفاده از شیوه‌هایی که بتوان بدون کاهش و یا با کاهش معنی‌داری در تولید محصول، میزان مصرف آب در بخش کشاورزی را کاهش داد، اجتناب ناپذیر خواهد بود. آبیاری یک در میان جویچه‌ای(حذف ردیف آبیاری) روشی است که به‌موجب آن، آب در جویچه‌ها به‌صورت یک در میان استفاده می‌شود (۶). آبیاری یک در میان جویچه‌ها یکی از گزینه‌های مدیریتی جهت صرفه‌جویی در مصرف آب و یکی از راه‌کارهای اساسی افزایش سطح زیر کشت و بهینه‌سازی کارآیی مصرف آب در اراضی فاریاب محسوب می‌شود (۱). در آبیاری یک در میان جویچه‌ها تنش آبی به‌خاطر کاربرد کمتر آب آبیاری طبیعتاً باعث کاهش عملکرد می‌شود. از طرفی با کاهش کاربرد آب، تبخیر از سطح خاک کمتر شده و راندمان مصرف آب افزایش می‌یابد (۸، ۲۳). سپاس‌خواه (۵) گزارش نمود که در صورتی‌که آب زیرزمینی در منطقه بالا باشد عملکرد محصول چغندرقند در آبیاری یک در میان با دور ۶ روز با آبیاری معمولی با دور ۱۰ روز یکسان می‌باشد.

خواجه عبدالهی و سپاسخواه (۴) و سپاسخواه و خواجه عبدالهی (۲۴) با بررسی بر روی آبیاری جویچه‌ای یک در میان ذرت با دورهای ۴، ۷ و ۱۰ روز معمولی و یک در میان گزارش نمودند که آبیاری جویچه‌ای ۴ روز یک در میان نسبت به آبیاری جویچه‌ای ۷ روز معمولی آب کمتری مصرف نموده و در عملکرد محصول نیز کاهش چندانی رخ نداده است. عباسی و همکاران(۷) با تحقیقی بر روی ذرت به این نتیجه رسیدند که در تیمارهای آبی که با تنش آبی مواجه بوده‌اند، هرچند که از میزان آب آبیاری تا ۴۰٪ کاسته شده است، ولی عملکرد به شدت کاهش یافت و پیشنهاد نمودند که جهت اجتناب از کاهش عملکرد در آبیاری یک در میان جویچه‌ها، استفاده از آبیاری کامل جویچه‌ها در مراحل بحرانی صورت گیرد. خرمیان (۳) جهت بررسی اثر کم آبیاری با روش آبیاری یک در میان جویچه‌ای بر عملکرد ذرت دانه‌ای، تحقیقی را با ۵ تیمار آبی انجام داد. در این تحقیق وی با درنظر گرفتن ۵ تیمار آبی جویچه‌ای یک در میان ثابت و متناوب تا زمان شروع گلدهی و آبیاری جویچه‌ای ثابت و متناوب تا آخر دوره رشد و تیمار شاهد(آبیاری برنامه‌ریزی شده) به این نتیجه رسید که عملکرد دانه در تیمارهای یک در میان ثابت و متناوب تا شروع گلدهی و تیمار شاهد در سطح ۵٪ معنی‌دار بوده‌اند. ضمن این‌که تیمار آبیاری یک در میان متناوب تا شروع گلدهی نسبت به تیمار شاهد، حدود ۳۰٪ صرفه‌جویی در مصرف آب داشته است. اکبری (۱) درآزمایشی روی محصول چغندر قند با آبیاری یک در میان جویچه‌ها نتیجه گرفت که با کاهش ۳۰ درصد از مقدار آب مصرفی گیاه، تنها ۱۰ درصد کاهش محصول داشته که با افزایش میزان قند،کاهش کمی محصول چغندر قند جبران شده است.

حیدری و همکاران (۲) مقدار شاخص کارآیی مصرف آب محصولات زراعی گندم، چغندر قند (شکر تولیدی)، سیب زمینی، ذرت علوفه‌ای، پنبه، یونجه (وزن خشک)، جو و نیشکر (شکر تولیدی) را به‌ترتیب ۰/۷۵، ۰/۶۴، ۲/۰۶، ۵/۵۸، ۰/۷۱، ۱/۴۶، ۰/۵۶، ۰/۲۹ کیلوگرم محصول بر متر مکعب آب مصرفی اندازه‌گیری کردند. فیشباخ و مولینر (۱۱) در خاکی با بافت متوسط و جویچه‌هایی به فواصل ۷۶ سانتی‌متر در روش آبیاری بک در میان، در هر آبیاری ۲۹ درصد کاهش مصرف آب را گزارش کردند. استون و نافزیگر (۲۸) ۵۰-۲۰ درصد کاهش مصرف آب را با اعمال کم آبیاری و به‌صورت یک در میان گزارش نمودند. کرابتری و همکاران (۹) با انجام آزمایشی بر روی گیاه سویا با دو تیمار آبیاری یک در میان معمولی به‌این نتیجه رسیدند که با اعمال آبیاری یک در میان عملکرد از ۲۵۹۵ کیلوگرم در هکتار به ۲۱۲۸ کیلو در هکتار رسید درحالی‌که مقدار آب به‌کار برده شده ۴۰ تا ۵۰ درصد کمتر بوده است. کانگ و همکاران (۱۷) در آزمایشی نشان دادند که با آبیاری

متناوب و با ۳۵ درصد کاهش آب مصرفی، فقط ۱۱-۶ درصد کاهش در ماده خشک کل به‌دست آمده است. پاندیان و همکاران (۲۱۱۹) نتیجه گرفتند که راندمان مصرف آب به‌وسیله آبیاری یک در میان جویچه‌ها در مقایسه با آبیاری تمام جویچه‌ها به‌میزان ۴۶-۴۳ درصد کاهش یافت. کانگ و همکاران (۱۶) سه روش آبیاری یک در میان ثابت، یک در میان متغیر و معمولی را در آبیاری جویچه‌ای روی ذرت در مناطق خشک مورد بررسی قرار داده و گزارش نمودند که در آبیاری یک در میان متغیر با کاهش ۵۰ درصد آب مصرفی، محصول کاهش نیافته ولی در آبیاری کامل جویچه‌ها و یک در میان ثابت جویچه‌ها، محصول کاهش یافته است.

زونگ سو و همکاران (۳۱) با اعمال تیمارهای آبیاری یک در میان ثابت و متغیر و آبیاری معمولی جویچه‌ها به‌این نتیجه رسیدند که تیمارهای آبیاری بر عملکرد محصول ذرت معنی‌دار نبوده است اما راندمان مصرف آب از ۲/۶ به ۴ کیلوگرم در مترمکعب نسبت به آبیاری کامل جویچه‌ها افزایش داشته است. شوزونگ و همکاران (۲۵) با کاربرد تیمارهای آبیاری یک در میان ثابت، متغیر و معمولی جویچه‌ها بر روی محصول ذرت به‌این نتیجه رسیدند که تیمار یک در میان متغیر نسبت به تیمارهای دیگر افزایش عملکرد داشته است. هم‌چنین بیان نمودند که تیمار آبیاری یک در میان با کاهش ۵۰ درصد آب آبیاری افزایش عملکرد داشته است. رفیعی و شاه‌کرمی (۲۲) نیز با اعمال سه تیمار آبیاری یک در میان ثابت، متغیر و معمولی جویچه‌ای مشاهد نمودند که تاثیر معنی‌داری بین تیمارها به‌وجود نیامده است. ولی با اعمال آبیاری یک در میان ثابت و متغیر به‌ترتیب ۲۶/۲ و ۲۳ درصد کاهش آب آبیاری و ۱۱ و ۱۳/۶ درصد کاهش عملکرد ایجاد شده و آبیاری یک در میان ثابت بالاترین راندمان مصرف آب را داشته است. رابطه میزان مصرف آب و تبخیر-تعرق با عملکرد محصول جهت مدیریت آب توسط محققین مختلف مورد بررسی قرار گرفت. اورگاز و همکاران (۲۰) رابطه میزان مصرف آب و عملکرد را غیر خطی و رابطه تبخیر- تعرق با عملکرد را خطی بیان نمودند. کیپ کوریر و همکاران (۱۹) بیان نمودند که تابع تولید رابطه بین عملکرد محصول و آب به‌کار برده شده را نشان می‌دهد و اظهار داشتند به‌واسطه نفوذ عمقی تابع تولید به‌صورت غیرخطی می‌باشد. در این تحقیق هدف بررسی تأثیر کم آبیاری براساس تیمارهای مختلف روش آبیاری و سطوح مختلف آب مصرفی بر عملکرد و راندمان مصرف آب در ذرت علوفه‌ای برای منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر روش‌های آبیاری جویچه‌ای و مقادیر آب آبیاری بر عملکرد و کارآیی مصرف آب در ذرت علوفه‌ای، آزمایشی به‌مدت دو سال در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بابع‌کلا استان مازندران اجرا گردید. این ایستگاه در شمال شهر نکا در عرض ۳۶ درجه و ۲۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی و ارتفاع ۴ متر از سطح دریا قرار دارد. متوسط بارندگی منطقه ۶۲۰ میلی‌متر، متوسط درجه حرارت منطقه ۱۷ درجه سانتی‌گراد، متوسط رطوبت نسبی ۷۰٪ و متوسط تبخیر از تشت ۱۳۰۰ میلی‌متر می‌باشد. در جدول ۱ مقادیر بارندگی فصل رشد در منطقه مزبور ارایه گردیده است. خاک منطقه مورد آزمایش سیلتی-رسی بوده که در جدول ۲ و ۳ خصوصیات فیزیکی و شیمایی آنها نشان داده شده است.

آزمایش بر پایه طرح اسپلیت پلات، شامل سه سطح آبیاری ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد عمق خالص آبیاری و سه روش آبیاری کامل، متناوب و ثابت جویچه‌ها، در سه تکرار به اجرا درآمد.

مقادیر کود ازت مورد نیاز براساس تجزیه خاک (جدول ۲) به میزان ۳۰۰ کیلوگرم در ۳ نوبت، یک سوم در زمان کاشت، یک سوم در مرحله ۵-۴ برگی و یک سوم در مرحله ۹ برگی توزیع گردید. رقم ذرت سینگل کراس ۷۰۴ به‌منظور برداشت علوفه با فاصله ردیف‌های ۷۵ سانتی‌متر و فاصله گیاه بر روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر در زمینی به مساحت ۳۰۰۰ مترمربع و کرت‌هایی به ابعاد ۵/۵×۲۰ مترکشت گردید.

جدول۱. مقادیر بارندگی و تبخیر - تعرق پتانسیل در طی فصل رشد

سال	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مجموع بارندگی فصل رشد (میلی‌متر)	تبخیر و تعرق در طول فصل رشد(میلی‌متر)
۱۳۸۲	۱۹	۳۷	۱۰	۱۳	۵۰	۱۱۸	۵۶۰
۱۳۸۳	۲۰	۳۰	۱۷	۱۹	۶۴	۱۵۰	۵۰۸

جدول۲: نتایج تجزیه خاک منطقه مورد مطالعه

عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر)	پتاسیم قابل جذب (P.P.m)	فسفر قابل جذب (P.P.m)	کربن آلی O.C%	درصد مواد خنثی شده T.N.V%	pH	EC×۱۰^{۳} dS/m
۰-۳۰	۳۸۰	۳۷	۱/۹	۲۴	۷/۶	۰/۶۶

جدول۳: خصوصیات فیزیکی خاک محل آزمایش

عمق نمونه برداری (سانتی‌متر)	ظرفیت مزرعه (درصد)	نقطه پژمردگی دائم (درصد)	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	بافت خاک
۰-۳۰	۳۱/۲	۱۵/۱	۱/۳	۱۰	۴۳	۴۷	رس سیلتی
۳۰-۶۰	۳۰/۵	۱۵/۲	۱/۳۴	۱۱	۴۰	۴۹	رس سیلتی
۶۰-۹۰	۳۱/۸	۱۴/۸	۱/۳۵	۵	۵۰	۴۵	رس سیلتی

تیمارهای آبیاری در طرح به‌صورت زیر اجرا گردیدند:

I_1: آبیاری کامل جویچه‌ها با تأمین ۶۰٪ نیاز آبی

I_2: آبیاری یک در میان متناوب جویچه‌ها با تأمین ۶۰٪ نیاز آبی

I_3: آبیاری یک در میان ثابت جویچه‌ها با تأمین ۶۰٪ نیاز آبی

I_4: آبیاری کامل جویچه‌ها با تأمین ۸۰٪ نیاز آبی

I_5: آبیاری یک در میان متناوب جویچه‌ها با تأمین ۸۰٪ نیاز آبی

I_6: آبیاری یک در میان ثابت جویچه‌ها با تأمین ۸۰٪ نیاز آبی

I_7: آبیاری کامل جویچه‌ها با تأمین ۱۰۰٪ نیاز آبی

I_8: آبیاری یک در میان متناوب جویچه‌ها با تأمین ۱۰۰٪ نیاز آبی

I_9: آبیاری یک در میان ثابت جویچه‌ها با تأمین ۱۰۰٪ نیاز آبی

مقدار عمق آب آبیاری به‌صورت رابطه زیر محاسبه گردید:

$$d = \frac{(\theta_{fc} - \theta_w).Z.\rho_b}{100} \quad [1]$$

که درآن، Θ_{fc}: رطوبت وزنی خاک در حد ظرفیت زراعی(٪)، Θ_w: رطوبت وزنی خاک در زمان آبیاری (٪)، Z: عمق ریشه (سانتی‌متر) و ρ_b: وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم در سانتی‌مترمکعب) می‌باشد.

اولین آبیاری براساس کمبود رطوبت خاک از ظرفیت زراعی تا عمق ۶۰ سانتی‌متری و برای همه تیمارها به‌طور یکسان صورت گرفت. دومین آبیاری نیز برای همه تیمارها یکسان و بعد از یک هفته از آبیاری اول انجام پذیرفت. مقدار آب آبیاری در نوبت‌های بعدی براساس نیاز آبی گیاه و با اعمال بازدهی ۹۵ درصد به خاک اضافه گردید. نیاز آبی گیاه با استفاده از فرمول پنمن- مونتیث اصلاح‌شده توسط فائو و اعمال ضریب گیاهی (K_c) تعیین شد. پارامترهای مربوط به فرمول پنمن- مونتیث از ایستگاه دشت ناز که نزدیک به محل بود، اخذ شد و ضریب گیاهی با استفاده از دستورالعمل نشریه شماره ۲۴ فائو تعیین گردید. دور آبیاری برای همه تیمارها براساس ۵۰ درصد تخلیه مجاز به‌دست آمد. اندازه‌گیری مقدار رطوبت خاک به‌صورت وزنی قبل و بعد از هر آبیاری و از عمق توسعه ریشه صورت گرفت.

اثر تنش آبی در طی فصل رشد برروی عملکرد محصول به‌صورت زیر بررسی گردید (۲۷، ۱۰):

جدول۴. جدول تجزیه واریانس میانگین دو ساله عملکرد تر، خشک و ارتفاع ذرت علوفه‌ای

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		عملکرد تر(kg/ha)	عملکرد خشک(kg/ha)	ارتفاع بوته (m)
سال	۱	۴۹۳۲۶۱۰۹۲*	۷۵۵۰۸۰۶۱*	۰/۴۹۱**
تکرار در سال	۴	۲۷۶۵۹۰۲۰۴*	۳۸۰۹۹۶۶۱*	۰/۰۲۹**
تیمارهای آبیاری	۲	۷۶۸۵۳۳۴۰۹**	۹۶۲۳۰۸۲۹**	۰/۰۱۱^{ns}
تیمار آبیاری × سال	۲	۷۰۹۵۱۰۹ns	۱۱۳۲۳۹۳^{ns}	۰/۰۳*
خطا	۸	۸۸۵۶۶۲۶۷	۱۰۴۹۱۳۸۰	۰/۰۰۷
تیمار روش آبیاری	۲	۷۷۱۸۳۸۵۸۹**	۸۶۱۶۱۰۳۲**	۰/۰۵**
تیمار روش آبیاری × سال	۲	۸۸۸۸۷۵۴*	۱۴۳۵۹*	۰/۰۰۵*
تیمار آبیاری × روش آبیاری	۴	۴۸۲۸۲۹۹۷**	۶۵۷۷۳۶۲*	۰/۰۲۳*
تیمار روش آبیاری × آبیاری × سال	۴	۲۷۷۴۹۴۵*	۵۶۷۵۹۸*	۰/۰۱^{ns}
خطا	۲۴	۹۰۱۱۶۵۶	۲۹۸۵۸۶۶	۰/۰۰۶

ns: غیر معنی دار،**: معنی دار در سطح احتمال یک درصد ($P<0/01$) *: معنی دار در سطح احتمال پنج درصد ($P<0/05$)

$$\left(1-\frac{Ya}{Ym}\right)=Ky\left(1-\frac{ETa}{ETm}\right) \quad [۲]$$

که در آن: ETa: تبخیر-تعرق واقعی (مقدار تبخیر- تعرق مربوط به هر تیمار)، ETm: تبخیر-تعرق ماکزیمم (تیماری که بیشترین تبخیر- تعرق را داشته است)، $\left(1-\frac{Ya}{Ym}\right)$: کاهش عملکرد نسبی و $\left(1-\frac{ETa}{ETm}\right)$: نسبت کمبود تبخیر و تعرق و K_y فاکتور حساسیت گیاه می‌باشد. کارایی مصرف آب (WUE) با استفاده از معادله WUE=Y/ET بیان شده توسط هانگ و همکاران (۱۳) محاسبه گردید. در این معادله Yعملکرد ذرت و ET تبخیر و تعرق واقعی می‌باشد.ET برای تیمارهای جداگانه با استفاده از معادله بیلان آب به‌صورت ET=P+I+ΔS -Dp به‌دست آمد. در این معادله ΔS تغییرات ذخیره آب در ابتدا و انتهای فصل رشد (mm)، P بارندگی (mm)، I مقدار آب آبیاری (mm) و D_p آب زهکشی شده می‌باشد. از آنجا که مقدار آب آبیاری فقط به‌اندازه رساندن رطوبت خاک تا رطوبت ظرفیت مزرعه مورد استفاده قرار گرفته است، بنابراین از مقدار آب زهکشی شده صرف‌نظر گردیده است. داده‌های آزمایش شامل عملکرد تر، عملکرد خشک و ارتفاع بوته با استفاده از نرم‌افزار MSTATC مورد تجزیه قرار گرفت و میانگین‌های تیمارها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس میانگین عملکرد تر، خشک و ارتفاع ذرت علوفه‌ای در جدول ۴ نشان داده شده است. براساس داده‌های جدول تیمار آبیاری و تیمار روش آبیاری بر عملکرد تر، خشک و ارتفاع بوته معنی‌دار می‌باشد.

مقایسه میانگین‌های عملکرد دو سال در جدول ۵ نشان داده شده است. با اعمال آبیاری یک در میان به‌واسطه اعمال تنش، کاهش عملکرد محصول اتفاق افتاده است. مثلاً در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و آبیاری یک در میان ثابت تا ۲۰ درصد کاهش عملکرد اتفاق افتاده است. باکر و همکاران (۸) و سپاسخواه و قاسمی (۲۳) نیز گزارش نمودند که مقدار کم آب در آبیاری یک در میان (ثابت و متغیر) نسبت به آبیاری کامل شیارها به واسطه تنش، عملکرد را کاهش می‌دهد. زونگ سو و همکاران (۳۱) کاهش عملکردی را به‌واسطه اعمال آبیاری یک در میان گزارش نکردند. ماکزیمم عملکرد تر مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و آبیاری کامل جویچه‌ها با ۷۳۸۰۸ کیلوگرم و کمترین مقدار عملکرد مربوط به تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی و

آبیاری یک در میان ثابت جویچه‌ها با مقدار ۴۶۴۰۴ کیلوگرم بوده است. بنابراین کمترین عملکرد مربوط به آبیاری یک در میان ثابت شیارها بوده است.شوزهانگ و همکاران (۲۵) نیز بیان نمودند که آبیاری یک در میان متغیر، عملکرد بیشتری نسبت به آبیاری یک در میان ثابت داشته است. رفیعی و شاه‌کرمی (۲۲) کمترین مقدار عملکرد را مربوط به تیمار آبیاری یک در میان متغیر بیان نمودند. براساس داده‌های جدول مزبور مقدار آب آبیاری در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و آبیاری یک در میان متناوب ۳۳۰ میلی‌متر و در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی و آبیاری کامل ۳۸۳ میلی‌متر می‌باشد. عملکرد این دو تیمار از نظر آماری در یک گروه قرار دارند. یعنی با کاهش ۱۴ درصدی آب آبیاری از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در عملکرد مشاهده نشده است. هم‌چنین در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و آبیاری یک در میان متناوب با کاهش ۳۱ درصدی عمق آب نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و آبیاری کامل تنها ۱۳ درصد کاهش عملکرد مشاهده شده است. بنابراین در تیمارهای یک در میان بین ۳۳-۲۶ درصد کاهش مصرف آب مشاهده گردیده است.

نتایج مشابهی توسط سپاسخواه (۵) ارائه گردیده است. پاندیان و همکاران (۲۱) کاهش ۴۶-۴۳ درصد مصرف آب با اعمال آبیاری یک در میان را گزارش نمودند. مطابق جدول ۵ اختلاف معنی‌داری بین تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و آبیاری یک در میان متناوب با تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی و آبیاری کامل جویچه‌ها و بین تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و آبیاری یک در میان ثابت جویچه‌ها با ۸۰ درصد نیاز آبی و آبیاری یک در میان متناوب و هم‌چنین بین ۸۰ درصد نیاز آبی و آبیاری یک در میان ثابت و ۶۰ درصد نیاز آبی با آبیاری یک در میان متناوب وجود ندارد. با توجه به داده‌های جدول مزبور می‌توان تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی با آبیاری متناوب را به‌عنوان تیمار مناسب در منطقه پیشنهاد نمود. که نسبت به تیمار شاهد کاهش ۳۱ درصدی مصرف آب را نشان می‌دهد. ماکزیمم مقدار راندمان مصرف آب (جدول۵) مربوط به تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی و آبیاری یک در میان متناوب جویچه‌ها و کمترین مقدار کارآیی مصرف آب مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و آبیاری کامل جویچه‌ها بوده است. رفیعی و شاه‌کرمی (۲۲)، سپاسخواه و خواجه‌عبدالهی (۲۴) و سپاسخواه و قاسمی (۲۳) نیز نتایج مشابهی را ارائه دادند. هم‌چنین براساس نتایج راندمان مصرف آب در تیمارهای با آبیاری متناوب جویچه‌ها بیشتر از آبیاری ثابت جویچه‌ها می‌باشد. این نتایج توسط شینی دشتگل و همکاران (۶) نیز گزارش شده است که افزایش ۱۳/۹ درصدی کارآیی مصرف آب در آبیاری متناوب نسبت به آبیاری ثابت جویچه‌ها مشاهده شده است.

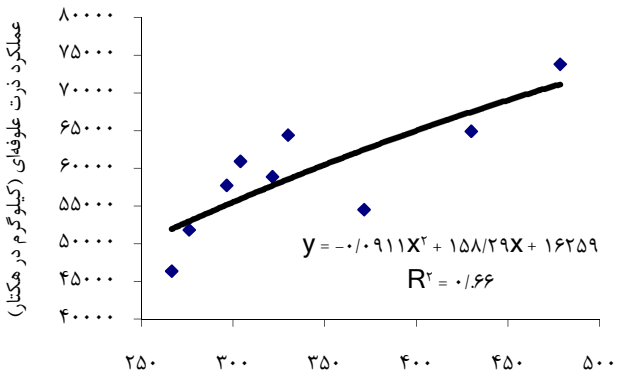
براساس نتایج به‌دست آمده تابع تولید ذرت که بیانگر چگونگی ارتباط بین آب مصرفی ذرت و تولید متناظر با آن می‌باشد، مطابق شکل ۱ استخراج گردید. تابع به‌دست آمده از نوع درجه دوم می‌باشد. براساس شکل مزبور با افزایش مصرف آب، عملکرد به‌صورت غیرخطی افزایش می‌یابد. کیپ کوریر و همکاران (۱۹) و اورگاز و همکاران (۲۰) نیز رابطه غیرخطی بین آب آبیاری و عملکرد محصول را بیان نمودند.

در شکل ۲ تغییرات مقدار محصول نسبت به تبخیر- تعرق رسم شده است. براساس شکل مزبور مشاهده گردیده است که تابع تولید نسبت به تبخیر- تعرق خطی می‌باشد. به‌عبارت دیگر هر کاهشی در تبخیر- تعرق باعث کاهش عملکرد شده است. ایرماک و همکاران (۱۴)، هاول و همکاران (۱۲) و یازار و همکاران (۲۹) ارتباط خطی بین میزان آب مصرفی و عملکرد ذرت را گزارش نموده است.

در شکل ۳ مقدار محصول و تبخیر -تعرق کرت آزمایشی که بیشترین مقدار عملکرد را تولید نمود به‌عنوان حداکثر عملکرد (Y_m) و تبخیر- تعرق حداکثر (ET_m) به‌ترتیب برابر ۷۳۸۰۸ کیلوگرم در هکتار و ۶۳۹ میلی‌متر تعیین و ضریب K_y برابر ۰/۷۹۹ حاصل شد. کانبر و همکاران (۱۵) مقدار آن را ۰/۹۸، یلدرم و همکاران (۳۰) مقدار ۰/۹۷، یازار و همکاران (۲۹) مقدار ۰/۸۸ و کرم و همکاران (۱۸) مقدار ۰/۸۱ را برای ذرت ارائه دادند.

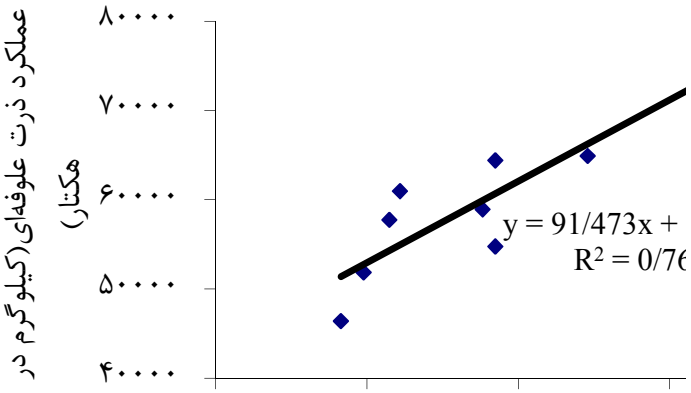
جدول۵. مقایسه میانگین دو ساله (۱۳۸۳-۱۳۸۲) وزن تر، خشک و ارتفاع ذرت علوفه‌ای با استفاده از آزمون دانکن

تیمار آبیاری (٪)	روش آبیاری جویچه‌ای	عملکرد تر (kg/ha)	عملکرد خشک (kg/ha)	ارتفاع (m)	میانگین عمق آب اعمال‌شد (mm)ه	ET (mm)	راندمان مصرف آب (kg/m^3)	کاهش عملکرد (٪)	کاهش عمق آب (٪)
	کامل	^{a}۷۳۸۰۸	^{a}۳۰۹۹۴	^{a}۲/۵۶	۴۸۰	۶۳۹	۱۱/۶	--	--
۱۰۰	متناوب	^{ab}۶۴۴۰۹	^{bc}۲۵۸۷۸	^{ab}۲/۴۲	۳۳۰	۴۷۳	۱۳/۶	۱۳	۳۱
	ثابت	^{b}۵۸۹۰۳	^{cd}۲۴۳۱۳	^{b}۲/۳	۳۲۱/۵	۴۶۱	۱۲/۸	۲۰	۳۳
	کامل	^{ab}۶۴۹۱۸	^{ab}۲۹۰۵۴	^{ab}۲/۴	۳۸۳	۵۴۶	۱۱/۹	--	--
۸۰	متناوب	^{b}۶۰۹۵	^{bc}۲۵۹۲۴	^{ab}۲/۴۴	۲۶۴	۴۱۰	۱۴/۸	۶	۲۹
	ثابت	^{b}۵۷۷۵۶	^{cd}۲۴۵۳۸	^{ab}۲/۴۷	۲۵۷	۴۰۰	۱۴/۴	۱۱	۳۱
	کامل	^{b}۵۴۵۴۴	^{cde}۲۳۳۳۹	^{ab}۲/۳۷	۲۸۷	۴۳۴	۱۲/۶	--	--
۶۰	متناوب	^{bc}۵۱۸۵۵	^{de}۲۱۴۰۰	^{ab}۲/۳۹	۱۹۸	۳۳۰	۱۵/۷	۵	۲۶
	ثابت	^{c}۴۶۴۰۳	^{e}۲۰۴۱۹	^{b}۲/۳۳	۱۹۳	۳۲۲	۱۴/۴	۱۵	۲۸

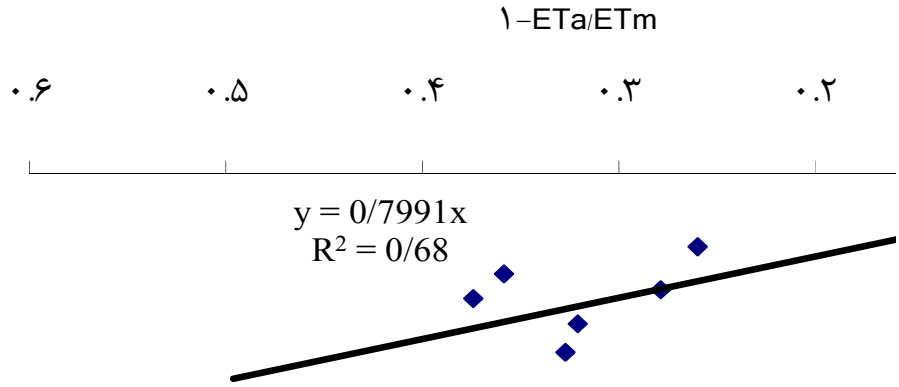


شکل۱. رابطه میزان مصرف آب و عملکرد ذرت علوفه‌ای

رابطه مقدار نسبی عملکرد محصول از معادله $\left(1-\frac{ETa}{ETm}\right)0.799=\left(1-\frac{Ya}{Ym}\right)$ به‌دست می‌آید که براساس معادله مربوط به اثر تنش آبی بر روی عملکرد محصول می‌باشد. با توجه به مقدار به‌دست آمده برای K_y مشخص گردید که به ازاء هر ۱۰ درصد کاهش تبخیر-تعرق واقعی نسبت به تبخیر-تعرق پتانسیل، تولید ذرت نسبت به تولید پتانسیل تقریباً ۸ درصد کاهش می‌یابد. بنابراین مشخص می‌گردد با کاهش سطح آبیاری و در قبال آن کاهش تبخیر-تعرق، کاهش عملکرد محصول بدیهی می‌باشد. به‌ترتیبی که در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی با آبیاری یک در میان ثابت با کاهش ۳۳ درصدی عمق آب ذخیره شده در خاک، کاهش ۲۰ درصدی عملکرد مشاهده شده است.



شکل۲. رابطه میزان تبخیر - تعرق و عملکرد ذرت علوفه‌ای



شکل۳.ضریب واکنش عملکرد ذرت علوفه ای به آبیاری(K_y)

نتیجه‌گیری

براساس نتایج حاصله مشخص گردید که تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و آبیاری کامل جویچه‌ها بیشترین عملکرد را داشته است. با اعمال تیمارهای یک در میان، کاهش مصرف آب مشاهده گردیده است. هم‌چنین این امر باعث شده است تا راندمان مصرف آب نیز افزایش یابد. کاهش مصرف آب به‌ازای تیمارهای یک در میان از ۲۶ تا ۳۳ درصد مشاهده گردیده است. این درحالی‌است که کاهش عملکرد محصول به‌ازای تیمارهای یک در میان بین ۲۰-۵ درصد بوده است. همچنین نتایج نشان داد که کاهش مصرف آب در تیمارهای یک در میان متغیر بیشتر از تیمارهای یک در میان ثابت بود. درحالی‌که کاهش عملکرد معنی‌دار نبوده است. کارآیی مصرف آب نیز به‌عنوان یکی از فاکتورهای مدیریتی مورد استفاده قرار گرفت و مشخص گردید که بیشترین کارآیی مصرف آب مربوط به تیمارهای آبیاری یک در میان متغیر بوده است. مقدار میانگین فاکتور عکس‌العمل (K_y) برای ذرت ، ۰/۷۹۹ به‌دست آمد. بنابراین مقادیر راندمان مصرف آب و K_y به‌دست آمده برای ذرت را می‌توان جهت مدیریت آبیاری مزارع و برنامه‌ریزی تخصیص بهینه آب در مواقع محدودیت منابع آب مورد استفاده قرار داد.

منابع مورد استفاده

۱. اکبری. م. ۱۳۷۷. تاثیر کم آبیاری بر عملکرد چغندر قند. نهمین سمینار ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۱ تا ۲ آبان. تهران.

۲. حیدری، ن.، ا. اسلامی.، ع. قدمی فیروزآبادی.، ا. کانونی.، م. اسدی و م. خ. عبدالهی. ۱۳۸۵. کارآیی مصرف آب محصولات زراعی مناطق مختلف کشور. اولین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی ایران. ۱۲ تا ۱۴ اردی‌بهشت. دانشگاه شهید چمران اهواز.

۳. خرمیان. م. ۱۳۸۱. بررسی اثر کم آبیاری به روش جویچه‌ای یک در میان بر عملکرد ذرت دانه‌ای در شمال خوزستان. مجله تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. ۳ (۱۱): ۱۰۱-۹۱.

۴. خواجه عبدالهی، م. ح و ع. سپاسخواه. ۱۳۷۵. بررسی اقتصادی کم آبیاری جویچه‌ای یک در میان با دورهای مختلف برای ذرت. مجله آب و توسعه ۴(۱): ۶۰-۵۴.

۵. سپاسخواه. ع. ۱۳۷۵. کم آبیاری به روش جویچه‌ای یک در میان. هشتمین سمینار آبیاری و زهکشی. ۱ تا ۲ آبان. تهران.

٦. شینی دشتگل، ع.، س. جعفری.، ن. نبی‌عباسی و ع. ملکی. ۱۳۸۵. اثر آبیاری یک در میان روی خصوصیات کمی و کیفی نیشکر در مزارع جنوب اهواز. همایش ملی شبکه‌های آبیاری و زهکشی. ۱۲ تا ۱۴ اردی‌بهشت. دانشگاه شهید چمران اهواز.

۷. عباسی، ف.، ک. صادق‌زاده و ا. نجفی.۱۳۷۹. تاثیر کم آبیاری بر عملکرد و کارآیی مصرف آب ذرت. مجله تحقیقات فنی و مهندسی ۵(۱۸): ۳۷-۲۳.

8. Bakker, D. M., S. R. Raine and M. J. Robertson. 1995. A preliminary investigation of alternate furrow irrigation for sugar cane production. Conference Proc. Clean water-clean Environment-21st Century, Kansas City, Missouri, ASAE.
9. Crabtree, R. J., A. A. Yassin and I. Kargougou. 1985. Effects of alternate- furrow irrigation, water conservation on the yields of two soybeans cultivates. Agr. Water. Mang.10 (3): 253-264.
10. Doorenbos, J. and A. H. Kassam. 1979. Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33. FAO, Rome, Italy.
11. Fischbach, P. E. and B. R. Somerhalder. 1971. Efficiencies of an automated surface irrigation system with and without a run off re-use system. trans of the ASAE 14(4): 717- 719.
12. Howell, T. A., A. Yazar., A. D. Schneider., D. A. Dusek and K. S. Copeland. 1995. Yield and water use efficiency of corn in response to LEPA irrigation. Trans. ASAE 38: 1737-1747.
13. Huang, M., J. Calich and L. Zhong. 2004. Water-yield relationships and optimal water management for winter wheat in the loes plateau of china. Irrig. Sci. 23: 47-54.
14. Irmak, S., D. Haman and Z. Bastug. 2000. Determination of crop water stress index for irrigation timing and yield estimation of corn. Agron. J. 92: 1221-1227.
15. Kanber, R., A. Yazar and M. Eylen. 1990b. Water-yield relations of second crop corn grown after wheat under Cukurova conditions. Research Institute of Tarsus.Geenneral Publication.Tarsus- Turkey.
16. Kang, S. Z., P. Shi.,Y. H. Pan., Z. S. Liang., X.T. Hu and H. Zhang. 1998. soil water distribution, uniformity and water use efficiency under alternate furrow irrigation in arid areas. Irrig. Sci. 19(4): 181-190.
17. Kang, S., Z. Liang., P. Yinhua., S. Peize and Z. Jianhua. 2000. Alternative furrow irrigation for maize production in arid area. Agric. Water. Manag 45: 267-277.
18. Karam. E., j. Breidy, C. Stephan and J. Rauphel. 2003. Evapotraspiration yield and water use efficiency of drip irrigated corn in the Bkaa Valy of Lebanon. Agric. Water. Manag. 63: 125-137.
19. Kipkorir, K. K., D. Reas and B. Massawe.2002. Seasonal water production functions and yield response factors for maize and onion in perkerra, Kenya. Agric. Water. Manage. 56: 229-240.
20. Orgaz, F., L. Matters and E. Frères. 1992. Season length and cultivar determine the optimum evapotranspiration deficit in cotton. Agro J. 65: 464-467.
21. Pandian, B. J., P. Muthukrishman and S. Rajasekaran. 1992. Efficiency of different irrigation methods and regimes in sugarcane. Indian sugar. 42(4): 215-219.
22. Rafiee, M. and G. Shakarami. 2010. Water Use Efficiency of Corn as Affected by Every Other Furrow Irrigation and Planting Density. World Appl. Sci. J. 11(7): 826-829.

23. Sepaskhah, A. R. and M. Ghasemi. 2008. Every-other-furrow irrigation with different intervals for sorghum. Pak. J. Biol. Sci. 11(9): 1234-1239.
24. Sepaskhah, A. R and M. H. Khajehabdollahi. 2005. Alternate furrow irrigation with different irrigation intervals for maize (*Zea mays* L.). Plant Prod. Sci. 8(5): 592-600.
25. Shaozhong, K., l. Zongsuo, Y. Pan., P. Shi and S. Zhang. 2000. Alternate furrow irrigation for maize production in an arid area. Agri Water Manag. 45(3): 267-274.
26. Shayannejad, M. and A. Moharrery. 2009. Effect of every-other furrow irrigation on water use efficiency, starch and protein contents of potato. J. Agric. Sci. 1(2): 107-112.
27. Stewart, J. L., R. E. Danielson., R. J. Hanks., E. B. Jackson., R. M. Hagan., W. O. Pruitt., W., T. Frankilin and J. P. Rily. 1977. Optimizing crop production through control of water and salinity levels in the soil. Utah water Lab. PRWG151-1, Logan. USA.
28. Ston, J. F. and D. L. Nafziger. 1993. Water use and yields of cotton grown under wide-spaced furrow irrigation. Agric. Water. Manag. 24: 27- 38.
29. Yazar, A., T. A. Howell., D. A. Dusek and K. S. Copeland. 1999. Evaluation of crop water stress index for LEPA irrigated corn. Irrig. Sci. 18: 171-180.
30. Yildirm, O., S. Kodal., F. Selenay., Y. E. Yildrim and A. Ozturk. 1996. Corn grain yield response to adequate and deficit irrigation. Turk. J. Agri. 20: 283–28.
31. ZongSuo, L., K. ShaoZhong and S. PeiZe. 2000. Effect of alternate furrow irrigation on maize production, root density and water-saving benefit. Scientia Agricultura Sinica 33(6): 26-33.