

مقاله شماره ۷

موضوع:

ارزیابی عملکرد سیستم آبیاری بارانی عقربه‌ای (سنتریوت)

توسط:

تیمور سهرابی، رضا اصیل‌منش

چکیده

ضرورت ارزیابی یک سیستم آبیاری از آن جهت است که مشخص می‌نماید آیا سیستم در حال کار از بازدهی خوبی برخوردار می‌باشد و آیا می‌توان با تغییراتی در نحوه کارکرد سیستم، میزان بازدهی سیستم را افزایش داد؟ جهت ارزیابی سیستم آبیاری بارانی عقربه‌ای ابتدا سیستم برای شرایط گیاهی (ذرت دانه‌ای) و خاک (Silty loam) منطقه مورد مطالعه که در مزرعه ۵۰۰ هکتاری مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در شمال شرقی مشکین‌آباد کرج واقع بود طراحی گردید و با وضعیت موجود سیستم مقایسه شد. آنگاه برای ارزیابی، در چهار ردیف شعاعی قوطیهای نمونه‌برداری به فواصل ۶ متری قرار داده شدند. سپس کلیه پارامترهای لازم جهت ارزیابی تعیین گردید و با تجزیه و تحلیل داده‌های صحرائی عوامل ارزیابی (CU, DU, PELQ, AELQ) محاسبه شدند. حجم آب آبیاری مصرف شده در سیستم آبیاری بارانی ۹۱۸۴ مترمکعب در هکتار و نیاز آبی گیاه ذرت دانه‌ای ۶۸۹۰ متر مکعب در هکتار بود. متوسط عوامل ارزیابی DU, AELQ, PELQ در طول فصل زراعی برای سیستم آبیاری به ترتیب ۷۹، ۷۵/۸ و ۹۱ درصد گردید. تجزیه و تحلیل عوامل ارزیابی نشان دادند که سیستم آبیاری از کارایی مناسبی برخوردار نبوده و در ضمن مقادیر نسبتاً کم PELQ, DU بعلت عدم مطابقت شرایط کارکرد و طراحی سیستم بوده است.

کلمات کلیدی: عملکرد، ارزیابی، آبیاری، عقربه‌ای، سنتریوت

بطورکلی تحلیل هر سیستم آبیاری را که بر پایه اندازه‌گیریها در شرایط واقعی مزرعه و در حین کار طبیعی سیستم استوار باشد ارزیابی می‌نامند. ضرورت ارزیابی از آن جهت است که برای مدیریت روشن می‌سازد آیا اجرای کنونی سیستم را ادامه دهد و یا اینکه آن را اصلاح نماید. بهبود مدیریت کاربرد آب در مزرعه باعث صرفه‌جویی در آب، نیروی کار و حفاظت از خاک شده و در نتیجه موجبات افزایش محصول را فراهم می‌نماید.

از ارزیابی سیستم‌های آبیاری چهار هدف زیر حاصل می‌گردد [2].

- ۱- تعیین بازده سیستم در حال کار واقعی.
 - ۲- تعیین اینکه سیستم مزبور با چه پتانسیلی می‌تواند مورد بهره‌برداری قرارگیرد و آیا قابل اصلاح می‌باشد یا نه.
 - ۳- کسب اطلاعاتی که مهندسان دست‌اندرکار این حرفه را قادر به کارگیری آنها در طراحی سیستم‌های دیگر می‌کند.
 - ۴- کسب اطلاعاتی که مقایسه روشها، سیستم‌ها و روشهای راهبری مختلف را براساس تصمیم‌های اقتصادی قادر سازد.
- اطلاعاتی که به چه خوبی یک سیستم آبیاری مورد استفاده واقع می‌شود (راندمان کاربرد واقعی)، یا می‌توانست مورد استفاده واقع گردد (راندمان کاربرد پتانسیل)، یا تأثیر راندمان طراحی، فقط بوسیله اندازه‌گیری‌های عملکرد مزرعه‌ای آنها قابل حصول می‌باشد.
- به هر حال، ممکن است مشاهده بعضی از خصوصیات عملکرد سیستم‌ها تقریب‌های معقولانه‌ای بدهد و راهنمایی‌هایی را برای مراحل تصحیح بدیهی فراهم آورد.
- هدف اصلی از این تحقیق برآورد پارامترهای عملکرد (DU, CU, PELQ, AELQ) سیستم آبیاری بارانی عقربه‌ای بود که بتوان سیستم را از نظر مدیریتی و طراحی مورد ارزیابی قرار داد.

مفاهیم مورد استفاده در ارزیابی سیستم‌های آبیاری :

به منظور تعیین بازده بالقوه سیستم به شکلی که طراحی شده‌اند و راندمان واقعی که با مدیریت موجود قابل حصول می‌باشد، اندازه‌گیری عوامل سیستم‌های آبیاری و راهبری آنها مورد نیاز می‌باشد. برای انجام این اندازه‌گیریها و تفسیر آنها نیاز به تعاریف دقیق می‌باشد. به منظور اینکه همه مقایسه‌ها مبنای یکسانی داشته باشند سه پارامتر عملکرد آبیاری (راندمان کاربرد پتانسیل، راندمان کاربرد واقعی و یکنواختی توزیع) براساس عمق متوسط آب نفوذ کرده یا ذخیره شده در یک چهارم سطحی که کمترین مقدار آب را دریافت می‌نماید تعیین می‌گردند. مفهوم یک چهارم کمترین عمقها (LOW - Quarter, LQ) به وسیله اداره حفاظت خاک وزارت کشاورزی امریکا (USDA, SCS) ارائه گردیده است و بعنوان استاندارد برای مقایسه شرایط گزینه‌ها توصیه شده است [1].

معمولاً اقتصاد طراحی سیستم‌های آبیاری ایجاب می‌کند که کمتر از ۱۰۰ درصد سطح زمین به حد کافی آبیاری

گردد. جایی که متوسط یک چهارم کمترین عمق‌ها مساوی با عمق آب کاربردی مطلوب باشد تقریباً ۹۰ درصد زمین به حد کافی آبیاری می‌شود، به عبارتی سطح کفایت ۹۰ درصد است. افزایش سطح کفایت آبیاری موجب نفوذ عمقی قابل توجهی می‌شود.

۱- نقصان رطوبت خاک : (Soil Moisture Deficit, SMD)

نقصان رطوبت خاک عبارت است از مقدار خشکی خاک منطقه ریشه در زمان معین و این عمق آب برابر با مقدار آبی است که باید در موقع آبیاری جبران شود. میزان خشکی خاک قبل از هر آبیاری بستگی به نوع خاک، گیاه و مرحله رشد آن دارد. بعضی گیاهان اگر در حالت مرطوب نگاه داشته شوند و در دوره‌های کوتاه آبیاری شوند محصول بیشتری می‌دهند و نیز ممکن است آفات و بیماریها بیشتر شود. بعضی گیاهان دیگر برعکس اگر در مراحل رشد تنش رطوبتی بینند تولید محصول اقتصادی‌تر است.

تشخیص زمان آبیاری بستگی کامل به خشکی خاک یا SMD دارد و تشخیص SMD یا کمبود رطوبت خاک در شرایط مختلف نیاز به تجربه فراوان و آگاهی زیاد دارد.

۲- نقصان مجاز رطوبتی : (Management Allowed Deficit, MAD)

نقصان یا کمبود مجاز رطوبتی عبارتست از مقدار خشکی خاک که به نظر طراح و یا مدیر سیستم آبیاری، گیاه قادر به تحمل آن بوده و به گیاه تنشی وارد نمی‌شود و از محصول گیاه کاسته نمی‌شود. ارتباط SMD و MAD اساساً به واسطه تأثیری که احتمالاً به گیاه وارد می‌آورند معنی و مفهوم می‌یابد کمبود رطوبت مجاز را می‌توان با درصدی از کل رطوبت قابل استفاده واقع در منطقه ریشه و یا عمق آبی که ریشه قدرت جذب آن را در بین دو آبیاری دارد نشان داد. کمبود رطوبت مجاز بستگی به ارزش تجارتي گیاه و خصوصیات ریشه دارد.

۳- یکنواختی توزیع آب : (Distribution Uniformity, DU)

شاخصی است که مشکلات توزیع آب را در آبیاری نشان می‌دهد و از فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$DU = 100 \times (\text{عمق متوسط عمق آب نفوذی} / \text{متوسط یک چهارم حداقل عمق‌های آب نفوذیافته})$$

مقدار کم DU در صورتی که آبیاری کافی انجام پذیرد نشانه تلفات آب در شکل فرونشست عمیق است. هرچند مقدار کم DU نسبی است لیکن مقدار کمتر از ۶۷ درصد عموماً قابل قبول نیست [4].

۴- راندمان واقعی آبیاری : (Application Efficiency of Low Quarter, AELQ)

شاخصی است که نشان می‌دهد چگونه سیستم مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد و مطابق تعریف برابر است با :
$$AELQ = 100 \times (\text{متوسط عمق ناخالص آبیاری} / \text{میانگین یک چهارم حداقل عمق‌های آب نفوذ یافته و ذخیره شده در منطقه ریشه}) =$$

زمانی که صورت کسر از SMD بیشتر گردد AELQ را می‌توان به شکل زیر نوشت :

$$AELQ = 100 \times (\text{میانگین عمق ناخالص آب آبیاری} / \text{SMD})$$

به عبارت دیگر میانگین یک چهارم کمترین عمق آب ذخیره شده در منطقه ریشه همان میانگین یک چهارم کمترین مقدار تخمین یا اندازه‌گیری شده است.

موقعی که آبیاری مورد نیاز باشد، یک چهارم کمترین عمق آب نفوذی مطلوب برابر SMD بعلاوه عمق آب آبیاری مورد نیاز خواهد بود. جایی که تولید ماکزیمم از واحد آب موردنظر باشد (به جای تولید ماکزیمم به ازای واحد سطح) یک چهارم کمترین عمق آب نفوذی مطلوب ممکن است که کمتر از SMD باشد.

اگرچه اندازه یکنواختی نیز در AELQ نهفته است لیکن به این معنی نیست که محدوده سطح آبیاری به طور کامل آبیاری می‌شود. بلکه نشانه این است که آن منطقه مقداری بیشتر از صفر آب دریافت می‌کند. مقدار پائین AELQ اشاره به مشکل مدیریت و طرز کاربرد سیستم دارد. زمانی که بخشی از اراضی و یا کل آن عمداً تحت پوشش آبیاری کمتر از نیاز قرار گیرد عوامل دیگری نیز باید موردنظر قرار بگیرند.

۵- راندمان پتانسیل آبیاری : (Potential Application Efficiency of Low Quarter, PELQ)

در واقع این شاخص بیانگر آن است که سیستم موجود در شرایط بهره‌برداری مطلوب چگونه عمل می‌کند. راندمان پتانسیل در واقع حالت خاصی از راندمان آبیاری است وقتی که عمق می‌نیم نفوذ یافته معادل عمق مطلوب آبیاری باشد. مقادیر پائین PELQ معمولاً مربوط به طراحی ضعیف سیستم و یا کارایی ضعیف سیستم موجود است و در صورت طراحی صحیح و پایین بودن PELQ باید نوع سیستم آبیاری را تغییر داد. معمولاً اختلاف بین AELQ, PELQ مربوط به اشکالات راهبری و مدیریت است که میزان آن را بیان می‌کند. در صورتی که میانگین کمترین ربع نفوذ در معادله بکار برده شود راندمان پتانسیل از فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$100 \times \frac{\text{میانگین کمترین ربع عمق نفوذ زمانی که برابر MAD باشد}}{\text{میانگین عمق آب آبیاری پس از اینکه MAD جبران شده باشد}} = PELQ$$

مقدار PELQ زمانی برابر AELQ در کل زمین زراعی است که کمترین ربع عمق نفوذ آب برای جبران SMD

کافی باشد (وقتی که $SMD = MAD$ است).

تنها مقایسه معنی داری که جهت اصلاح یک روش یا سیستم آبیاری با نوع دیگر آن می تواند صورت بگیرد، مقایسه بین مقادیر PELQ آنها است. البته لازمه چنین مقایسه ای کاربرد مقدار مشابه آب آبیاری برای جبران MAD می باشد. مقایسه های اقتصادی باید هزینه های آبیاری، تولید محصول و همچنین عملکرد مورد انتظار را در برگیرد.

۲- مواد و روش ها:

برای ارزیابی سیستم موردنظر که در مزرعه ۵۰۰ هکتاری مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در شمال شرقی مشکین آباد کرج واقع بود و زمینی به وسعت ۲۹/۷ هکتار را آبیاری می نمود وسایلی از قبیل ۲۲۰ عدد قوطی نمونه برداری آب، دو عدد فشارسنج (۱۰۰-۰ psi) با لوله پیتوت (برای اندازه گیری فشار در سر نازلها)، دو عدد سیلندر مدرج با ظرفیت های ۱۵۰ و ۲۵۰ میلی لیتری (برای اندازه گیری حجم آب جمع آوری شده در قوطی ها)، یک عدد متر نواری، یک عدد متر نمونه برداری خاک، وسایل نقشه برداری (برای تعیین شیب زمین)، بادسنج سیار (برای اندازه گیری سرعت و جهت باد) و میخ های چوبی (برای علامت گذاری محل قوطیها) مورد استفاده قرار گرفت. دستگاه سیستم آبیاری بارانی عقربه ای مورد تحقیق دارای ۶ برج و ۷ قطعه (span) که طول لوله جانبی آن ۳۰۷/۸ متر، فاصله از محور تا برج آخر ۲۹۱ متر، طول بال معلق ۱۶ متر، سطح آبیاری شده ۲۹/۷ هکتار و حداکثر سرعت برج آخر ۱/۷۲ متر در دقیقه بود. ظرفیت سیستم موجود ۴۵ لیتر بر ثانیه و فشار کارکرد آن ۳۵psi بود. شیب زمین تحت سیستم آبیاری بارانی ۰/۹۸ درصد با بافت خاک سطحی (۵۰- سانتیمتر) عموماً silty loam بود. و در عمق ۵۰ تا ۱۰۰ سانتیمتر دارای شن و گراول زیاد بود و عملاً غیرقابل زراعت تشخیص داده شد ولی این لایه بعنوان یک زهکش طبیعی عمل می نمود. مشخصات خاک زیر پوشش آبیاری بارانی در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول (۱) - مشخصات خاک زمینهای زیرپوشش آبیاری بارانی عقربه ای

عمق خاک	بافت خاک	وزن مخصوص ظاهری	تخلخل	درصدوزنی رطوبت ظرفیت زراعی	درصدوزنی رطوبت در نقطه پژمردگی
			n	FC	PWP
(cm)	(%)	(gr/cm ³)	(%)	(%)	(%)
0 - 25	Silt Loam	1.36	49	23.5	10
25 - 50	Loam	1.45	47	21.1	10
50 - 75	Sandy Loam	1.49	40	18	7.5

نفوذپذیری خاک به روش استوانه مضاعف مورد ارزیابی قرار گرفت و خاک منطقه مورد مطالعه براساس روش SCS در دو گروه نفوذپذیری ۱ و ۱/۵ قرار گرفت که معادلات آنها به شرح زیر می باشد:

$$D = 1.781T^{0.785} + 17.0 \quad (\text{گروه نفوذ 1})$$

$$D = 2.284T^{0.799} + 17.0 \quad (\text{گروه نفوذ 2})$$

برای تعیین نیاز آبی گیاه (ذرت دانه‌ای) زیر سیستم آبیاری بارانی ابتدا میزان تبخیر و تعرق پتانسیل ماهیانه برای منطقه تعیین شد و سپس ضریب گیاهی ذرت برای ماههای دوره کشت از روش FAO استخراج گردید و سپس نیاز آب واقعی گیاه از حاصلضرب ضریب تبخیر و تعرق گیاهی و تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مینا برای هر ماه بدست آمد و این ارقام مبنای برنامه ریزی آبیاری قرار گرفت.

داده‌های مزرعه‌ای به منظور برآورد پارامترهای عملکرد با میخکوبی در چهار ردیف شعاعی از محل محور تا انتهای بازوی سیستم به فواصل ۶ متری که در کنار هریک از میخ‌های چوبی یک عدد قوطی نمونه برداری آب جمع آوری گردید اختلاف ارتفاع زمین بین ابتدا و انتهای ردیفهای شعاعی به ترتیب ۰/۱۶، ۰/۲، ۲/۱۳، ۳/۱۳ متر اندازه گیری شد.

مقادیر (عمق و حجم) آب جمع آوری شده در قوطی‌های مستقر در ردیفهای شعاعی، در جداول ۲ الی ۵ برای یک دوره نشان داده شده است. مقادیر تبخیر در طول آزمایش با قراردادن دو قوطی نمونه برداری آب در یک محل مشخص انجام گرفت که جهت برآورد تلفات تبخیر مورد استفاده قرار گرفت.

سیستم مزبور در حال کار طبیعی دارای فشار کارکرد ۳۵ psi، حداکثر سرعت گردش واحد موتوری آخر ۱/۷۲ متر در دقیقه و طول لوله جانبی تا واحد موتوری آخر و شعاع زمینی که با دستگاه مزبور آبیاری می‌شد به ترتیب ۲۹۱، ۳۰۷/۸ متر بودند. دبی سیستم ۴۵ لیتر بر ثانیه بود که بوسیله کنتوری که بر روی واحد عمودی دستگاه نصب شده بود بصورت حجمی و در واحد زمان اندازه گیری می‌شد. نقصان رطوبتی خاک در هر آزمایش قبل و بعد از شروع آبیاری مورد ارزیابی قرار گرفت.

تعیین پارامترهای ارزیابی با استفاده از داده‌های مزرعه‌ای

- تهیه نمونه‌های وزنی: برای تهیه نمونه‌های وزنی ابتدا جدولی مانند جدول (۲) تهیه گردید. از آنجایی که هرچه از نقطه محور فاصله گرفته می‌شود محلی که نمونه‌ها در آن واقع می‌شوند، نشان‌دهنده بخش وسیع‌تری از اراضی می‌باشد، حجم آب جمع آوری شده در قوطی‌ها را باید وزنی کرد. برای وزنی کردن نمونه‌ها، هریک از آنها باید در یک

ضریمی که مربوط به فاصله یا شماره محل آنهاست ضرب شوند. با توجه به آرایش، نمونه‌ها از محل محور از یک تا ۵۱ شماره گذاری گردید.

نمونه محاسبات ارزیابی سیستم آبیاری بارانی عقب‌راهی :

در این آزمایش عمق توسعه ریشه گیاه حدوداً ۳۰ سانتیمتر، حجم آب آبیاری تحویلی به مزرعه ۸۴۰ مترمکعب، کمبود رطوبتی خاک در کل ردیف بطور متوسط ۷/۹ میلی‌متر و مساحت آبیاری شده ۷۷۰۰۰ متر مربع بود. سرعت حرکت سیستم ۸۰ درصد سرعت حداکثر سیستم و سرعت باد در زمان آزمایش ۳ متر بر ثانیه بود. این مطالعه با دو سرعت حرکت سیستم، ۸۰ و ۴۰ درصد سرعت حداکثر سیستم انجام گرفت که نتایج ارائه شده در این مقاله برای ۸۰ درصد سرعت حداکثر می‌باشد. جمع‌آوری نمونه‌ها و تهیه نمونه‌های وزنی در جداول ۲ الی ۵ درج شده است. مراحل محاسبات و تعیین عوامل ارزیابی در یکی از آزمایش‌ها در طول فصل آبیاری بعنوان نمونه در زیر آورده شده است [3].

۱- محاسبه میانگین عمق آب کاربردی :

$$\text{میانگین عمق آب کاربردی} = \frac{\text{حجم آب مصرفی}}{\text{مساحت آبیاری شده}} = \frac{۸۴۰}{۷۷۰۰۰} \times ۱۰۰۰ = ۱۰/۹ \text{ میلیمتر}$$

۲- محاسبه میانگین وزنی کل نمونه‌ها (با استفاده از جدول ۲)

$$\text{میانگین وزنی کل نمونه‌ها} = \frac{\text{مجموع نمونه‌های وزنی}}{\text{مجموع اعداد نمونه‌ها}} = \frac{۹۰۳۴۱}{۱۲۲۵} = ۷۳/۷ \text{ میلیمتر}$$

برای تبدیل حجم آب میانگین وزنی کل نمونه‌ها به عمق آب ۷۳/۷ تقسیم بر سطح قوطی نمونه‌برداری (۷۸/۵ سانتیمتر مربع) شده است. بنابراین

$$\text{عمق میانگین وزنی کل نمونه‌ها} = \frac{۷۳/۷ \times ۱۰}{۷۸/۵} = ۹/۴ \text{ میلیمتر}$$

۳- محاسبه حجم و عمق آب (با استفاده از جدول ۲) میانگین وزنی نمونه‌ها در پایین‌ترین ربع

$$\text{میانگین وزنی پایین‌ترین ربع نمونه‌ها} = \frac{\text{مجموع وزنی یک چهارم پایین‌ترین نمونه‌ها}}{\text{مجموع اعداد محل آنها}}$$

برای تعیین آن ابتدا به جدول (۲) مراجعه کرده (از کل نمونه‌ها که ۵۰ عدد بود به تعداد یک چهارم آن که ۱۳ نمونه

خواهد بود) و ۱۳ نمونه از کل نمونه‌ها که مقادیر عددی آنها از نظر حجم آب جمع‌آوری شده کمتر است انتخاب گردید و مجموع وزنی و مجموع اعداد محل نمونه‌های آن محاسبه شد که نتیجه بصورت زیر است.

$$\text{میلیمتر } ۸/۱ = \text{میلی لیتر } ۶۳/۶ = \frac{۲۵۷۶۵}{۴۰۵} = \text{میانگین وزنی نمونه‌ها در پایین ترین ربع}$$

۴- محاسبه راندمان پتانسیل (PELQ).

PELQ مساوی است با میانگین وزنی پایین ترین ربع نمونه‌ها تقسیم بر میانگین عمق آب کاربردی

$$\text{PELQ} = \frac{۸/۱}{۱۰/۹} \times ۱۰۰ = ۷۴\%$$

۵- محاسبه یکنواختی پخش آب (DU)

$$\text{DU} = \frac{۸/۱}{۹/۴} \times ۱۰۰ = ۸۶\%$$

DU مساوی است با میانگین وزنی ربع پایین تقسیم بر میانگین وزنی کل نمونه‌ها

۶- محاسبه تلفات تبخیر و بادبردگی :

$$\text{تلفات تبخیر و بادبردگی} = \text{DU} - \text{PELQ} = ۸۶ - ۷۴ = ۱۲\%$$

۷- محاسبه راندمان واقعی کاربردی (AELQ)

برای محاسبه راندمان واقعی دو حالت وجود دارد. در حالت اول اگر مقدار کمبود رطوبتی خاک SMD از میانگین وزنی نمونه‌ها در پایین ترین ربع کمتر باشد که در این آزمایش چنین حالتی است.

$$\text{SMD} = ۷/۹ < ۸/۱$$

بنابراین راندمان واقعی برابر است

$$\text{AELQ} = \frac{\text{SMD}}{\text{میانگین عمق آب کاربردی}}$$

$$\text{AELQ} = \frac{۷/۹}{۱۰/۹} \times ۱۰۰ = ۷۲/۵\%$$

تاریخ : 73/4/16 درجه تنظیم سرعت دستگاه (%) : 80 شماره ردیف : 1

شماره قطعه	لوطی			شماره قطعه	لوطی		
	شماره محل	نمونه ×	لیمونه های وزنی =		شماره محل	نمونه ×	لیمونه های وزنی =
1	1	98	98	7	27	77	2079
1	2	110	220	7	28	89	2492
1	3	122	366	8	29	67	1943
1	4	67.5	270	8	30	69	2070
2	5	116	580	8	31	63.5	1968.5
2	6	67	402	8	32	59	1888
2	7	77	539	9	33	86	2838
2	8	86	688	9	34	65	2210
3	9	80.5	724.5	9	35	68	2380
3	10	87	870	9	36	69	2484
3	11	90	990	10	37	69	2553
3	12	80	960	10	38	66.5	2527
4	13	73	949	10	39	63	2457
4	14	95	1330	10	40	73	2920
4	15	72	1080	11	41	78	3198
4	16	80	1280	11	42	67	2814
5	17	118	2006	11	43	80.5	3461.5
5	18	79	1422	11	44	81	3564
5	19	75.5	1434.5	12	45	70.5	3172.5
5	20	75	1500	12	46	71	3266
6	21	77	1617	12	47	70	3290
6	22	87	1914	12	48	70	3360
6	23	77	1771	13	49	48	2352
6	24	78.5	1884	13	50	-	-
7	25	83	2075	13	51	-	-
7	26	80	2080	13	52	-	-

مجموع تمامی نمونه های وزنی : 90341

مجموع تمامی اعداد محل نمونه ها : 1225

مجموع 1/4 پایین ترین نمونه های وزنی : 25765

مجموع 1/4 پایین ترین اعداد نمونه ها : 405

تاریخ : 73/4/16 درجه تنظیم سرعت دستگاه (%) : 80 شماره ردیف : 2

شماره	قوطی			شماره	قوطی		
	نقطه	شماره محل	نمونه \times = نمونه های وزنی		نقطه	شماره محل	نمونه \times = نمونه های وزنی
1	1	88	88	7	27	67	1809
1	2	103	206	7	28	74	2072
1	3	116	348	8	29	76	2204
1	4	88	352	8	30	69	2070
2	5	73	365	8	31	70.5	2185.5
2	6	34	204	8	32	75	2400
2	7	38	266	9	33	68	2244
2	8	40	320	9	34	51	1734
3	9	73.5	661.5	9	35	74	2590
3	10	72	720	9	36	75	2700
3	11	88	968	10	37	77	2849
3	12	72	864	10	38	58	2204
4	13	75	975	10	39	57	2223
4	14	82	1148	10	40	75	3000
4	15	84	1260	11	41	61.5	2521.5
4	16	90	1440	11	42	60	2520
5	17	83	1411	11	43	62	2666
5	18	73.5	1323	11	44	59	2596
5	19	68	1292	12	45	58	2610
5	20	77	1540	12	46	66	3036
6	21	73	1533	12	47	73	3431
6	22	77	1694	12	48	72.5	3480
6	23	75	1725	13	49	64	3136
6	24	73.5	1764	13	50	55	2750
7	25	72	1800	13	51	18	-
7	26	78	2028	13	52	-	-

مجموع تمامی نمونه های وزنی : 87223.5

مجموع تمامی اعداد محل نمونه ها : 1275

مجموع 1/4 پایین ترین نمونه های وزنی : 25750

مجموع 1/4 پایین ترین اعداد نمونه ها : 446

درجه تنظیم سرعت دستگاه (٪) : 80 شماره ردیف: 3

تاریخ : 73/4/16

شماره نقطه	لوطی			شماره نقطه	لوطی		
	شماره محل	نمونه = X	نمونه های وزنی		شماره محل	نمونه = X	نمونه های وزنی
1	1	79	79	7	27	65	1755
1	2	143	286	7	28	67	1876
1	3	98	294	8	29	59	1711
1	4	102	408	8	30	61	1830
2	5	98	490	8	31	63.5	1968.5
2	6	99	594	8	32	60	1920
2	7	89	623	9	33	60	1980
2	8	88.5	708	9	34	62	2108
3	9	74	666	9	35	72	2520
3	10	72	720	9	36	74	2664
3	11	72	792	10	37	78	2886
3	12	51	612	10	38	69	2622
4	13	65	845	10	39	60	2340
4	14	78.5	1099	10	40	77	3080
4	15	75	1125	11	41	84.5	3464.5
4	16	74.5	1192	11	42	85	3570
5	17	79	1343	11	43	74	3182
5	18	74	1332	11	44	73	3212
5	19	65	1235	12	45	84.5	3802.5
5	20	68	1360	12	46	68	3128
6	21	70	1470	12	47	91	4277
6	22	63	1386	12	48	70.5	3384
6	23	82	1886	13	49	38	1862
6	24	70	1680	13	50	-	-
7	25	68	1700	13	51	-	-
7	26	68	1768	13	52	-	-

مجموع تمامی نمونه های وزنی : 86830

مجموع تمامی اعداد محل نمونه ها : 1225

مجموع 1/4 پایین ترین نمونه های وزنی : 22912

مجموع 1/4 پایین ترین اعداد نمونه ها : 341

شماره نقطه	قوطی			شماره نقطه	قوطی		
	شماره محل	نمونه X	نمونه های وزنی =		شماره محل	نمونه X	نمونه های وزنی =
1	1	71	71	7	27	64	1728
1	2	78	156	7	28	86	2408
1	3	110	330	8	29	97	2813
1	4	85	340	8	30	94	2820
2	5	112	560	8	31	83.5	2588.5
2	6	62	372	8	32	83	2656
2	7	62	434	9	33	79	2607
2	8	100	800	9	34	81	2754
3	9	109	981	9	35	92	3220
3	10	60	600	9	36	98	3528
3	11	55	605	10	37	95.5	3533.5
3	12	68	816	10	38	83	3154
4	13	51.5	669.5	10	39	89	3471
4	14	59	826	10	40	92	3680
4	15	62	930	11	41	93.5	3833.5
4	16	75	1200	11	42	82	3444
5	17	84	1428	11	43	84	3612
5	18	83	1494	11	44	85	3740
5	19	86	1634	12	45	87	3915
5	20	76	1520	12	46	74	3404
6	21	73.5	1543.5	12	47	85	3995
6	22	81	1782	12	48	92	4416
6	23	67	1541	13	49	73	3577
6	24	62	1488	13	50	69	3450
7	25	88	2200	13	51	47	2397
7	26	86.5	2249	13	52	-	-

مجموع تمامی نمونه های وزنی : 107314

مجموع تمامی اعداد محل نمونه ها : 1326

مجموع 1/4 پایین ترین نمونه های وزنی : 15857

مجموع 1/4 پایین ترین اعداد نمونه ها : 263

در حالت دوم، اگر کمبود رطوبتی خاک (SMD) بیشتر از میانگین وزنی نمونه‌ها در پایین‌ترین ریع باشد در این صورت (AELQ = PELQ) راندمان واقعی برابر راندمان پتانسیل و از فرمول PELQ بدست می‌آید.

۸- از مرحله ۲ تا مرحله ۱۰ برای ردیف‌های ۲ و ۳ و ۴ آزمایش انجام گرفت.

۹- میانگین چهار ردیف محاسبه شده و بعنوان عوامل ارزیابی یک آبیاری مورد استفاده قرار گرفت که خلاصه محاسبات آن در جدول ۶ آمده است.

۱۰- محاسبه ضریب یکنواختی کریستیانسن: برای ردیف یک در جدول (۲) بدست می‌آید [2].

$$CU_{cp} = 100 \left(1 - \left[\frac{\sum S |V - (\sum VS / \sum S)|}{\sum VS} \right] \right)$$

$$\sum VS = 90341$$

$$\sum S = 1225$$

$$\frac{\sum VS}{\sum S} = 73/75$$

$$\sum S |V - \frac{\sum VS}{\sum S}| = 9942$$

$$CU_{cp} = 100 \left[1 - \left(\frac{9942}{90341} \right) \right] = 789$$

که در رابطه فوق

CU_{cp} = ضریب یکنواختی کریستیانسن برای سیستم آبیاری بارانی عقربه‌ای

S = فاصله یا شماره قوطی‌های جمع‌کننده آب یا فواصل یکسان

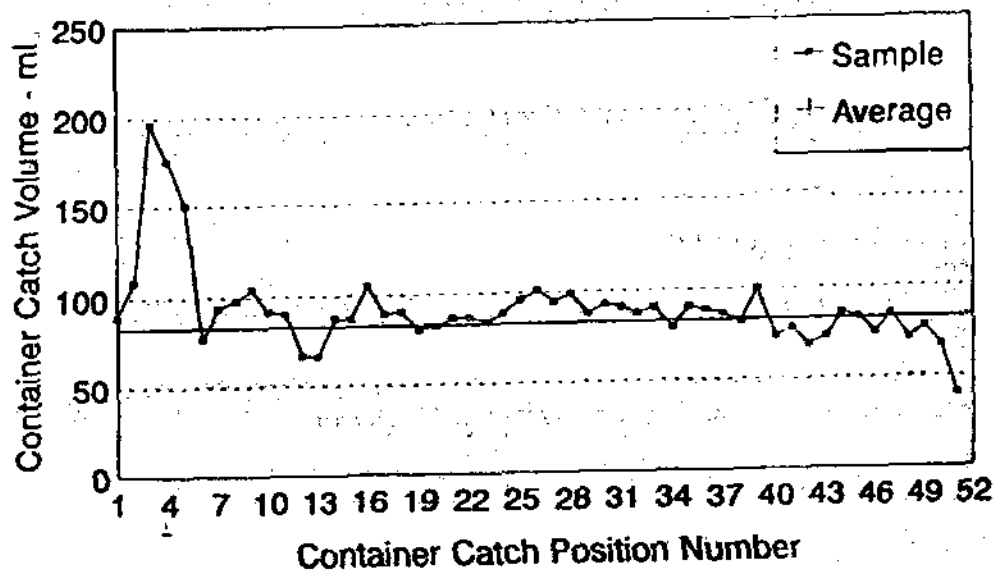
V = حجم آب جمع شده در قوطی‌های جمع‌کننده آب در فاصله S

\sum = نمایانگر مجموع تمام قوطی‌های جمع‌کننده آب یا فواصل یکسان.

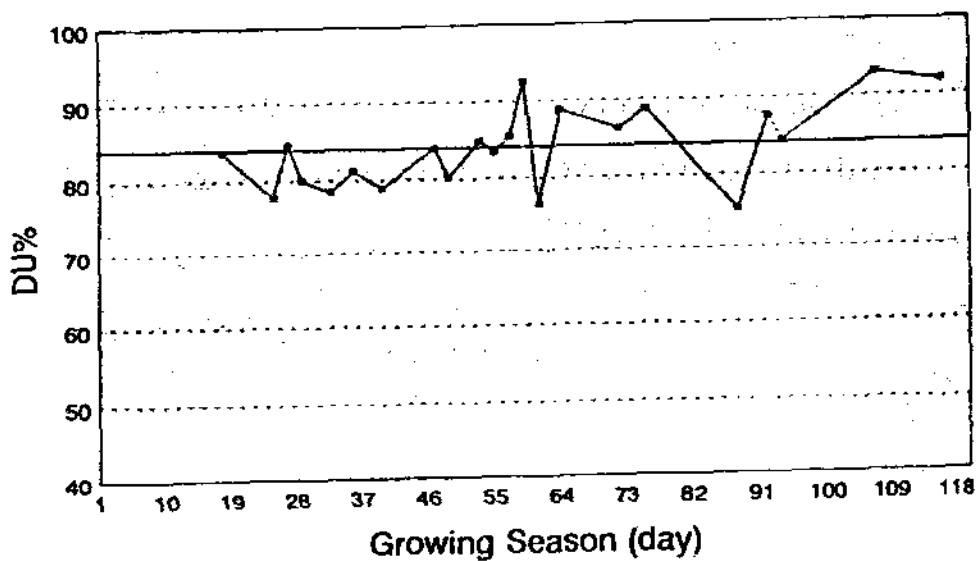
۴- بحث نتایج

از اولین نکات مورد بحث در آبیاری سنتریوت حجم آب جمع‌آوری شده نمونه‌ها می‌باشد. با ترسیم نمودار حجم نمونه‌ها و یا عمق در مقابل فاصله آن از محور در شکل (۱) آبیاشهایی را که از کار افتاده‌اند و یا محل فواره‌هایی که قطر آنها نامناسب است مشخص می‌گردد.

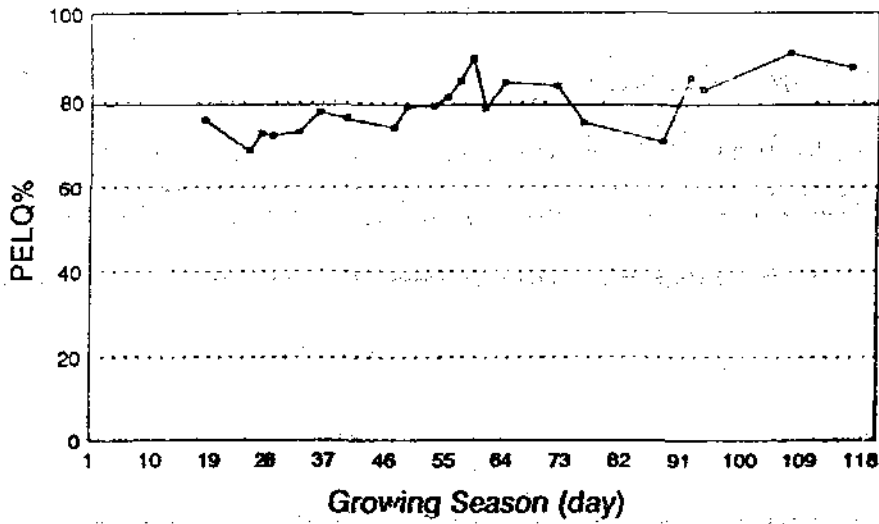
همانطوری که از منحنی و مشاهده جدول (۲) برمی‌آید، در زیر آبیاشهای ۳ الی ۱۱ تقریباً در تمامی آزمایشات حجم آب جمع‌آوری شده خیلی بیشتر از میانگین نمونه‌های جمع‌آوری شده می‌باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که اندازه روزنه آبیاشها در این چند مورد زیاد انتخاب شده است و با کم کردن یک شماره از اندازه روزنه آنها می‌توان به



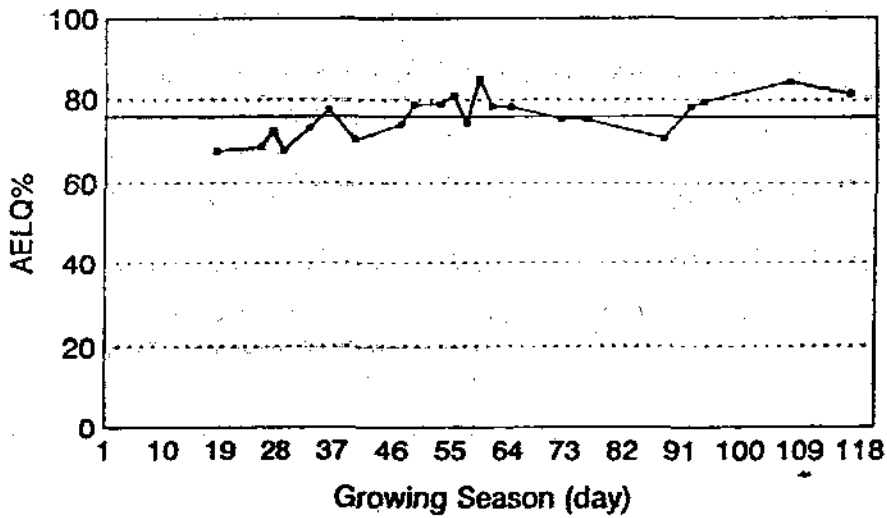
شکل (۱۱) - توزیع پراکنش آب جمع آوری شده در نوبت‌های زیربازوی (اترال) سیستم آبیاری (سرعت ۱۸۰)



شکل (۱۲) - نمودار تغییرات توزیع یکنواخت در سیستم آبیاری بارانی غرقه ای



شکل (۲۱) - نمودار تغییرات راندمان پتانسیل در طول فصل زراعی در سیستم آبیاری بارانی عقربه‌ای



شکل (۲۲) - نمودار تغییرات راندمان واقعی در سیستم آبیاری بارانی عقربه‌ای

جدول (۶) نتایج ارزیابی آبیاری بارانی عقربه‌ای

تاریخ: 73/4/16 ساعت شروع آزمایش: 7:30 ساعت پایان آبیاری: 13:00 فشار کلزکرد (م): 35

ملاحظات	تعداد	پتانسیل	راندمان	کمبود و طولانی	راندمان	میانگین وزنی	میانگین	میانگین	حجم آب	لاکتورها
سرعت باد	نیچر	پخش آب	واقعی	خاک	پتانسیل	یک چهارم پایین ترین نمونه ها	وزنی	مقدار آب کلریدی	آبیاری	تکرارها
(m/s)	%	DU	AELQ	SMD	PELQ	(mm)	(mm)	(mm)	3 (m)	
3	12	86	72.5	7.9	74	8.1	9.4	10.9	210	ردیف 1
4	16.6	84	67.4	7.9	67.4	7.35	8.71	10.9	210	ردیف 2
2	16.5	95	72.5	7.9	78.5	8.56	9.03	10.9	210	ردیف 3
5	4.5	75	70.6	7.9	70.5	7.7	10.3	10.9	210	ردیف 4
5	12	84.7	72.5	7.9	72.7	7.93	9.36	10.9	840	میانگین

دبی سیستم (l/s): 45 درجه تنظیم دستگاه (%): 80
سرعت باد (m/s): سرعت آبیاری شده (mm³): 77000

عمق پخش یکنواخت‌تری دست یافت. همچنین از نمونه‌های جمع‌آوری شده در زیر آبیاشهای ۱۰۷ الی ۱۱۲ ملاحظه می‌گردد که مقادیر این نمونه‌ها خیلی کمتر از میانگین نمونه‌ها بوده و این نشان می‌دهد که اندازه آبیاشها در نقاط فوق کم انتخاب شده است و بهتر است که یک شماره به اندازه روزنه آنها اضافه گردد.

نتایج ارزیابی سیستم آبیاری بارانی عقربه‌ای در جدول (۶) آمده است و نتایج حاصله از کل جداول در طول فصل آبیاری به شرح زیر است.

۱- میانگین یکنواختی پخش DU بدست آمده در طول فصل زراعی تقریباً برابر ۸۴ درصد بوده که این مقدار نمایانگر این است که سیستم ستیریوت از شرایط متوسط برخوردار است. مقادیر DU ارتباطی به سرعت گردش دستگاه ندارند. همچنین مقادیر بدست آمده از ردیف ۱ در اکثر آزمایشات بیشتر از ردیفهای دیگر بوده است و این موضوع به احتمال زیاد به دلیل اختلاف ارتفاع (متر ۰/۱۷) بین ابتدا و انتهای بال باشد چون در ردیف چهارم آزمایش مقادیر DU همیشه کمتر از دیگر ردیفها بوده است چون در ردیف چهارم حداکثر اختلاف ارتفاع بین ابتدا و انتهای بال دستگاه (متر ۳/۲) بوده است. اختلاف ارتفاع در ردیف چهارم دستگاه حدود ۲۴/۲ درصد فشار آخرین آبیاش که برابر (۱۸/۵psi) بوده است می‌باشد و این مقدار قابل قبولی نیست چون اختلاف ارتفاع بین ابتدا و انتهای بال اگر از ۲۰٪ فشار آخرین آبیاش بیشتر باشد در مقدار DU در جهت کم شدن آن تأثیر زیادی می‌گذارد. ولی در ردیف یک آزمایشها، اختلاف ارتفاع (۰/۱۷ متر) کمترین تأثیر را بر DU دارد چون مقدار آن ۰/۲۴psi بود که این تنها ۲ درصد فشار آخرین آبیاش (۱۸/۵psi) است. تغییرات DU در طول فصل زراعی در شکل (۲) آمده است.

۲- میانگین مقادیر PELQ یا راندمان پتانسیل کاربرد در طول فصل زراعی برابر ۷۹ درصد بدست آمده مقدار ۷۹ درصد برای راندمان پتانسیل در سیستم آبیاری بارانی عقربه‌ای نسبتاً کم به نظر می‌رسد و این نشان می‌دهد که سیستم موجود با زمین و شرایط زراعی موجود مطابقت خوبی ندارد و خوب طراحی نشده است. بنابراین با اصلاح سیستم می‌توان راندمان بالقوه آن را بالا برد. روش پیشنهادی در جهت اصلاح راندمان بالقوه افزایش فشار کارکرد سیستم و کاهش قطر روزنه‌ها است که در این صورت راندمان بالایی حاصل می‌گردد. همانطوری که از جدول (۶) ملاحظه می‌شود، تأثیر اختلاف ارتفاع دوسریال بر راندمان پتانسیل نیز مشهود است ولی این تأثیر بر DU خیلی بیشتر از PELQ به نظر می‌رسد و همچنین اعداد جدول نشان می‌دهند که سرعت چرخش دستگاه نیز بر PELQ تأثیر دارد و هرچه سرعت دستگاه کمتر بوده مقدار PELQ افزایش نشان می‌دهد. چون اختلاف میانگین کاربردی با میانگین عمق یک چهارم پایین‌ترین کمتر شده است، با مقایسه مقادیر DU با PELQ ملاحظه می‌شود که اختلاف کمی دارند که نشان‌دهنده مقدار تلفات آب ناشی از بادزدگی و تبخیر است و در مقایسه با خطای اندازه‌گیری بسیار ناچیز می‌باشد. تغییرات مقادیر PELQ در طول فصل زراعی برای سیستم آبیاری بارانی عقربه‌ای در شکل (۴) نشان داده شده است.

۳- میانگین مقادیر راندمان واقعی سیستم (AELQ) در طول فصل زراعی تقریباً برابر ۷۶ درصد بدست آمده که مقدار قابل قبولی در سیستم آبیاری بارانی عقربه‌ای می‌باشد. مقادیر AELQ راندمان واقعی سیستم،

نشان‌دهنده این است که سیستم از نظر مدیریتی خوب عمل نموده است. و اختلاف AELQ و PELQ ناچیز بوده و این نشان می‌دهد که سیستم خوب کار کرده است. در بیشتر موارد مقادیر AELQ و PELQ برابر بودند و این نشان می‌دهد که حداقل عمق آب داده شده به زمین و ذخیره شده در منطقه ریشه، کمتر از کمبود رطوبتی خاک بوده است و بنابراین در بعضی موارد آب آبیاری کمتر از نیاز اعمال شده است، یا بعبارتی آب آبیاری کافی نبوده است. روند تغییرات AELQ در طول فصل تقریباً یکسان بوده است. و در روزهای از فصل که باد و شدت گرما زیادتر بوده این راندمان پایین‌تر آمده است. تغییرات مقادیر AELQ برای سیستم عقربه‌ای در طول فصل زراعی در شکل (۵) نشان داده شده است.

۴- رواناب سطحی: چون سیستم از حالت طراحی شده خود خارج بود و با دبی و فشار (دبی و فشار طراحی به ترتیب ۳۳ لیتر بر ثانیه و ۲۷psi) غیر طراحی کار (۴۵ لیتر بر ثانیه و ۳۵psi) می‌کرد بنابراین شدت پخش آب زیادتر از مقدار طراحی بود و این امر باعث شده بود که (شدت پخش آب در آخر آبیاری، ۱/۸ میلی‌متر بر ساعت) بیشتر از شدت نفوذ آب در خاک باشد.

خصوصاً در طول بال ۲۰۰ متر به بالا این شدت زیادتر شده و بنابراین باعث ایجاد رواناب گردد البته در سرعت‌های بالای دستگاه هرزآب ایجاد نگردد ولی در سرعت‌های تنظیم شده ۵۰٪ و ۴۰٪ رواناب مشاهده شد و باعث حالت ماندابی در فاصله بین ۱۸۰ تا ۲۸۰ متری طول بال دستگاه گردید.

بنابراین مقادیر PELQ بدست آمده در شرایط سرعت ۵۰٪ و یا ۴۰٪ را بطور قطعی نمی‌توان بعنوان راندمان بالقوه سیستم پذیرفت چون مقدار زیادی رواناب سطحی وجود داشت و زیادکردن سرعت سیستم باعث کاهش عمق آب در هر آبیاری و در نتیجه جلوگیری از جریان یافتن رواناب سطحی گردید چون خاک دارای بافت نسبتاً سبک بود. راه‌حلهای ممکن دیگر برای کاهش رواناب دستگاه، کاهش قطر فواره آبیاری و در نتیجه کاهش دبی آبیاری جهت ظرفیت سیستم و میزان عمق کاربردی می‌باشد. برای حفظ یکنواختی باید تمامی فواره‌ها تعویض شود، همچنین جهت جلوگیری از جریان یافتن رواناب سطحی بهتر است که در جهت عمود بر شیب زمین شیارهایی ایجاد شود و سعی گردد که کلیه عملیات زراعی در این جهت انجام گیرد. این عمل ظرفیت ذخیره سطحی خاک را بیشتر کرده و باعث می‌شود که آب فرصت بیشتری برای نفوذ در خاک داشته باشد.

همچنین افزایش فشار و کاهش قطر فواره‌ها در تمام سیستم جهت یکسان نگاه داشتن شدت پخش الزامی است در این حالت میانگین قطر قطرات آب کمتر شده و در نتیجه به دلیل برخورد قطرات کوچکتر آب با سطح خاک موجب انسداد منافذ خاک که از اصلی‌ترین دلایل کاهش نفوذپذیری است، نمی‌گردد.

۵- نتایج

۱- برای دستیابی به عمق پخش یکنواخت بعضی از اندازه‌های روزنه‌های باید تغییر پیدا نماید.

- ۲- میانگین یکنواختی پخش (DU) در طول فصل زراعی تقریباً برابر ۸۴ درصد گردید. که این میزان برای سیستم بارانی عقربه‌ای مقدار متوسطی محسوب می‌گردد.
- ۳- میانگین مقادیر راندمان بالقوه (PELQ) در طول فصل زراعی تقریباً برابر ۷۹ درصد بدست آمد که این مقدار برای سیستم آبیاری بارانی عقربه‌ای نسبتاً کم به نظر می‌رسد و احتمالاً نمایانگر نقص طراحی سیستم است.
- ۴- میانگین مقادیر راندمان واقعی (AELQ) در طول فصل زراعی تقریباً ۷۶ درصد بدست آمد که مقدار قابل قبولی در سیستم آبیاری بارانی عقربه‌ای می‌باشد.

سیاسگزاری

کلیه هزینه‌ها و امکانات اجرایی این طرح توسط مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی فراهم شده است که بدین وسیله صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

- 1- ASCE Committee, 1978. "Describing Irrigation Efficiency and Uniformity" ASCE, J. of Irr. and Drainage Division, Vol. 104, No. IR1, pp: 35-41.
- 2- Jensen, M.E. 1983. "Design & Operation of Farm Irrigation Systems." ASAE Monograph.
- 3- Merriam, J.L. and Keller J. 1978. "Farm Irrigation System Evaluation : A Guide for Management: Utah State University, Utah, 271 p.
- 4- Roland, L. 1982. "Mechanized Sprinkler Irrigation." FAO, Irrigation and Drainage, No: 35, 409 p.

Performance Evaluation of Center Pivot Irrigation System

Teymour M. Sohrab & R. Asilmanesh

Abstract :

The major objective of this study was to determine the evaluation factors of center pivot irrigation system and factors which usually affect on irrigation performance and then to present a solution for the improvement of irrigation water use and to point out the design problems.

In order to achieve this aim, the characteristics of the soil and the growing plant (seed corn) along with design parameters were determined.

To evaluate the center pivot irrigation system, the system was designed on the basis of soil and the growing plant characteristics. Then it was examined with existing condition. Four radial rows of catch containers spacing 6 meter were set up and then the necessary factors for evaluation were determined. The evaluation factors were calculated with the analysis of the field data. The results of this study are as follows :

The volume of irrigation water used in the center pivot system was about 9184 m³ /ha (the calculated crop water use for seed corn was about 6890 m³ /ha). During the growing season, the average PELQ for the center pivot system was about 79 percent. The average AELQ for the center pivot system was about 75.8 percent. DU value for the center pivot system was about 84 percent.

DU, PELQ values were low at the center pivot system because it was not properly designed for the existing condition. In the mean lime, it seems that the difference between PELQ and AELQ value was meaningful which may indicate the existance of management problems.

Key Words : Irrigation, Efficiency, Center Pivot, Performace.