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 تمکسلی[1]

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 وتعیین توابع تولید سه رقم پنبه (ساحل، سای–اکرا و۳۱۲–۸۱۸)، آزمایشی روی یک خاک لوم رسی سیلتی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی هاشم آبادگرگان اجرا شد. دراین 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 به‌طوری که ۵۴ کرت (۳ رقم*۶تیمار*۳تکرار) در هر طرف خط لوله قرار داشت. به منظور برآورد کمبود رطوبت ناحیه ریشه، داده‌های آب وهوایی وضریب گیاهی پنبه درطول فصل رشد مورد استفاده قرار گرفت. رابطه توان دوم بین عملکرد و آب داده شده و رابطه خطی برای عملکرد وتبخیر تعرق به صورت فصلی برای ارقام تحت مطالعه به دست آمدند. هم چنین با توجه به فرمول دورنبوس وکاسام، ضرایب حساسیت سه رقم ساحل، سای–اکرا و ۳۱۲–۸۱۸ به ترتیب ۱/۰۲، ۱ و۱/۰۱ 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

کم‌آبیاری 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 به‌کارگیری فن کم‌آبیاری، 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 خالص، نقش ندارند. استون و همکاران (۱۷)، ۲۰ تا ۵۰ درصدکاهش آب مصرفی را با اعمال کم‌آبیاری و به صورت یک در میان بدون اینکه بر عملکرد پنبه اثر معنی‌داری داشته باشد گزارش نمودند.کمبود آب هم چنین می‌تواند سبب کاهش دورآبیاری ویا افزایش صرفه اقتصادی شود. براساس تحقیق شیخ حسینی (۵) روی محصول جو، دور آبیاری ۷ روز بر ۱۴ روز برتری داشت. در دور آبیاری۷ روزه، تیمار با مقدار آبیاری به میزان۶۰ درصد نیاز آبی گیاه، اختلاف معنی داری با تیمار آبیاری کامل نداشت. همین‌طور در تحقیق جانباز (۲) روی محصول گندم گزارش شدکه

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

*- نویسنده مسئول Email: bijangh@ferdowsi.um.ac.ir

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

اعمال کم‌آبیاری به‌وسیله سیستم آبیاری بارانی تک شاخه‌ای، روی محصولات مختلف از جمله پنبه مورد بررسی قرارگرفته است. مطالعات سامیس وگیتار(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 واحدآب مصرفی در شرایط مختلف اقلیمی و سال‌های 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 وهمکاران (۱۴) گزارش کردند که با دو برابرکردن 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 نمی‌یابد. کلارک وهمکاران (۱۱) نتیجه گرفتند که عملکرد پنبه با کوتاهتر شدن دور آبیاری افزایش یافت.

بررسی منابع نشان می‌دهد که از سیستم آبیاری بارانی خطی تک‌شاخه‌ای(Line-Source) برای تعیین توابع تولید محصولات مختلف می‌توان استفاده کرد. برای مثال الجمال وهمکاران (۷) تابع تولید پیاز و کیپکوریر و همکاران (۱۲) تابع تولید پیاز و ذرت را به‌دست آوردند. لیو و همکاران (۱۳) ضمن بررسی تبخیر-تعرق، آب مصرفی وعملکرد بر روی ذرت، به تحلیل توابع تولید وکارایی مصرف آب وتعیین ضریب تنش نیز پرداختند. دورنبوس وکاسام (۱۰) سعی نمودند برای تعیین توابع تولید محصول به ازاء آب مصرفی معادلاتی را ارایه 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 نظرگرفته شود معمولا این توابع خطی خواهند بود. اما اگر مقدار آب داده شده به زمین (مقدار آبیاری) ملاک قرار گیرد، تابع تولید غالبا 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 به‌دست آمده به صورت غیر خطی بودند. آن‌ها همچنین اثر تنش آبی وکمبود آب را نیز بررسی کردند.

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

مواد و روش‌ها

این طرح در ایستگاه تحقیقات کشاورزی هاشم‌آباد 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 ازسطح دریا حدود ۱۳/۳ متر و دارای اقلیم نیمه مرطوب معتدل می‌باشد. متوسط بارندگی سالانه در این منطقه طی یک دوره ۵۰

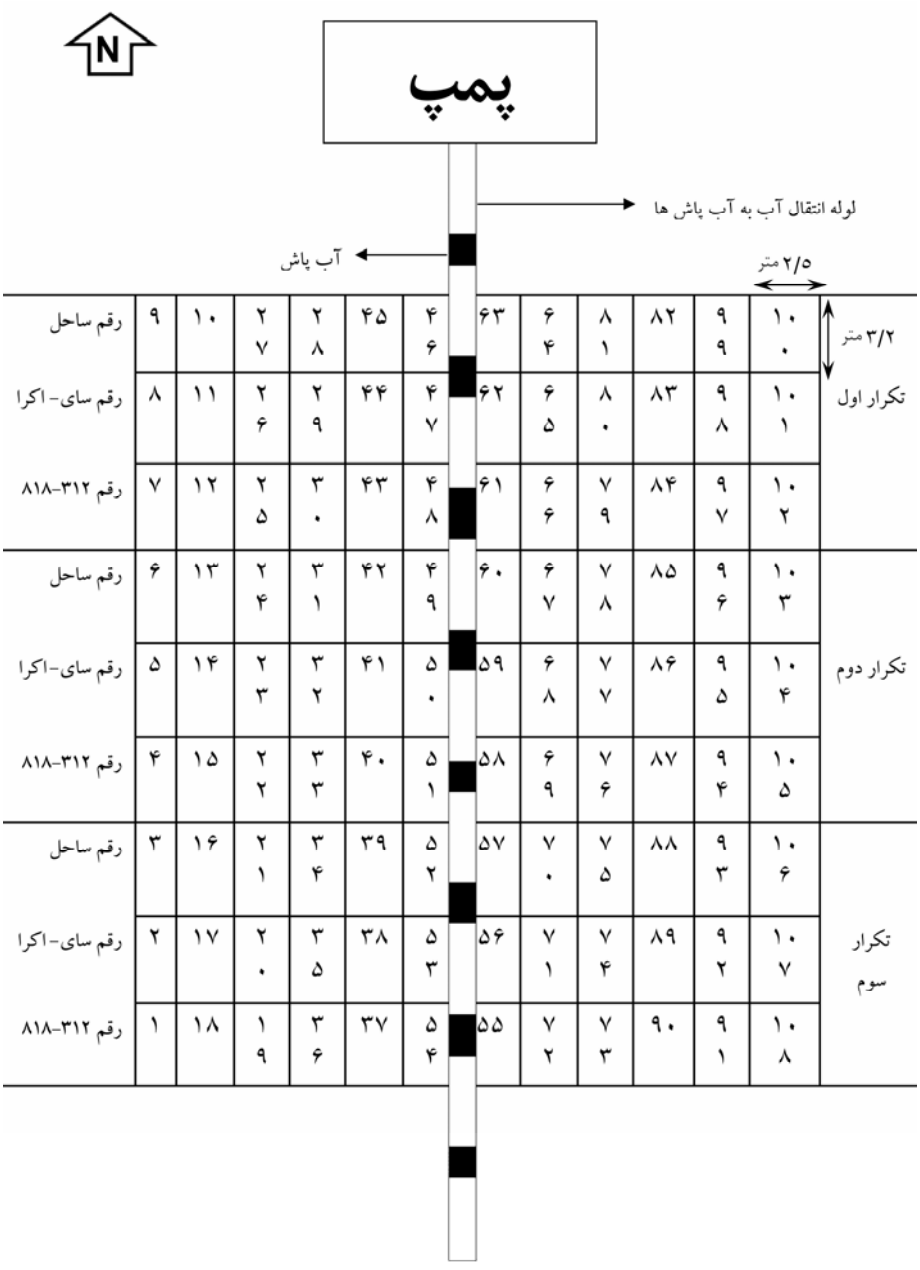
ساله، ۶۰۳/۲ میلی‌متر گزارش شده است (۱). آب آبیاری از یک حلقه چاه عمیق و انتقال آن توسط ۲۳۰۲ متر کانال بتنی تأمین می‌شد (۱). بافت خاک، چگالی ظاهری و ظرفیت زراعی خاک به ترتیب با استفاده از روش هیدرومتری، استوانه فلزی و صفحات فشاری به دست آمدند. بر این اساس، منطقه تا عمق ۹۰ سانتی‌مترداری خاک با بافت لوم رسی سیلتی و بدون مشکل شوری و قلیایی بودن می‌باشد. هدایت الکتریکی آب آبیاری۰/۶۴ dS/m ، اسیدیته آن ۷ و نسبت جذب سدیم ۰/۲۹ است. آب آبیاری از نظر وجود عناصر سمی کلر، بر و ... دارای غلظت مسموم کننده نبوده و هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک ۰/۶۲ dS/m به دست آمد.

تحقیق حاضر شامل ۶ تیمار بود که به‌صورت 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 آبپاش دو نازله به قطر $\frac{3}{4}$ اینچ و پایه آبپاش با ارتفاع ۱/۲ متر استفاده گردید. برای خط آبیاری از لوله آلومینیومی به قطر ۷۵ میلی‌متر استفاده شد. طرح مورد استفاده به‌صورت 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 آبپاش (۹ عدد) ۳۰×۲۸/۸ 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 ۳/۲*۲/۵ 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 گرفت. مطابق (شکل ۱)، تعداد کل کرت‌ها ۱۰۸ عدد بود. فشار آب در آبپاش‌ها ۳/۳ اتمسفر و متوسط دبی آنها ۰/۴۹ لیتر در ثانیه اندازه‌گیری شد. در کلیه تیمارهای از اعماق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ (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 آبپاش‌ها بیشترین مقدار آب و تیمار I۶ به‌دلیل دوری از آبپاش‌ها 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 جمع آوری آب اندازه گیری شد تا بر اساس آن عملکرد هرکدام 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. باتوجه به این‌که 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- مونتیث 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

رشد و عمق ناشی از آبیاری بارانی در طول دوره کشت محاسبه گردید. عمق آب آبیاری برای هر نوبت آبیاری در قوطی‌ها از تقسیم حجم آب جمع شده در قوطی‌ها به سطح مقطع بالایی قوطی‌ها به دست آمد. در صورتی که در هر نوبت آبیاری مجموع آب موجود در عمق ۶۰ سانتی‌متر خاک،(عمق توسعه ریشه) بیشتر از میزان عمق رطوبت خاک در ظرفیت نگهداری در این نیمرخ می‌گردید، مقدار مازاد آن به عنوان نفوذ عمقی در نظر گرفته می‌شد(رابطه ۱).



(شکل۱) - طرح مورد مطالعه (بدون مقیاس)

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

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 موردنظر و d_x عمق خاک در نیمرخ مورد نظر (۶۰ سانتی‌متر) 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 صرف‌نظر می‌گردد. به دلیل آن‌که سرعت وزش باد در زمان آبیاری‌ها ناچیز بودالگوی 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 (Ky) : سازمان خواروبار جهانی (FAO) در نشریه شماره ۳۳ ضریبی به‌نام ضریب تنش (K_y) به صورت بی‌بعد زیر ارائه نموده است. با استفاده از این فرمول می‌توان ضریب حساسیت محصول به آب در طول فصل رشد را به‌دست آورد. همچنین تبخیر-تعرق در تیماری که تحت تنش رطوبتی نبوده، برابر تبخیر-تعرق پتانسیل فرض شد.

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

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) می‌باشند.

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

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

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 میلی‌متر می‌باشند.

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 (جداول ۱ و۲) ارایه شده است. این مقادیر برابر میانگین سه مقدار آبیاری در سه تکرار می‌باشد که به تفکیک سه رقم، آمده است. همان‌طور که در (جدول ۱) مشاهده می‌شود، در تیمار اول (پر آبیاری) و تیمار دوم (آبیاری کامل) وتیمار سوم تا ششم با کاهش آب، کم آبیاری اعمال شده است. تیمار I۱ با میانگین بیشترین آب برابر ۳۳۳/۳۳ میلی‌متر و تیمار I۶ با فاصله گرفتن از خط آبیاری کمترین آب برابر ۱۲۱/۶۷ میلی‌متر را به خود اختصاص داده است. درکل بین تیمارهای آبیاری همان‌طور که در (جدول ۳) مشاهده می‌شود،اختلاف معنی داری در دو سطح ۱درصد و ۵درصد وجود دارد. سپس نفوذ عمقی درطول فصل کشت در تیمارها محاسبه و لحاظ گردید. آن گاه مقادیر ET_a فصلی (جدول۲) در تیمارهای آبیاری و به تفکیک رقم محاسبه شد.

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

(جدول ۱) - مقادیر میانگین آب داده شده (میلی‌متر)[1] برای تیمارهای آزمایشی.

رقم	تیمارها					
	I۱	I۲	I۳	I٤	I٥	I٦
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	I٤	I٥	I٦
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

(جدول۳) - 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 %۵(۵و۴۸)=۲/۴۱۸
F %۱(۵و۴۸)=۳/۴۴۲

عملکرد

(جدول ۲) مقادیرمجموع عملکرد را دردو چین در تیمارهای آبیاری وبه تفکیک ارقام نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود عملکرد از تیمار I۱ به I۲ افزایش واز 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 غوزه ها را در پی داشت که باعث کاهش نسبی عملکرد گردید مطابق این جدول، میانگین بیشترین عملکرد (تیمارI۲) برای سه رقم ساحل، سای-اکرا و۳۱۲-۸۱۸ به ترتیب ۱۹۶۱/۶، ۲۱۲۳/۶ و ۲۱۱۳/۳ کیلوگرم در هکتار و میانگین کمترین عملکرد (تیمار I۶) به ترتیب ۸۰۴، ۸۳۰ و ۸۴۵/۶ کیلوگرم در هکتار به‌دست 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 وتیمارI۶ 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 ۱درصد 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 وکمترین عملکرد را در واحد سطح توسط سیستم آبیاری قطره‌ای به ترتیب ۸۵۵ و ۱۶۳۰ کیلوگرم در هکتار گزارش کردند.

(جدول۴) - مقادیر عملکرد(کیلوگرم در هکتار) برای تیمارهای آزمایشی.

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

(جدول۵) - 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 %۵(۵و۴۸)=۲/۴۱۸
F %۱(۵و۴۸)=۳/۴۴۲

(جدول۶) - 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 %۵(۵و۱۲)=۳/۱۱
F %۱(۵و۱۲)=۵/۰۶

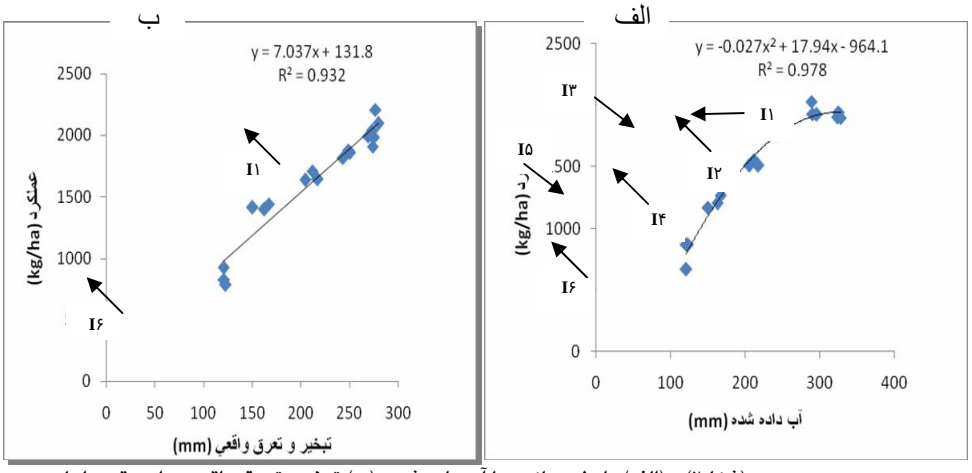
تابع تولید

بین نقاط مربوط به آب داده شده با عملکرد وهمچنین ET با عملکرد برای تیمارهای آبیاری و به تفکیک هر رقم توسط نرم افزار EXCEL رابطه‌ای برازش داده شد وضرایب رگرسیونی معادلات به‌دست آمد (جدول ۷). توابع تولید آب- محصول وET- محصول به ترتیب از نوع درجه دوم و خطی به‌دست آمدند که از ضریب همبستگی بالایی برخوردار بودند. برای نمونه تابع تولید درجه دوم برای رقم ساحل در شکل ۲-الف نشان داده شده است. در همه ارقام مانند رقم ساحل، رابطه کلی روند افزایشی از تیمارI۶ تا I۴ باشیب زیاد، ازI۴ تا I۲ با شیب کم و روند کاهشی با شیب بسیار کم از تیمارI۲ به تیمار I۱ مشاهده می‌شد. بنابراین می‌توان گفت که درشرایط کمبود آب می‌توان با درصد مشخصی از کاهش آب، کاهش عملکرد کمتری را به‌وجود آورد. کاهش کم شیب از I۲ به I۱ نیز می‌تواند به دلیل اثرات زیاد نفوذ عمقی و افزایش ریزش

غوزه وکاهش 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 وعملکرد برای رقم ساحل نشان داده شده است. توابع خطی در همه ارقام از تیمار I۶ تا I۱ روند صعودی را دنبال می‌کنند و نقاط برازش داده شده دارای همبستگی بالائی می‌باشند. پراکندگی نقاط در تمامی ارقام مانند رقم ساحل برای تیمارهای مختلف بسیار کم بود، به خصوص در تیمار اول و دوم نقاط بسیار نزدیک به‌هم بوده به‌طوری 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.

(جدول۷) - توابع تولید ارقام پنبه (W مقدار آب داده شده، ET تبخیر-تعرق واقعی و Y میزان عملکرد است).

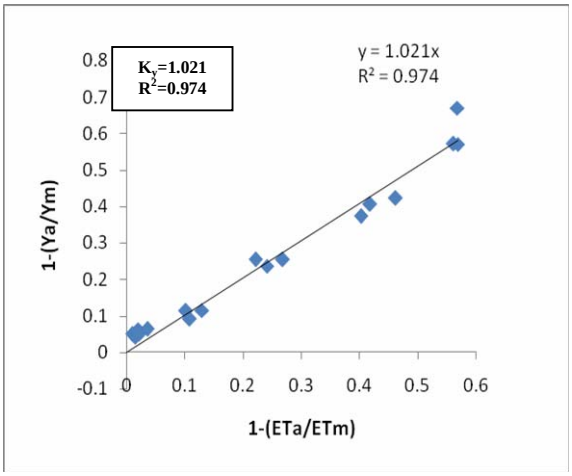
	$Y= a + b\times ET$			$Y= a + b_1\times W^2 + b_2\times W$			
رقم	a	b	R^2	a	b_1	b_2	R^2
ساحل	۱۳۱/۸	۷/۰۳۷	۰/۹۳	-۹۶۴/۱	-۰/۰۲۷	۱۷/۹۴	۰/۹۷
سای-اکرا	۸۴/۹۹	۷/۲۱	۰/۹۰	-۱۵۸۸/۸	-۰/۰۴۴	۲۵/۱۸	۰/۹۵
۸۱۸-۳۱۲	۱۵۷/۲۸	۶/۷۸۶	۰/۹۳	-۱۰۳۱/۱	-۰/۰۳۱۶	۱۹/۶۲۶	۰/۹۵
رابطه کلی	۷۹/۳۷	۷/۰۵۹	۰/۹۲	-۱۱۹۴/۲	-۰/۰۳۴۴	۲۰/۹۰۸	۰/۹۴



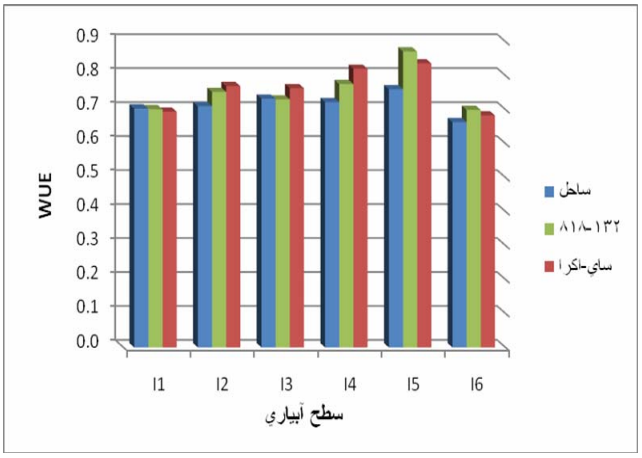
(شکل۲) - (الف) رابطه عملکرد با آب داده شده ،(ب) تبخیر-تعرق واقعی برای رقم ساحل.

با توجه به رابطه (۲) ضریب حساسیت محصول به آب (K_y) برای هررقم به‌دست آمد. ضریب تنش برای سه رقم ساحل، سای- اکرا و۳۱۲-۸۱۸ به ترتیب ۱/۰۲۱، ۰/۹۶۱۸ و۱/۰۰۹۲ می‌باشد که بیشترین حساسیت وکمترین حساسیت را به ترتیب به رقم ساحل وسای- اکرا دارا بودند. شکل ۳ رابطه‌ی خط رگرسیون برای ضریب حساسیت رقم ساحل را نشان می‌دهد.دراین رابطه سامیس و همکاران (۱۶) نیز روی پنبه به نتایج مشابهی دست یافتند. افزون بر این نتایج به دست

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



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



(شکل۴) – تغییرات متوسط کارآیی مصرف آب سه رقم پنبه در سطوح مختلف آبیاری.

برای محاسبه کارآئی مصرف آب از معادله خیرابی و همکاران (۱۳۷۵) استفاده شد. همان‌طور که در (شکل ۴) مشاهده می‌شود برای هر سه رقم پنبه سطح آبیاری I۵ پربازده‌ترین سطح آبیاری می‌باشد.

نتیجه

دراین 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 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، علی رغم آبیاری زیاد، کاهش محصول مشاهده می‌شد. با توجه به مشاهدات میدانی، می توان 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

محصول شده باشد. ضریب حساسیت سه رقم ساحل، سای- اکرا و۳۱۲- ۸۱۸ به ترتیب ۱/۰۲، ۰/۹۶۱ و۱/۰۰۹ به دست آمد. لازم به ذکر است که ضریب حساسیت پنبه مندرج درشماره ۳۳ FAO برابر با ۰/۸۵ گزارش گردیده است(۱۰). تفاوت چشم‌گیر اعداد به‌دست‌آمده با مقدار توصیه شده توسط FAO در واقع هشداری است برای عدم کاربرد این مقادیر به عنوان مقادیر استاندارد، که متأسفانه در مطالعات کاربردی شدیدا رواج دارد. بررسی WUE نشان دهنده حداکثر بهره‌وری در تیمار I5 می‌باشد. 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 کم‌آبیاری 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 وتعیین توابع تولید ارقام پنبه و ارزیابی مدل آگروهیدرولوژیکی SWAP2.0.7 در برآورد عملکرد وشبیه 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 درمنطقه 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 برروی خواص کمی وکیفی پنبه. گزارش نهائی طرح، موسسه تحقیقات پنبه کشور، گرگان. ۲۵ صفحه.

۵- شیخ حسینی، م. ۱۳۷۵. اثرات تنش آبی و دورآبیاری برعملکرد محصول جو درکرج. پایان نامه کارشناسی ارشد،گروه آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران. ۱۲۶ صفحه.

۶- هزار جریبی، ا. ۱۳۷۶. تاثیر تنش آبی برعملکرد واجزاء 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. Wrri 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.Tamassoki[1]

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 auther Email: bijangh@ferdowsi.um.ac.ir
1 - Contribution from College of Agriculture, ferdowsi University of Mashhad