

تعیین تابع تولید و ضریب حساسیت محصول به آب برای سه رقم پنبه در منطقه گرگان

احمد امامی - بیژن قهرمان* - کامران داوری - مجید هاشمی نیا - سکینه تمکلی^۱

تاریخ دریافت: ۸۶/۱۱/۲۸

تاریخ پذیرش: ۸۷/۴/۲۰

چکیده

کم آبیاری روشی برای افزایش بهره‌وری آب (WUE) است که اولین پیامد آن کاهش محصول در واحد سطح است. به منظور بررسی و تعیین توابع تولید سه رقم پنبه (ساحل، سای-اکرا و ۳۱۲-۸۱۸)، آزمایشی روی یک خاک لوم رسی سیلتی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی هاشم آبادگرگان اجرا شد. در این آزمایش ۶ تیمار آبیاری در سه تکرار به صورت طرح کرت‌های یکبار خرد شده به کار گرفته شد. از سیستم آبیاری بارانی تک شاخه‌ای استفاده شد به طوری که ۵۴ کرت (۳ رقم*۶ تیمار*۳ تکرار) در هر طرف خط لوله قرار داشت. به منظور برآورد کمبود رطوبت ناحیه ریشه، داده‌های آب وهوایی و ضریب گیاهی پنبه در طول فصل رشد مورد استفاده قرار گرفت. رابطه توان دوم بین عملکرد و آب داده شده و رابطه خطی برای عملکرد و تبخیر تعرق به صورت فصلی برای ارقام تحت مطالعه به دست آمدند. هم چنین با توجه به فرمول دورنبوس و کاسام، ضرایب حساسیت سه رقم ساحل، سای-اکرا و ۳۱۲-۸۱۸ به ترتیب ۱/۰۲، ۱ و ۱/۰۱ به دست آمد. از این مقادیر می‌توان در بهینه‌سازی آبیاری در شرایط محدودیت آب استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: تابع تولید، ضریب حساسیت محصول به آب، سیستم خطی، گرگان

مقدمه

خالص، نقش ندارند. استون و همکاران (۱۷)، ۲۰ تا ۵۰ درصد کاهش آب مصرفی را با اعمال کم آبیاری و به صورت یک در میان بدون اینکه بر عملکرد پنبه اثر معنی داری داشته باشد گزارش نمودند. کمبود آب هم چنین می‌تواند سبب کاهش دور آبیاری و یا افزایش صرفه اقتصادی شود. براساس تحقیق شیخ حسینی (۵) روی محصول جو، دور آبیاری ۷ روز بر ۱۴ روز برتری داشت. در دور آبیاری ۷ روزه، تیمار با مقدار آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه، اختلاف معنی داری با تیمار آبیاری کامل نداشت. همین طور در تحقیق جانباز (۲) روی محصول گندم گزارش شد که

کم آبیاری یک راهکار برای تولید بهینه محصول تحت شرایط کمبود آب است که اولین پیامد آن کاهش محصول در واحد سطح است (۳). هدف اساسی از به کارگیری فن کم آبیاری، افزایش راندمان کاربرد آب، چه از طریق کاهش میزان آب آبیاری در هر نوبت و یا حذف آبیاری‌هایی است که کمترین اثر را روی رشد گیاه داشته و یا در افزایش سود

۱- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشیار، استادیار و مربی و کارشناس آبیاری، گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

و تعیین ضریب تنش نیز پرداختند. دورنبوس و کاسام (۱۰) سعی نمودند برای تعیین توابع تولید محصول به ازاء آب مصرفی معادلاتی را ارائه کنند تا در عمل به سادگی بتوان از آنها استفاده کرد. اکثر چنین معادلاتی از نوع درجه دوم و یا درجه اول هستند. نشان داده شده است که اگر رابطه محصول با تبخیر- تعرق در نظر گرفته شود معمولاً این توابع خطی خواهند بود. اما اگر مقدار آب داده شده به زمین (مقدار آبیاری) ملاک قرار گیرد، تابع تولید غالباً به صورت غیر خطی خواهد بود. به عنوان مثال، وانجورا و همکاران (۱۸) به بررسی روابط آب مصرفی- عملکرد تحت سیستم قطره ای روی محصول پنبه پرداختند. روابط به دست آمده به صورت غیر خطی بودند. آنها همچنین اثر تنش آبی و کمبود آب را نیز بررسی کردند.

هدف این پژوهش تعیین تابع تولید (در شرایط مختلف پر آبیاری و کم آبیاری) و ضریب حساسیت محصول به آب برای سه رقم محلی پنبه (ساحل، سای- اکرا و ۳۱۲-۸۱۸) می باشد تا بتوان از آن در بهینه سازی آب مصرفی استفاده کرد. این تحقیق با استفاده از روش آبیاری بارانی تک شاخه ای (Line-Source)، که می تواند دامنه ی وسیعی از مقادیر آب را اعمال نماید، انجام گرفت و رابطه بین آب مصرفی و تبخیر-تعرق فصلی با عملکرد بررسی شد.

مواد و روش ها

این طرح در ایستگاه تحقیقات کشاورزی هاشم آباد گرگان وابسته به موسسه تحقیقات پنبه کشور در حدود ۱۱ کیلومتری شمال غربی گرگان اجرا شد. این محل در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۱۶ دقیقه شرقی واقع است. ارتفاع آن از سطح دریا حدود ۱۳/۳ متر و دارای اقلیم نیمه مرطوب معتدل می باشد. متوسط بارندگی سالانه در این منطقه طی یک دوره ۵۰

بیشترین صرفه اقتصادی در دور ۷ روز، مربوط به تیمار ۶۰ درصد تبخیر- تعرق و در دور ۱۴ روز مربوط به تیمار ۲۰ درصد تبخیر- تعرق است.

اعمال کم آبیاری به وسیله سیستم آبیاری بارانی تک شاخه ای، روی محصولات مختلف از جمله پنبه مورد بررسی قرار گرفته است. مطالعات سامیس و گیتار (۱۵) در نیومکزیکو با سیستم آبیاری بارانی خطی و مقادیر مختلف آب نشان داد که عملکرد محصول پنبه با میزان تبخیر- تعرق هماهنگ بوده و تولید پنبه دانه به ازاء واحد آب مصرفی در شرایط مختلف اقلیمی و سال های مختلف متفاوت است. بررسی حساسیت پنبه به غیریکنواختی و تغییر عمق آب آبیاری در کالیفرنیا توسط آیارز (۹) با استفاده از سیستم آبیاری بارانی خطی متحرک مورد بررسی قرار گرفت.

تاکنون تحقیقات قابل توجهی توسط محققین مختلف در جهت تخمین عملکرد گیاه به ازای آب مصرفی صورت گرفته است. رادین و همکاران (۱۴) گزارش کردند که با دو برابر کردن تعداد آبیاری در محدوده زمانی اوج گلدهی پنبه، عملکرد تا ۲۵ درصد افزایش یافت. نتایج مطالعات استگمن (۱۶) نشان داد که عملکرد ذرت هنگامی که آبیاری بین ۴۰ تا ۷۰ درصد تخلیه رطوبتی است، کاهش نمی یابد. کلارک و همکاران (۱۱) نتیجه گرفتند که عملکرد پنبه با کوتاهتر شدن دور آبیاری افزایش یافت.

بررسی منابع نشان می دهد که از سیستم آبیاری بارانی خطی تک شاخه ای (Line-Source) برای تعیین توابع تولید محصولات مختلف می توان استفاده کرد. برای مثال الجمال و همکاران (۷) تابع تولید پیاز و کیکیوریر و همکاران (۱۲) تابع تولید پیاز و ذرت را به دست آوردند. لیو و همکاران (۱۳) ضمن بررسی تبخیر-تعرق، آب مصرفی و عملکرد بر روی ذرت، به تحلیل توابع تولید و کارایی مصرف آب

گرفت. مطابق (شکل ۱)، تعداد کل کرت‌ها ۱۰۸ عدد بود. فشار آب در آبیاش‌ها ۳/۳ اتمسفر و متوسط دبی آنها ۰/۴۹ لیتر در ثانیه اندازه‌گیری شد. در کلیه تیمارهای از اعماق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ (۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰) سانتی‌متر قبل از هر آبیاری نمونه گرفته شد و رطوبت آن به روش وزنی تعیین گردید. تیمار I۱ به دلیل نزدیک بودن به آبیاش‌ها بیشترین مقدار آب و تیمار I۶ به دلیل دوری از آبیاش‌ها کمترین مقدار آب را دریافت می‌کرد. از ابتدای کشت پنبه برنامه آبیاری با توجه به میزان رطوبت خاک در زمان آبیاری مربوط به تیمار I۲ انجام می‌شد. بنابراین انتظار می‌رود که I۱ بیش از نیاز آبی، آب دریافت کرده است. مقدار کل آب دریافتی توسط هر ردیف کشت در طول دوره رشد با قرار دادن قوطی‌های جمع‌آوری آب اندازه‌گیری شد تا بر اساس آن عملکرد هر کدام از ردیف‌ها و کرت‌ها با توجه به مصرف آب در کل دوره رشد تعیین و مقایسه گردد. آبیاری‌ها به ترتیب در تاریخ‌های اول، پانزدهم و بیست‌ونهم مرداد انجام گرفت. با توجه به این که همه آبیاری‌ها در دوره تکامل گیاه صورت پذیرفت در نتیجه عمق ریشه در محاسبات ثابت در نظر گرفته شد. عملیات برداشت نهایی برای کلیه تیمارها و تکرارها در دو چین و به ترتیب در تاریخ‌های بیست‌ونهم شهریور و اول آبان انجام گرفت. با استفاده از اطلاعات جوی ایستگاه سینوپتیک هواشناسی وابسته به اداره کل هواشناسی گلستان و برنامه کامپیوتری REF-ET، تبخیر-تعرق گیاه مرجع به صورت روزانه به روش پنمن-مونیتث اصلاح شده (۸) محاسبه گردید. سپس برای کل دوره رشد مقادیر تبخیر-تعرق مرجع با هم جمع شدند.

آبیاری و تبخیر-تعرق

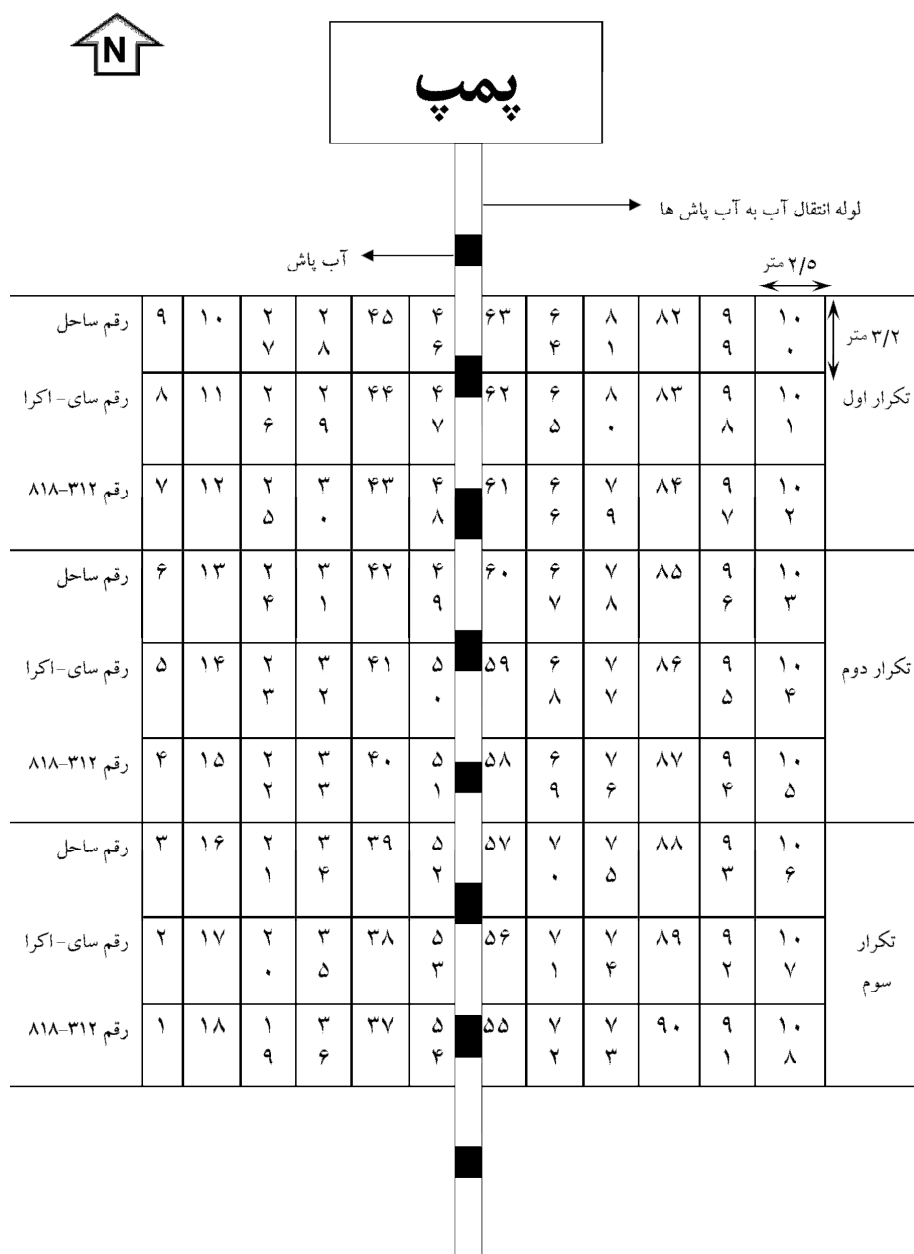
عمق آب کاربردی در هر یک از کرت‌ها (که شامل نفوذ عمقی نیز می‌شود) از مجموع عمق باران در طی فصل

ساله، ۶۰۳/۲ میلی‌متر گزارش شده است (۱). آب آبیاری از یک حلقه چاه عمیق و انتقال آن توسط ۲۳۰۲ متر کانال بتنی تأمین می‌شد (۱). بافت خاک، چگالی ظاهری و ظرفیت زراعی خاک به ترتیب با استفاده از روش هیدرومتری، استوانه فلزی و صفحات فشاری به دست آمدند. بر این اساس، منطقه تا عمق ۹۰ سانتی‌متر دارای خاک با بافت لوم رسی سیلتی و بدون مشکل شوری و قلیایی بودن می‌باشد. هدایت الکتریکی آب آبیاری $0/64 \text{ dS/m}$ ، اسیدیته آن ۷ و نسبت جذب سدیم $0/29$ است. آب آبیاری از نظر وجود عناصر سمی کلر، بُر و ... دارای غلظت مسموم کننده نبوده و هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک $0/62 \text{ dS/m}$ به دست آمد.

تحقیق حاضر شامل ۶ تیمار بود که به صورت I۱ تا I۶ نامگذاری شدند. طبق روش مذکور یک خط آبیاری بارانی تک شاخه‌ای در وسط قطعه آزمایشی در امتداد طولی مورد استفاده قرار گرفت. در این سیستم از ۹ عدد آبیاش دو نازله به قطر $\frac{3}{4}$ اینچ و پایه آبیاش با ارتفاع ۱/۲ متر استفاده گردید. برای خط آبیاری از لوله آلومینیومی به قطر ۷۵ میلی‌متر استفاده شد. طرح مورد استفاده به صورت کرت‌های یک‌بار خرده شده بود که در ۳ تکرار در هر طرف خط آبیاری انجام گردید. به جز عملیات آبیاری، سایر عملیات زراعی در مورد کلیه تیمارها به طور یکنواخت انجام شد. ابعاد قطعه آزمایشی که در آن هم‌پوشانی کامل پاشش آب صورت گرفت، با توجه به تعداد آبیاش (۹ عدد) $28/8 \times 30$ متر در نظر گرفته شد. بنابراین در محدوده هم‌پوشانی شده، تعداد ۳۶ عدد شیار برای کشت ایجاد گردید. برای هر رقم در هر تکرار ۴ شیار در نظر گرفته شد. برای هر کرت سطحی، ابعاد $2/5 \times 3/2$ متر (۲/۵ متر در جهت عمود بر خط آبیاری و ۳/۲ متر در امتداد خط آبیاری) در نظر گرفته شد. بر اساس این روش آبیاری، دو قطعه در دو طرف خط آبیاری قرار

نوبت آبیاری مجموع آب موجود در عمق ۶۰ سانتی متر خاک، (عمق توسعه ریشه) بیشتر از میزان عمق رطوبت خاک در ظرفیت نگهداری در این نیمرخ می گردید، مقدار مازاد آن به عنوان نفوذ عمقی در نظر گرفته می شد (رابطه ۱).

رشد و عمق ناشی از آبیاری بارانی در طول دوره کشت محاسبه گردید. عمق آب آبیاری برای هر نوبت آبیاری در قوطی ها از تقسیم حجم آب جمع شده در قوطی ها به سطح مقطع بالایی قوطی ها به دست آمد. در صورتی که در هر



(شکل ۱) - طرح مورد مطالعه (بدون مقیاس)

کارآئی مصرف آب: برای محاسبه کارآئی مصرف آب از معادله پیشنهادی فائو (خیرایی و همکاران، (۳)) استفاده شد:

$$WUE = \frac{Y}{ET} \times 100 \quad (۳)$$

که در آن: WUE راندمان مصرف آب به کیلوگرم بر متر مکعب آب مصرفی، Y عملکرد برحسب تن بر هکتار و ET تبخیر و تعرق گیاه به میلی متر می باشد.

نتایج و بحث

آبیاری و تبخیر- تعرق

نتایج مربوط به آب داده شده و تبخیر- تعرق واقعی (ET_a) برای هر سه رقم به ترتیب در (جدول ۱ و ۲) ارائه شده است. این مقادیر برابر میانگین سه مقدار آبیاری در سه تکرار می باشد که به تفکیک سه رقم، آمده است. همان طور که در (جدول ۱) مشاهده می شود، در تیمار اول (پر آبیاری) و تیمار دوم (آبیاری کامل) و تیمار سوم تا ششم با کاهش آب، کم آبیاری اعمال شده است. تیمار I۱ با میانگین بیشترین آب برابر ۳۳۳/۳۳ میلی متر و تیمار I۶ با فاصله گرفتن از خط آبیاری کمترین آب برابر ۱۲۱/۶۷ میلی متر را به خود اختصاص داده است. در کل بین تیمارهای آبیاری همان طور که در (جدول ۳) مشاهده می شود، اختلاف معنی داری در دو سطح ۱ درصد و ۵ درصد وجود دارد. سپس نفوذ عمقی در طول فصل کشت در تیمارها محاسبه و لحاظ گردید. آن گاه مقادیر ET_a فصلی (جدول ۲) در تیمارهای آبیاری و به تفکیک رقم محاسبه شد.

به طور کلی تلفات ناشی از نفوذ عمقی در تیمارهای اول تا سوم وجود داشته و در تیمارهای چهارم تا ششم مقدار آن به صفر رسید.

$$(d_p)_i = d_i - (FC - \theta_i) \times \rho_a \times d_x \quad (۱)$$

که در آن d_i عمق آب کاربردی هر نوبت آبیاری در هر کرت، FC درصد رطوبت وزنی در نقطه ظرفیت نگهداری، θ_i درصد رطوبت وزنی در قبل از هر نوبت آبیاری، ρ_a چگالی ظاهری خاک در نیمرخ مورد نظر و d_x عمق خاک در نیمرخ مورد نظر (۶۰ سانتی متر) است. در صورتی که d_p عددی مثبت باشد، بیانگر وجود نفوذ عمقی است، ولی چنانچه $(d_p)_i$ کوچکتر یا مساوی صفر گردد، از نفوذ عمقی صرف نظر می گردد. به دلیل آن که سرعت وزش باد در زمان آبیاری ها ناچیز بود الگوی پاشش آب در دو طرف خط آبیاری متقارن در نظر گرفته شد، لذا در تمامی موارد میانگین آب و عملکرد در دو طرف خط آبیاری مدنظر قرار گرفت. در ادامه تبخیر- تعرق واقعی با استفاده از بیلان رطوبت خاک از مدل SWAP که اختیار انتخاب توابع تجربی تبخیر

ضریب حساسیت محصول به آب (K_y): سازمان خواروبار جهانی (FAO) در نشریه شماره ۳۳ ضریبی به نام ضریب تنش (K_y) به صورت بی بعد زیر ارائه نموده است. با استفاده از این فرمول می توان ضریب حساسیت محصول به آب در طول فصل رشد را به دست آورد. همچنین تبخیر- تعرق در تیماری که تحت تنش رطوبتی نبوده، برابر تبخیر- تعرق پتانسیل فرض شد.

$$K_y = \left[1 - \frac{Y_a}{Y_m} \right] \left[1 - \frac{ET_a}{ET_m} \right]^{-1} \quad (۲)$$

که در آن Y_a عملکرد واقعی هر کرت (kg/ha)، ET_a تبخیر- تعرق واقعی در هر کرت (mm)، Y_m عملکرد پتانسیل و ET_m تبخیر- تعرق پتانسیل (mm) می باشد.

(جدول ۱) - مقادیر میانگین آب داده شده (میلی‌متر)^۱ برای تیمارهای آزمایشی.

رقم	تیمارها					
	I۱	I۲	I۳	I۴	I۵	I۶
ساحل	۳۲۵/۶۷	۲۹۱/۳۳	۲۴۷/۶۷	۲۱۱/۳۳	۱۶۰	۱۲۱
سای-اکرا	۳۲۶	۲۸۲	۲۴۷/۳۳	۲۱۱/۶۷	۱۶۵	۱۲۱/۶۷
۸۱۸-۳۱۲	۳۳۳/۳۳	۲۹۶	۲۵۳/۶۷	۲۱۵	۱۶۳	۱۲۱

مقدار آب داده شده شامل بارندگی فصلی (۱۱۰ میلی‌متر) و آب آبیاری می باشد.

(جدول ۲) - مقادیر میانگین تبخیر- تعرق واقعی (میلی‌متر) برای تیمارهای آزمایشی.

رقم	تیمارها					
	I۱	I۲	I۳	I۴	I۵	I۶
ساحل	۲۷۲/۶۷	۲۷۶	۲۴۰	۲۱۱/۳۳	۱۶۰	۱۲۱
سای-اکرا	۲۷۴/۳۳	۲۷۶/۳۳	۲۴۷/۳۳	۲۱۱/۶۷	۱۶۵	۱۲۱/۶۷
۸۱۸-۳۱۲	۲۸۰	۲۸۱/۳۳	۲۴۷	۲۱۵	۱۶۳	۱۲۱

(جدول ۳) - اطلاعات آماری مربوط به مقدار آب داده شده

منبع تغییرات	Df	SS	MS	F
کل	۵۳	-	-	
تیمار t	۵	۲۷۲۲۵۵	۵۴۴۵۱/۰۵	۲۰۶۸ >>
اشتباه e	۴۸	۱۲۶۳/۳۳	۲۶/۳۱۹	

$$F_{(5,48)} = 2/418 = 5\%$$

$$F_{(5,48)} = 3/442 = 1\%$$

عملکرد

۸۴۵/۶ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. در بین سه رقم، رقم سای-اکرا بیشترین عملکرد و رقم ساحل، کمترین عملکرد را به خود اختصاص داد. تیمار I۲ با ۲۰۶۶/۲ کیلوگرم در هکتار بیشترین و تیمار I۶ با ۸۲۶/۵ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد را دارا بود. همانطور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود بین تیمارها از نظر آماری اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد وجود داشت. همچنین در یک رقم نیز بین تیمارها اختلاف معنی داری به چشم می‌خورد ولی بین ارقام مختلف اختلافی وجود نداشت. هزار جریبی (۶) و وانجورا و همکاران (۱۸) طی تحقیقی روی پنبه روندی مشابه را مشاهده نمودند. وانجورا و همکاران (۱۸) بیشترین و کمترین عملکرد را در واحد سطح توسط سیستم آبیاری قطره‌ای به ترتیب ۸۵۵ و ۱۶۳۰ کیلوگرم در هکتار گزارش کردند.

(جدول ۲) مقادیر مجموع عملکرد را در دو چین در تیمارهای آبیاری و به تفکیک ارقام نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود عملکرد از تیمار I۱ به I۲ افزایش و از تیمار I۳ تا I۶ با کاهش مقدار آب کاهش نشان می‌دهد. نتایج بیانگر آن است که با فاصله گرفتن از لوله، مقدار آب پاشیده شده کاهش یافته عملکرد نیز به پیروی از آن کاهش می‌یابد. چون تیمار اول نزدیک به خط آبیاری قرار داشت، آبیاری بیش از حد باعث رشد علفی گیاه گردید و ریزش بیشتر غوزه‌ها را در پی داشت که باعث کاهش نسبی عملکرد گردید مطابق این جدول، میانگین بیشترین عملکرد (تیمار I۲) برای سه رقم ساحل، سای-اکرا و ۸۱۸-۳۱۲ به ترتیب ۱۹۶۱/۶، ۲۱۲۳/۶ و ۲۱۱۳/۳ کیلوگرم در هکتار و میانگین کمترین عملکرد (تیمار I۶) به ترتیب ۸۰۴، ۸۳۰ و

(جدول ۴) - مقادیر عملکرد (کیلوگرم در هکتار) برای تیمارهای آزمایشی.

رقم	تکرار	تیمار					
		I۱	I۲	I۳	I۴	I۵	I۶
ساحل	۱	۱۹۴۵	۲۰۳۰	۱۷۹۷	۱۵۱۲	۱۱۷۰	۸۷۲
	۲	۱۹۰۴	۱۹۲۹	۱۸۴۲	۱۵۴۹	۱۲۰۴	۶۷۰
	۳	۱۹۰۰	۱۹۲۶	۱۷۹۷	۱۵۱۴	۱۲۷۰	۸۷۰
سای-اکرا	۱	۱۸۴۵	۲۱۷۰	۱۹۳۸	۱۷۷۳	۱۲۹۵	۹۱۹
	۲	۱۹۵۹	۲۱۰۷	۱۸۰۱	۱۷۴۵	۱۲۸۰	۶۷۸
	۳	۱۹۰۳	۲۰۹۴	۱۹۱۰	۱۶۹۸	۱۵۶۰	۸۹۳
۸۱۸-۳۱۲	۱	۱۹۸۳	۲۰۹۷	۱۸۶۱	۱۶۳۸	۱۴۱۵	۹۲۶
	۲	۱۹۱۰	۲۲۰۹	۱۸۸۰	۱۷۱۱	۱۴۰۱	۸۲۷
	۳	۱۹۹۴	۲۰۳۴	۱۸۱۸	۱۶۴۷	۱۴۴۲	۷۸۴

(جدول ۵) - اطلاعات آماری مربوط عملکرد (بین تیمارها).

منبع تغییرات	Df	SS	MS	F
کل	۵۳	-	-	
تیمار t	۵	۹۴۹۹۸۰۳/۳	۱۸۹۹۹۶۰/۶	۲۳۲ >>
اشتباه e	۴۸	۳۹۲۷۰۶	۸۱۸۱/۳۷۵	

$F_{\%5}(5,48)=2/418$
 $F_{\%1}(5,48)=3/442$

(جدول ۶) - اطلاعات آماری مربوط به عملکرد (بین تیمارها در رقم ساحل).

منبع تغییرات	Df	SS	MS	F
کل	۱۷	-	-	
تیمار t	۵	۳۱۲۳۵۰۹	۶۲۴۷۰۱/۸	۱۷۶ >>
اشتباه e	۱۲	۴۲۵۷۲	۳۵۴۷/۶۶۷	

$F_{\%5}(5,12)=3/11$
 $F_{\%1}(5,12)=5/06$

تابع تولید

برای رقم ساحل در شکل ۲-الف نشان داده شده است. در همه ارقام مانند رقم ساحل، رابطه کلی روند افزایشی از تیمار I۶ تا I۴ با شیب زیاد، از I۴ تا I۲ با شیب کم و روند کاهشی با شیب بسیار کم از تیمار I۲ به تیمار I۱ مشاهده می‌شد. بنابراین می‌توان گفت که در شرایط کمبود آب می‌توان با درصد مشخصی از کاهش آب، کاهش عملکرد کمتری را به وجود آورد. کاهش کم شیب از I۲ به I۱ نیز می‌تواند به دلیل اثرات زیاد نفوذ عمقی و افزایش ریزش

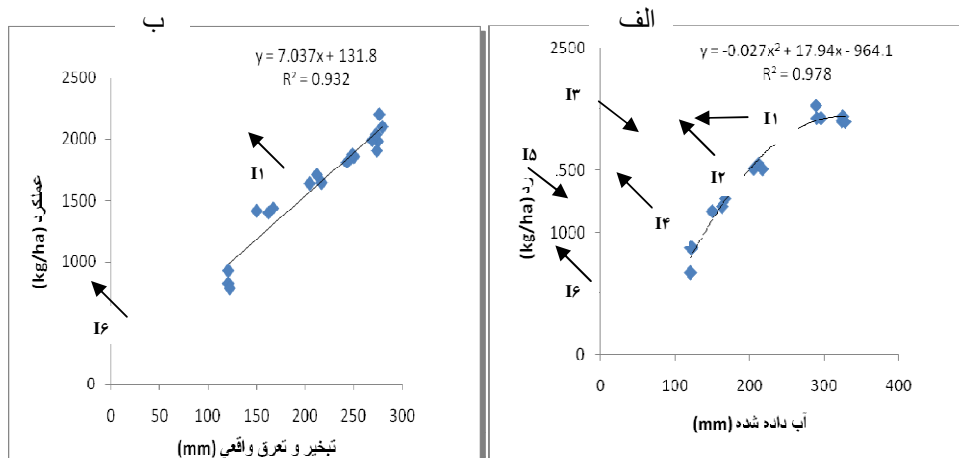
بین نقاط مربوط به آب داده شده با عملکرد و همچنین ET با عملکرد برای تیمارهای آبیاری و به تفکیک هر رقم توسط نرم افزار EXCEL رابطه‌ای برآزش داده شد و ضرایب رگرسیونی معادلات به دست آمد (جدول ۷). توابع تولید آب-محصول و ET-محصول به ترتیب از نوع درجه دوم و خطی به دست آمدند که از ضریب همبستگی بالایی برخوردار بودند. برای نمونه تابع تولید درجه دوم

ارقام مانند رقم ساحل برای تیمارهای مختلف بسیار کم بود، به خصوص در تیمار اول و دوم نقاط بسیار نزدیک به هم بوده به طوری که نقاط این تیمارها درهم ادغام شدند (شکل ۲-ب). این مطلب حاکی از آن است که بعد از اعمال نفوذ عمقی در تیمار اول تا ششم، تیمار اول به دلیل داشتن نفوذ عمقی بیشتر، مقادیری نزدیک (ویا کمتر) به ET تیمار دوم حاصل نموده است.

غوزه و کاهش رشد در اثر آبیاری زیاد باشد. لیو و همکاران (۱۳)، کیپکوریر و همکاران (۱۲) نیز به ترتیب روی ذرت، پنبه و پیاز نتایج مشابهی را گزارش کردند. در شکل ۲-ب نیز رابطه تبخیر-تعرق فصلی و عملکرد برای رقم ساحل نشان داده شده است. توابع خطی در همه ارقام از تیمار I۶ تا I۱ روند صعودی را دنبال می کنند و نقاط برازش داده شده دارای همبستگی بالائی می باشند. پراکندگی نقاط در تمامی

(جدول ۷) - توابع تولید ارقام پنبه (W مقدار آب داده شده، ET تبخیر-تعرق واقعی و Y میزان عملکرد است).

$Y = a + b_1 \times W^2 + b_2 \times W$				$Y = a + b \times ET$			رقم
R^2	b_2	b_1	a	R^2	b	a	
۰/۹۷	۱۷/۹۴	-۰/۰۲۷	-۹۶۴/۱	۰/۹۳	۷/۰۳۷	۱۳۱/۸	ساحل
۰/۹۵	۲۵/۱۸	-۰/۰۴۴	-۱۵۸۸/۸	۰/۹۰	۷/۲۱	۸۴/۹۹	سای-اکرا
۰/۹۵	۱۹/۶۲۶	-۰/۰۳۱۶	-۱۰۳۱/۱	۰/۹۳	۶/۷۸۶	۱۵۷/۲۸	۸۱۸-۳۱۲
۰/۹۴	۲۰/۹۰۸	-۰/۰۳۴۴	-۱۱۹۴/۲	۰/۹۲	۷/۰۵۹	۷۹/۳۷	رابطه کلی

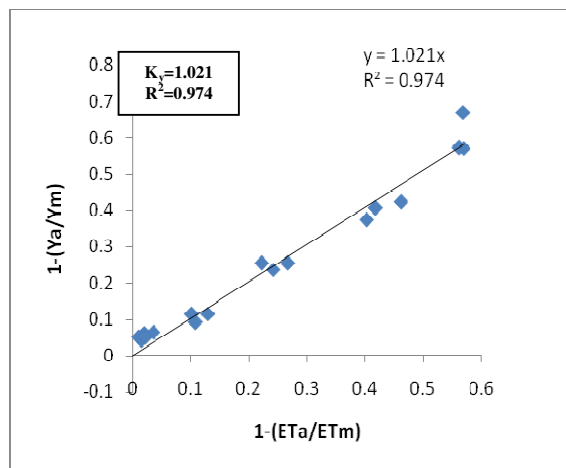


(شکل ۲) - (الف) رابطه عملکرد با آب داده شده، (ب) تبخیر-تعرق واقعی برای رقم ساحل.

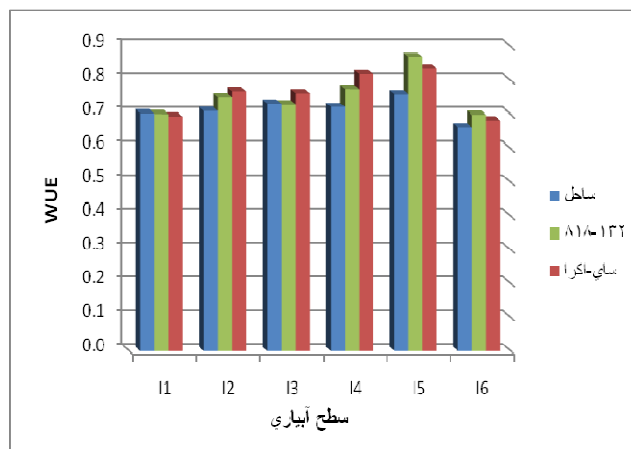
را به ترتیب به رقم ساحل و سای-اکرا دارا بودند. شکل ۳ رابطه‌ی خط رگرسیون برای ضریب حساسیت رقم ساحل را نشان می دهد. در این رابطه سامیس و همکاران (۱۶) نیز روی پنبه به نتایج مشابهی دست یافتند. افزون بر این نتایج به دست

با توجه به رابطه (۲) ضریب حساسیت محصول به آب (K_p) برای هر رقم به دست آمد. ضریب تنش برای سه رقم ساحل، سای-اکرا و ۸۱۸-۳۱۲ به ترتیب ۱/۰۲۱، ۰/۹۶۱۸ و ۱/۰۹۲ می باشد که بیشترین حساسیت و کمترین حساسیت

آمده توسط الجمال و همکاران (۷) روی محصول پیاز نیز با یافته‌های ما تشابه داشت.



(شکل ۳) - مقادیر ضریب حساسیت فصلی رقم ساحل.



(شکل ۴) - تغییرات متوسط کارایی مصرف آب سه رقم پنبه در سطوح مختلف آبیاری.

دست آمدند. دلیل متفاوت بودن نوع توابع تلفات نفوذ عمقی می‌باشد. به عبارت دیگر با افزایش مقدار آب داده شده، نفوذ عمقی زیاد شده است. در تیمار اول، علی‌رغم آبیاری زیاد، کاهش محصول مشاهده می‌شد. با توجه به مشاهدات میدانی، می‌توان نتیجه گرفت که آبیاری بیش از حد باعث رشد علفی گیاه و ریزش بیشتر غوزه‌ها می‌گردد. هم چنین احتمال دارد به علت نفوذ عمقی زیاد مواد غذایی از منطقه توسعه ریشه شستشو شده و در نهایت باعث کاهش

برای محاسبه کارایی مصرف آب از معادله خیرابی و همکاران (۱۳۷۵) استفاده شد. همان‌طور که در (شکل ۴) مشاهده می‌شود برای هر سه رقم پنبه سطح آبیاری I5 پربازده‌ترین سطح آبیاری می‌باشد.

نتیجه

در این تحقیق از سیستم آبیاری بارانی خطی تک شاخه‌ای استفاده شد و توابع تولید خطی بر اساس مقدار تبخیر-تعرق، و منحنی بر اساس مقدار آب داده شده به

محصول شده باشد. ضریب حساسیت سه رقم ساحل، سای-اکرا و ۳۱۲-۸۱۸ به ترتیب ۱/۰۲، ۰/۹۶۱ و ۱/۰۰۹ به دست آمد. لازم به ذکر است که ضریب حساسیت پنبه مندرج در شماره ۳۳ FAO برابر با ۰/۸۵ گزارش گردیده است (۱۰). تفاوت چشم گیر اعداد به دست آمده با مقدار توصیه شده توسط FAO در واقع هشدار است برای عدم کاربرد این مقادیر به عنوان مقادیر استاندارد، که متأسفانه در مطالعات کاربردی شدیداً رواج دارد. بررسی WUE نشان دهنده

حداکثر بهره‌وری در تیمار ۱۵ می باشد. در واقع گرچه حداکثر تولید در هکتار با آبیاری معادل ۲۹۰ میلی‌متر در فصل رشد به وقوع می‌پیوندد، اما حداکثر تولید به ازای متر مکعب آب با آبیاری ۱۶۲/۶ میلی‌متر در فصل رشد بدست آمد. بنابراین، در صورت وجود زمین کافی بهتر است برای به حداکثر رساندن سود اقتصادی روش کم آبیاری اعمال گردد. گرچه محاسبه دقیق سود اقتصادی نیازمند ملاحظه کلیه هزینه‌ها (اعم از کاشت، داشت، ...) می‌باشد.

منابع

- ۱- امامی، ا. ۱۳۸۳. مطالعه اثر کمبود آب بر عملکرد، اجزاء عملکرد و تعیین توابع تولید ارقام پنبه و ارزیابی مدل آگروهیدرولوژیکی SWAP2.0.7 در برآورد عملکرد و شبیه سازی نیمرخ رطوبتی در منطقه گرگان. پایان نامه کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد، ۲۳۰ صفحه.
- ۲- جانباز، ح. ۱۳۷۵. مطالعه اثر تنش آبی و دور آبیاری بر عملکرد محصول گندم در منطقه کرج. پایان نامه کارشناسی ارشد گروه آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران، ۱۱۵ صفحه.
- ۳- خیرابی، ج. ع. ر. توکلی، م. ر. انتصاری و ع. ر. سلامت. ۱۳۷۵. دستور العمل‌های کم آبیاری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، گروه کار نیاز آبی گیاهان و مدیریت محصولات زراعی، ۲۱۸ صفحه.
- ۴- سهرابی، ب و ج. رضائی. ۱۳۸۰. بررسی کم آبیاری به روش بارانی بر روی خواص کمی و کیفی پنبه. گزارش نهائی طرح، موسسه تحقیقات پنبه کشور، گرگان. ۲۵ صفحه.
- ۵- شیخ حسینی، م. ۱۳۷۵. اثرات تنش آبی و دور آبیاری بر عملکرد محصول جو در کرج. پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران. ۱۲۶ صفحه.
- ۶- هزار جریبی، ا. ۱۳۷۶. تاثیر تنش آبی بر عملکرد و اجزاء عملکرد ماش. پایان نامه کارشناسی ارشد گروه آبیاری دانشگاه تربیت مدرس. ۹۰ صفحه.

- 7- AL-Jamal, M.S., T.W. Sammis, S. Ball and D. Smeal, 2000. Computing the crop water production function for onion. *Agric. Water Manage.*, 46:29-41.
- 8- Allen, R.G., L.S Pereira, D. Raes and M. Smith, 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirement. *FAO Irrigation and Drainage paper No 56*, 301p.
- 9- Ayars, J.E., 1991. Cotton response to nonuniform and varying depths of irrigation. *Agric. Water Manage.*, 19(2):151-166.
- 10- Doorenbos, J. and A.H. Kassam, 1979. Yield response to water. *FAO Irrigation and Drainage Paper NO 33*, 193p.
- 11- Clark, L.J., E.W. Carpenter and D.C. Slack, 1992. The use of Azsched to schedule irrigations for cotton. In: Herber, D.J. (ed). 1992 Proc. Beltwide Cotton Conf., 6-10 Jan.
- 12- 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.

- 13- Liu, W.Z., D.J. Hansaker, Y.S. Li, X.Q. Xie and G.W. Wall, 2002. Interrelations of yield, evapotranspiration, and water use efficiency from marginal analysis of water production functions. *Agric. Water Manage.*, 56:143-151.
- 14- Radin, J.W., L.L. Reaves, J.R. Mauney and O.F. French, 1992. Yield enhancement in cotton by frequent irrigation during fruiting. *Agron. J.*, 84:551-557.
- 15- Sammis, T. and J. Guitar, 1981. Effects of decerted watering on crop yield. Available From the National Technical Information Service. Spring field. Wrrri Report. No 36.
- 16- Stegman, E.C., 1983. Irrigation scheduling: Applied timing criteria. In D. Hillel (ed). *Advances in Irrigation*. Vol 2. Academic Press, New york.
- 17- Stone, J.F., H.E. Reaves and J.E. Garton, 1982. Irrigation water conservation using wide- spaced furrows. *Soil. Sci.Soc. Am. J.*, 43:402- 411.
- 18- Wanjura, D.F., D.R. Upcharch, J.R. Mahan and J.J. Burke, 2002. Cotton yield and applied water relationships under drip irrigation. *Agric. Water Manage.*, 55:217-237.

Determination of water production functions and yield response factor for three cotton cultivars in Gorgan area

A.Emami – B.Ghahreman*-K.Davary – M.Hasheminia – S.Tamassoki¹

Abstract

Deficit irrigation is a method to promote water use efficiency (WUE) in a farm under water shortage conditions, however, the consequences is that yield per area decreases. To determine production functions for three cotton cultivars, an experiment was conducted during 1381 growing season on a silty clay loam soil in HashemAbad Agricultural Research Station in Gorgan. This study was performed using a split-plot design with 3 replications on three cotton cultivars. A line-source sprinkler irrigation system was used with 54 plots in each side of the line (3cultivars* 6treatments* 3replications). To estimate root zone water deficit, climatic data and cotton crop coefficients during the growing season were used. For each cultivar second order equations were derived to relate yield and applied water. However, linear relationships were established to relate yield and evapotranspiration. In addition, based on Doorenbos and Kassam formula yield response factors were found to be 1.02, 0.96 and 1.01 for Sahel, Say Ocra, and 818-312 cultivars, respectively. Such yield response factors can be used to optimize irrigation planning under water shortage conditions.

Key words: water production function, yield response factor, line source irrigation, Gorgan

* - Corresponding author Email: bijangh@ferdowsi.um.ac.ir

1 - Contribution from College of Agriculture, ferdowsi University of Mashhad