

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

احمد امامی - بیژن قهرمان^{*} - کامران داوری - مجید هاشمی نیا - سکینه تمسکی[†]

تاریخ دریافت: ۱۱/۲۸/۸۶

تاریخ پذیرش: ۲۰/۴/۸۷

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 پنمه (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 کرت های یکبار خرد شده به کار گرفته شد. از سیستم آبیاری بارانی تک شاخه ای 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، داده های آب و هوایی و ضریب گیاهی پنمه 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 دورنیوس و کاسام، ضرایب حساسیت سه رقم ساحل، سای-اکرا و ۳۱۲-۸۱۸ به ترتیب ۱/۰۲، ۱/۰۱ و ۱/۰۰ به دست آمد. از این مقادیر می توان در بهینه سازی آبیاری در شرایط محدودیت آب استفاده کرد.

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

خالص، نقش تدارند. 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 پنمه اثر معنی داری داشته باشد گزارش نمودند. کمبود آب هم چنین می تواند سبب کاهش دور آبیاری و یا افزایش صرفه اقتصادی شود. بر اساس 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

مقدمه

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 کار گیری فن کم آبیاری، افزایش راندمان کاربرد آب، چه از طریق کاهش میزان آب آبیاری در هر نوبت و یا حذف آبیاری هایی 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 مریم و کارشناس آبیاری، گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

Email: bijangh@ferdowsi.um.ac.ir

۲- نویسنده مسئول

و تعیین ضریب تنش نیز پرداختند. دورنبوس و کاسام (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 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 قطره‌ای روی محصول پنbe 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 پرآبیاری و کمآبیاری) و ضریب حساسیت محصول به آب برای سه رقم محلی پنbe (ساحل، سای- اکرا و ۳۱۲-۸۱۸) می‌باشد تا بتوان از آن در بهینه سازی آب مصرفی استفاده کرد. این تحقیق با استفاده از روش آبیاری بارانی تک شاخه‌ای (Line-Source)، که می‌تواند دامنه 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 پنbe 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 می‌باشد. 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 کمآبیاری به وسیله سیستم آبیاری بارانی تک شاخه‌ای، روی محصولات مختلف از جمله پنbe 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 پنbe با میزان تبخیر- تعرق همانگی بوده و تولید پنbe دانه به ازاء واحد آب مصرفی در شرایط مختلف اقلیمی و سالهای مختلف متفاوت است. بررسی حساسیت پنbe به غیربکنواختی 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 ازاء آب مصرفی صورت گرفته است. رادین و همکاران (۱۴) گزارش کردند که با دو برابر کردن تعداد آبیاری در محدوده زمانی اوچ گلدهی پنbe، 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 و همکاران (۱۱) نتیجه گرفتند که عملکرد پنbe با کوتاهتر شدن دور آبیاری افزایش یافت.

بررسی منابع نشان می‌دهد که از سیستم آبیاری بارانی خطی تک شاخه‌ای (Line-Source) برای تعیین توابع تولید محصولات مختلف می‌توان استفاده کرد. برای مثال الجمال و همکاران (۷) تابع تولید پیاز و کیپکوریر و همکاران (۱۲) تابع تولید پیاز و ذرت را به دست آورده‌اند. لیسو 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 کرت ها ۱۰۸ عدد بود. فشار آب در آپاش ها $3/3$ اتمسفر و متوسط دبی آنها $0/49$ لیتر در ثانیه اندازه گیری شد. در کلیه تیمارهای از اعمق $0-30$ و $30-60$ (۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰) سانتی متر قبل از هر آبیاری نمونه گرفته شد و رطوبت آن به روش وزنی تعیین گردید. تیمار ۱۱ به دلیل نزدیک بودن به آپاش ها بیشترین مقدار آب و تیمار ۱۶ به دلیل دوری از آپاش ها کمترین مقدار آب را دریافت می کرد. از ابتدای کشت پنبه برنامه آبیاری با توجه به میزان رطوبت خاک در زمان آبیاری مربوط به تیمار ۱۲ انجام می شد. بنابراین انتظار می رود که ۱۱ پیش از نیاز آبی، آب دریافت کرده است. مقدار کل آب دریافتی توسط هر ردیف کشت در طول دوره رشد با قراردادن قوطی های جمع آوری آب اندازه گیری شد تا بر اساس آن عملکرد هر کدام از ردیف ها و کرت ها با توجه به مصرف آب در کل دوره رشد تعیین و مقایسه گردد. آبیاری ها به ترتیب در تاریخ های اول، پانزدهم و بیست و نهم مرداد انجام گرفت. با توجه به این که همه آبیاری ها 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 تاریخ های بیست و نهم شهریور و اول آبان انجام گرفت. با استفاده از اطلاعات جوی ایستگاه سینوپتیک هوشنگی وابسته به اداره کل هوشنگی گلستان و برنامه کامپیوتری REF-ET، تبخیر- تعرق گیاه مرجع به صورت روزانه به روش پمن- مونتیث اصلاح شده (۸) محاسبه گردید. سپس برای کل دوره رشد مقادیر تبخیر- تعرق مرجع با هم جمع شدند.

آبیاری و تبخیر- تعرق

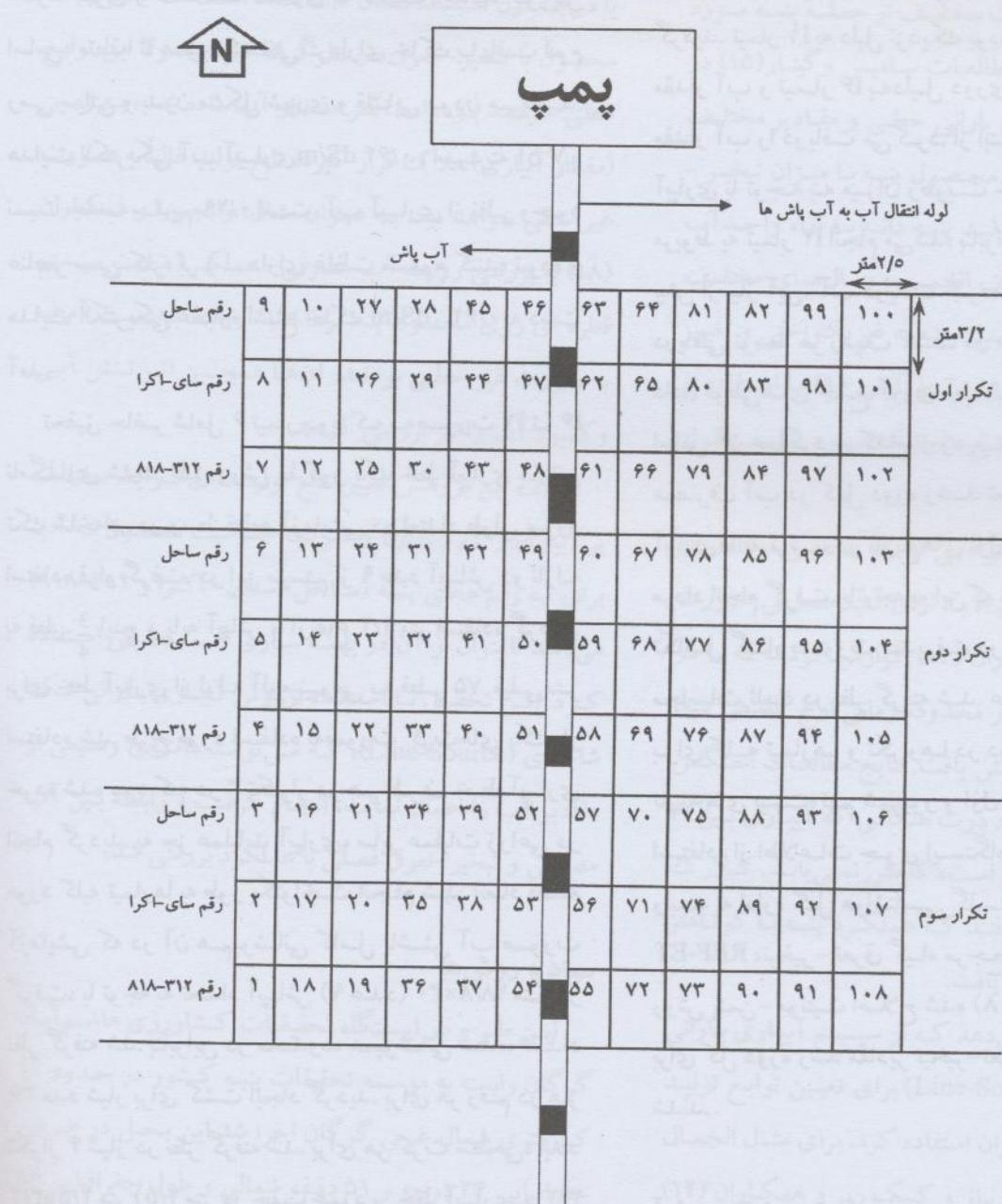
عمق آب کاربردی در هر یک از کرت ها (که شامل نفوذ عمقی نیز می شود) از مجموع عمق باران در طی فصل

ساله، $۳/۲$ میلی متر گزارش شده است (۱). آب آبیاری از یک حلقه چاه عمیق و انتقال آن توسط ۲۳۰ متر کanal بتی تأمین می شد (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 سانتی متر دارای خاک با بافت لوم رسی سیلتی و بدون مشکل شوری و قلیابی بودن می باشد. هدایت الکتریکی آب آبیاری $dS/m ۰/۶۴$ ، اسیدیته آن ۷ و نسبت جذب سدیم $۰/۲۹$ است. آب آبیاری از نظر وجود عناصر سمی کلر، بُر و ... دارای غلظت مسموم کننده نبوده و هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک $dS/m ۰/۶۲$ به دست آمد.

تحقیق حاضر شامل ۶ تیمار بود که به صورت ۱۱ تا ۱۶ نامگذاری شدند. طبق روش مذکور یک خط آبیاری بارانی تک شاخه ای در وسط قطعه آزمایشی در امتداد طولی مورد استفاده قرار گرفت. در این سیستم از ۹ عدد آپاش دونازله به قطر $\frac{3}{4}$ اینچ و پایه آپاش با ارتفاع $۱/۲$ متر استفاده گردید. برای خط آبیاری از لوله آلومینیومی به قطر ۷۵ میلی متر استفاده شد. طرح مورد استفاده به صورت کرت های یکبار خرد 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 آپاش $(۹$ عدد) $۲۸/۸ \times ۳۰$ متر در نظر گرفته شد. بنابراین در محدوده همپوشانی شده، تعداد ۳۶ عدد شیار برای کشت ایجاد گردید. برای هر کرت سطحی، ابعاد تکرار ۴ شیار در نظر گرفته شد. برای هر کرت سطحی، $۳/۲$ متر $۲/۵ \times ۳/۲$ 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

نویت آبیاری مجموع آب موجود در عمق ۶۰ سانتی متر خاک، (عمق توسعه ریشه) بیشتر از میزان عمق رطوبت خاک در ظرفیت نگهداری در این نیم رخ می‌گردید، مقدار مازاد آن به عنوان نفوذ عمقی در نظر گرفته می‌شد (رابطه ۱).

رشد و عمق ناشی از آبیاری بارانی در طول دوره کشت محاسبه گردید. عمق آب آبیاری برای هر نویت آبیاری در قوطی‌ها از تقسیم حجم آب جمع شده در قوطی‌ها به سطح مقطع بالایی قوطی‌ها 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 فانو (خیرابی و همکاران، (۳)) استفاده شد:

$$WUE = \frac{Y}{ET} \times 100 \quad (3)$$

که در آن WUE راندمان مصرف آب به کیلوگرم بر متر مکعب آب مصرفی، Y عملکرد برحسب تن بر هکtar 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) ارایه شده است. این مقادیر برابر میانگین سه مقدار آبیاری در سه تکرار می باشد که به تفکیک سه رقم، آمده است. همان‌طور 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 II با میانگین ییشترین آب برابر $333/33$ میلی متر و تیمار VI با فاصله گرفتن از خط آبیاری کمترین آب برابر $121/67$ میلی متر را به خود اختصاص داده است. در کل بین تیمارهای آبیاری همان‌طور که در (جدول ۳) مشاهده می شود، اختلاف معنی داری در دو سطح ادرصد و ۵درصد وجود دارد. سپس نفوذ عمیق 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 عمیق در تیمارهای اول تا سوم وجود داشته و در تیمارهای چهارم تا ششم مقدار آن به صفر رسید.

$$(d_p)_i = d_i - (FC - \theta_i) \times \rho_a \times d_x \quad (1)$$

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 سانتی‌متر) است. در صورتی که d_p عددی مثبت باشد، بیانگر وجود نفوذ عمیقی است، ولی چنانچه (d_p) کوچکتر یا مساوی صفر گردد، از نفوذ عمیقی صرف نظر می گردد. به دلیل آن که سرعت و زنش باد در زمان آبیاری‌ها ناچیز بود الگوی پاشش آب در دو طرف خط آبیاری متقاضی 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 بلارک و همکاران (۱۹۶۹) یا بواسطه واسترسنیجر را دارد، به دست آمد (۱).

ضریب حساسیت محصول به آب (Ky): سازمان خوارویار 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 می‌توان 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.

$$K_y = \left[1 - \frac{Y_a}{Y_m} \right] \left[1 - \frac{ET_a}{ET_m} \right]^{-1} \quad (2)$$

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

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

رقم	تیمارها					
	I۶	I۵	I۴	I۳	I۲	I۱
ساحل	۱۲۱	۱۶۰	۲۱۱/۳۳	۲۴۷/۶۷	۲۹۱/۳۳	۳۲۵/۶۷
سای-اکرا	۱۲۱/۶۷	۱۶۵	۲۱۱/۶۷	۲۴۷/۳۳	۲۸۲	۳۲۶
	۱۲۱	۱۶۳	۲۱۵	۲۵۳/۶۷	۲۹۶	۳۳۷/۳۳
						۸۱۸-۳۱۲

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

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

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

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

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

$$F \% ۵(۵\%) = ۲/۴۱۸$$

$$F \% ۱(۱\%) = ۳/۴۴۲$$

۸۴۵/۶ کیلوگرم در هکتار بدست 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 ۱درصد وجود داشت. همچنین در يك 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.

عملکرد

(جدول ۲) مقادیر مجموع عملکرد را در درو چین در تیمارهای آبیاری و به 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 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، ۱۹۶۱/۶ و ۲۱۱۳/۳ کیلوگرم در هکتار و میانگین کمترین عملکرد (تیمار I۶) به ترتیب ۸۰۴ و ۸۳۰

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

رقم	تیمار						تکرار
	I ₆	I ₅	I ₄	I ₃	I ₂	I ₁	
	۸۷۲	۱۱۷۰	۱۵۱۲	۱۷۹۷	۲۰۳۰	۱۹۴۵	۱
	۶۷۰	۱۲۰۴	۱۵۴۹	۱۸۴۲	۱۹۲۹	۱۹۰۴	۲ ساحل
	۸۷۰	۱۲۷۰	۱۵۱۴	۱۷۹۷	۱۹۲۶	۱۹۰۰	۳
	۹۱۹	۱۲۹۵	۱۷۷۳	۱۹۳۸	۲۱۷۰	۱۸۴۵	۱
	۶۷۸	۱۲۸۰	۱۷۴۵	۱۸۰۱	۲۱۰۷	۱۹۵۹	۲ سای-اکرا
	۸۹۳	۱۵۶۰	۱۶۹۸	۱۹۱۰	۲۰۹۴	۱۹۰۳	۳
	۹۲۶	۱۴۱۵	۱۶۳۸	۱۸۶۱	۲۰۹۷	۱۹۸۳	۱
	۸۲۷	۱۴۰۱	۱۷۱۱	۱۸۸۰	۲۲۰۹	۱۹۱۰	۲ ۸۱۸-۳۱۲
	۷۸۴	۱۴۴۲	۱۶۴۷	۱۸۱۸	۲۰۳۴	۱۹۹۴	۳

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

منبع تغیرات	Df	SS	MS	F	
کل	۵۳	-	-		
تیمار	۵	۹۴۹۹۸۰۳/۳	۱۸۹۹۹۶۰/۶	۲۳۲ >>	$F \% ۵(۵\text{ و }۴\text{ ا})=۲/۴۱۸$
e اشتباہ	۴۸	۳۹۲۷۰/۶	۸۱۸۱/۳۷۵		$F \% ۱(۵\text{ و }۴\text{ ا})=۳/۴۴۲$

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

منبع تغیرات	Df	SS	MS	F	
کل	۱۷	-	-		
تیمار	۵	۳۱۲۲۵۰/۹	۶۲۴۷۰۱/۸	۱۷۶ >>	$F \% ۵(۵\text{ و }۴\text{ ا})=۳/۱۱$
e اشتباہ	۱۲	۴۲۵۷۲	۳۵۴۷/۶۶۷		$F \% ۱(۵\text{ و }۴\text{ ا})=۵/۰/۶$

برای رقم ساحل در شکل ۲-الف نشان داده شده است. در همه ارقام مانند رقم ساحل، رابطه کلی روند افزایشی از تیمار I₆ تا I₄ با شبیب زیاد، از I₄ تا I₂ با شبیب کم و روند کاهشی با شبیب بسیار کم از تیمار I₂ به تیمار I₁ مشاهده می شد. بنابراین می توان گفت که در شرایط کمبود آب می توان با درصد مشخصی از کاهش آب، کاهش عملکرد کمتری را به وجود آورد. کاهش کم شبیب از I₂ به I₁ نیز می تواند به دلیل اثرات زیاد نفوذ عمقی و افزایش ریزش

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 رابطه ای برآش 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 در هم 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.

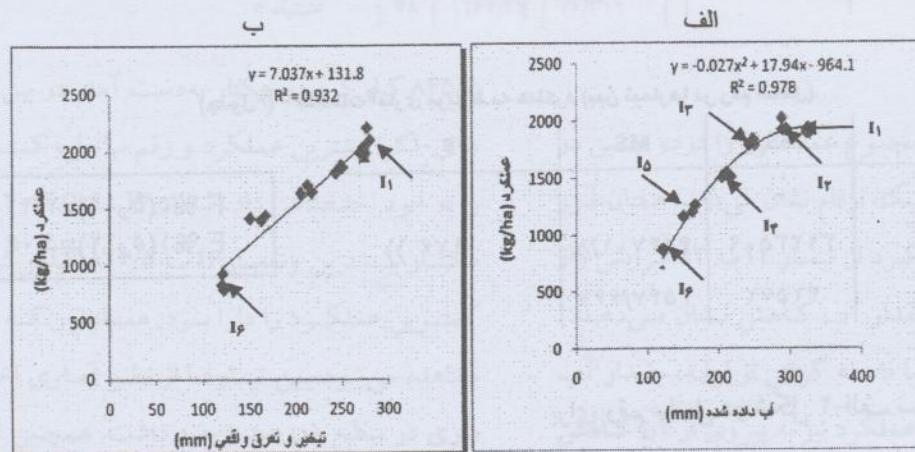
غوزه و کاهش رشد در اثر آبیاری زیاد باشد. لیو و همکاران (۱۳)، کیپکوریر و همکاران (۱۲) نیز به ترتیب روی ذرت، پنبه و پیاز نتایج مشابهی را گزارش کردند. در شکل ۲-ب نیز رابطه تبخیر-تعرق فصلی و عملکرد برای رقم ساحل نشان داده شده است. توابع خطی در همه ارقام از تیمار ۱۶ تا ۱۱ روند صعودی را دنبال می‌کنند و نقاط برآزش داده شده دارای همبستگی بالائی می‌باشند. پراکندگی نقاط در تمامی

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

$$Y = a + b_1 \times W^2 + b_2 \times W$$

$$Y = a + b \times ET$$

R ²	b ₂	b ₁	a	R ²	b	a	رقم
0.97	17/94	-0/027	-964/1	0.93	7/037	131/8	ساحل
0.95	25/18	-0/044	-1588/8	0.90	7/21	84/99	سای-اکرا
0.95	19/626	-0/0316	-1031/1	0.93	6/786	157/28	818-۳۱۲
0.94	20/908	-0/0344	-1194/2	0.92	7/059	79/37	رابطه کلی



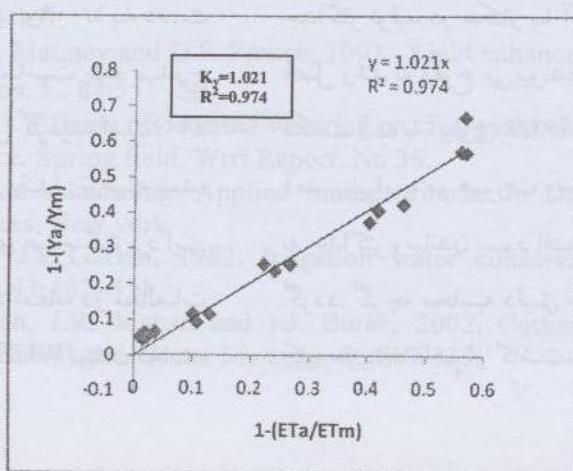
(شکل ۲) - (الف) رابطه عملکرد با آب داده شده، (ب) تبخیر-تعرق واقعی برای رقم ساحل.

رابطه ترتیب به رقم ساحل و سای-اکرا دارا بودند. شکل ۲ را به ترتیب به رقم ساحل و سای-اکرا درآوردند. دراین 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

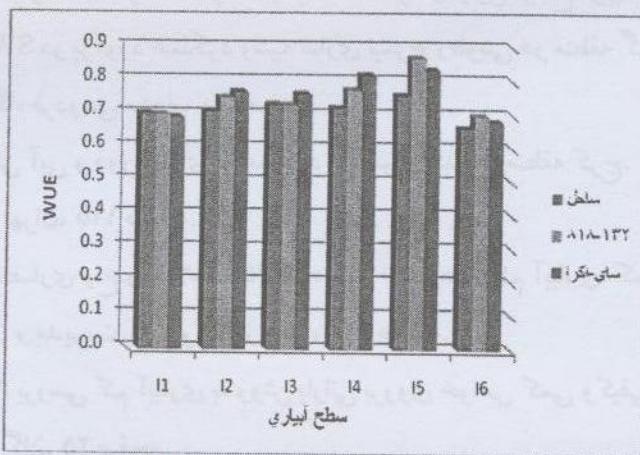
با توجه به رابطه (۲) ضریب حساسیت محصول به آب (K_y) برای هر رقم بدست آمد. ضریب تنش برای سه رقم ساحل، سای-اکرا و ۸۱۸-۳۱۲ به ترتیب ۰/۹۶۱۸، ۰/۱۰۲۱ و ۰/۰۹۲ می‌باشد که بیشترین حساسیت و کمترین حساسیت

یافته‌های ما تشابه داشت.

آمده توسط الجمال و همکاران (۷) روی محصول پیاز نیز با



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



(شکل ۴) - تغییرات متوسط کارآئی 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. هم‌چنین احتمال دارد به علت نفوذ عمقی زیاد مواد غذایی از منطقه توسعه ریشه شستشو شده و در نهایت باعث کاهش

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 ۱۵ پریازده‌ترین 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

حداکثر بهره‌وری در تیمار ۱۵ می باشد. در واقع گرچه
حداکثر تولید در هکتار با آبیاری معادل ۲۹۰ میلی متر در
فصل رشد به وقوع می‌پیوندد، اما حداکثر تولید به ازای متر
مکعب آب با آبیاری ۱۶۲/۶ میلی متر 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.

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 پنجه مندرج
در شماره ۳۳ FAO برابر با ۰/۸۵ گزارش گردیده است (۱۰).
تفاوت چشم گیر اعداد بدست آمده با مقدار توصیه شده
توسط FAO در واقع هشداری است برای عدم کاربرد این
مقادیر به عنوان مقادیر استاندارد، که متأسفانه در مطالعات
کاربردی شدیداً رواج دارد. بررسی WUE نشان دهنده

منابع

- ۱- امامی، ا. ۱۳۸۳. مطالعه اثر کمبود آب بر عملکرد، اجزاء عملکرد و تعیین توابع تولید ارقام پنجه و ارزیابی مدل آگروهیدرولوژیکی SWAP2.0.7 در برآورد عملکرد و شیوه سازی نیمرخ رطوبتی در منطقه گرگان. پایان نامه کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد، ۲۳۰ صفحه.
- ۲- جاباز، ح. ۱۳۷۵. مطالعه اثر تنفس آبی و دور آبیاری بر عملکرد محصول گندم در منطقه کرج. پایان نامه کارشناسی ارشد گروه 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 پنجه. گزارش نهائی طرح، موسسه تحقیقات پنجه کشور، گرگان. ۲۵ صفحه.
- ۵- شیخ حسینی، م. ۱۳۷۵. اثرات تنفس 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 تنفس 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 Azshed 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.

- ۳۰۵
- 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. Upchurch, 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

- Almehri, M.S., T.W. Sammis, S. Ball and D. Smeel, 2000. Computing the crop water production function for onion. *Agric. Water Manage.*, 46:29-41.
- Brown, R.G., I.S. Pereira, D. Raes and M. Smith, 1998. *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirement*. FAO Irrigation and Drainage paper No 56, 301 p.
- Doorenbos, J.B., 1991. Cotton response to nonuniform and varying depths of irrigation. *Agric. Water Manage.*, 19(2):151-164.
- Doorenbos, J. and M. Pruitt, 1979. *Yield response to water*. FAO Irrigation and Drainage Paper No 13, 1979.

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

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