مجموعه مقالات هشتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

مقاله شماره ۷

موضوع :

ارزیابی عملکرد سیستم آبیاری بارانی عقربه‌ای (سنترپیوت)

توسط :

تیمور سهرابی، رضا اصیل‌منش

چکیـــــده

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 وتهیه نهال و بذر در شمال شرقی مشکین‌آباد کرج واقع بود طراحی گردید وبا 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 گردیده و با تجزیه و تحلیل داده‌های صحرایی عوامل ارزیابی (CU, DU, PELQ, AELQ) محاسبه شدند. حجم آب آبیاری مصرف شده در سیستم آبیاری بارانی ۹۱۸۴ مترمکعب درهکتار 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 وتحلیل عوامل ارزیابی نشان دادند که سیستم آبیاری از کارآیی 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، سنترپیوت

۱- مقدمه

بطورکلی تحلیل هر سیستم آبیاری راکه بر پایهٔ 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 قرار گیرد 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 بوسیلهٔ اندازه‌گیری‌های عملکرد مزرعه‌ایی 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 ۹۰درصد 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 ببینند 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 تجارتی 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.

$$DU = \frac{\text{متوسط عمق آب نفوذی}}{\text{متوسط یک چهارم حداقل عمق‌های آب نفوذیافته}} \times ۱۰۰$$

مقدار کم DU در صورتی که آبیاری کافی انجام پذیرد نشانه تلفات آب در شکل فرونشت 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 = (متوسط عمق ناخالص آبیاری / میانگین یک چهارم حداقل عمق‌های آب نفوذ یافته و ذخیره شده در منطقه ریشه) × ۱۰۰

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

AELQ = (SMD/ میانگین عمق ناخالص آب آبیاری) × ۱۰۰

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 آبشویی مورد نیاز باشد، یک چهارم کمترین عمق آب نفوذی مطلوب برابر SMD بعلاوه عمق آب آبشویی 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 می‌نیمم نفوذیافته معادل عمق مطلوب آبیاری باشد. مقادیر پایین PELQ معمولاً مربوط به طراحی ضعیف سیستم و یا کارآیی ضعیف سیستم موجود است و در صورت طراحی صحیح و پایین‌بودن 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.

$$PELQ = \frac{\text{میانگین کمترین ربع عمق نفوذ زمانی که برابر MAD باشد}}{\text{میانگین عمق آب آبیاری پس از اینکه MAD جبران شده باشد}} \times ۱۰۰$$

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 معنی‌داری که جهت اصلاح یک روش یا سیستم آبیاری با نوع دیگر آن می‌تواند صورت بگیرد، مقایسه بین مقادیر PELQ آنها است. البته لازمه چنین مقایسه‌ای کاربرد مقدار مشابه آب آبیاری برای جبران MAD می‌باشد. مقایسه‌های اقتصادی باید هزینه‌های آبیاری، تولید محصول و همچنین عملکرد مورد انتظار را در بربگیرد.

۲- مواد و روش‌ها :

برای ارزیابی سیستم موردنظر که در مزرعه ۵۰۰ هکتاری مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در شمال شرقی مشکین‌آباد کرج واقع بود و زمینی به وسعت ۲۹/۷ هکتار را آبیاری می‌نمود وسایلی از قبیل ۲۲۰ عدد قوطی نمونه‌برداری آب، دو عدد فشارسنج (۱۰۰psi-۰) با لوله پیتوت (برای اندازه‌گیری فشار در سر نازلها)، دو عدد سیلندر مدرج با ظرفیت‌های ۱۵۰ و ۲۵۰ میلی‌لیتری (برای اندازه‌گیری حجم آب جمع‌آوری شده در قوطی‌ها)، یک عدد متر نواری، یک عدد متر نمونه‌برداری خاک، وسایل نقشه‌برداری (برای تعیین شیب زمین)، بادسنج سیار (برای اندازه‌گیری سرعت و جهت باد) و میخ‌های چوبی (برای علامت‌گذاری محل قوطیها) مورد استفاده قرار گرفت. دستگاه سیستم آبیاری بارانی عقربه‌ای مورد تحقیق دارای ۶ برج و ۷ قطعه (span) که طول لوله جانبی آن ۳۰۷/۸متر، 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 برثانیه و فشار کارکرد آن ۳۵psi بود.

شیب زمین تحت سیستم آبیاری بارانی ۰/۹۸ درصد با بافت خاک سطحی (۵۰-۰ 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 می‌نمود. مشخصات خاک زیر پوشش آبیاری بارانی در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول (۱) - مشخصات خاک زمینهای زیرپوشش آبیاری بارانی عقربه‌ای

عمق خاک (cm)	بافت خاک (%)	وزن‌مخصوص‌ظاهری (gr/cm^3)	تخلخل n (%)	درصدوزنی‌رطوبت ظرفیت زراعی FC (%)	درصدوزنی‌رطوبت درنقطه‌پژمردگی PWP (%)
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 می‌باشد :

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

$D = 2.284T^{0.799} + 17.0$ (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 مبنا برای هر ماه بدست آمد و این ارقام مبنای برنامه‌ریزی 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 نمونه‌برداری آب جمع‌آوری گردید اختلاف ارتفاع زمین بین ابتدا و انتهای ردیفهای شعاعی به ترتیب ۰/۱۶، ۲/۰، ۲/۱۳، ۳/۱۳ متر اندازه‌گیری شد.

مقادیر (عمق و حجم) آب جمع‌آوری 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 نمونه‌برداری 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 ۱/۷۲متر 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 اندازه‌گیری 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

ـ 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 جمع‌آوری شده در قوطی‌ها را باید وزنی کرد. برای وزنی‌کردن نمونه‌ها، هریک از آنها باید در یک

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

نمونه محاسبات ارزیابی سیستم آبیاری بارانی عقربه‌ای :

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 (۷۸/۵سانتیمتر 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

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

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.

میانگین وزنی نمونه‌ها در پایین‌ترین ربع = $\frac{۲۵۷۶۵}{۴۰۵}$ = ۶۳/۶ میلی‌لیتر ۸/۱ = میلیمتر

۴- محاسبه راندمان پتانسیل (PELQ).

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

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

۵- محاسبه یکنواختی پخش آب (DU)

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

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

۶- محاسبه تلفات تبخیر و بادبردگی :

تلفات تبخیر و بادبردگی = DU - 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 پایین‌ترین ربع کمتر باشد که در این آزمایش چنین حالتی است.

$$SMD = ۷/۹ < ۸/۱$$

بنابراین راندمان واقعی برابر است

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

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

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

شماره قطعه	قوطی		
	نمونه های وزنی	= نمونه ×	شماره محل
7	2079	77	27
7	2492	89	28
8	1943	67	29
8	2070	69	30
8	1968.5	63.5	31
8	1888	59	32
9	2838	86	33
9	2210	65	34
9	2380	68	35
9	2484	69	36
10	2553	69	37
10	2527	66.5	38
10	2457	63	39
10	2920	73	40
11	3198	78	41
11	2814	67	42
11	3461.5	80.5	43
11	3564	81	44
12	3172.5	70.5	45
12	3266	71	46
12	3290	70	47
12	3360	70	48
13	2352	48	49
13	-	-	50
13	-	-	51
13	-	-	52

شماره قطعه	قوطی		
	نمونه های وزنی	= نمونه ×	شماره محل
1	98	98	1
1	220	110	2
1	366	122	3
1	270	67.5	4
2	580	116	5
2	402	67	6
2	539	77	7
2	688	86	8
3	724.5	80.5	9
3	870	87	10
3	990	90	11
3	960	80	12
4	949	73	13
4	1330	95	14
4	1080	72	15
4	1280	80	16
5	2006	118	17
5	1422	79	18
5	1434.5	75.5	19
5	1500	75	20
6	1617	77	21
6	1914	87	22
6	1771	77	23
6	1884	78.5	24
7	2075	83	25
7	2080	80	26

مجموع تمامی اعداد محل نمونه ها: 1225

مجموع ١/٤ پایین ترین اعداد نمونه ها : 405

مجموع تمامی نمونه های وزنی : 90341

مجموع ١/٤ پایین ترین نمونه های وزنی : 25765

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

شماره نقطه	قوطی		
	نمونه های وزنی	= نمونه ×	شماره محل
7	1809	67	27
7	2072	74	28
8	2204	76	29
8	2070	69	30
8	2185.5	70.5	31
8	2400	75	32
9	2244	68	33
9	1734	51	34
9	2590	74	35
9	2700	75	36
10	2849	77	37
10	2204	58	38
10	2223	57	39
10	3000	75	40
11	2521.5	61.5	41
11	2520	60	42
11	2666	62	43
11	2596	59	44
12	2610	58	45
12	3036	66	46
12	3431	73	47
12	3480	72.5	48
13	3136	64	49
13	2750	55	50
13	-	18	51
13	-	-	52

شماره نقطه	قوطی		
	نمونه های وزنی	= نمونه ×	شماره محل
1	88	88	1
1	206	103	2
1	348	116	3
1	352	88	4
2	365	73	5
2	204	34	6
2	266	38	7
2	320	40	8
3	661.5	73.5	9
3	720	72	10
3	968	88	11
3	864	72	12
4	975	75	13
4	1148	82	14
4	1260	84	15
4	1440	90	16
5	1411	83	17
5	1323	73.5	18
5	1292	68	19
5	1540	77	20
6	1533	73	21
6	1694	77	22
6	1725	75	23
6	1764	73.5	24
7	1800	72	25
7	2028	78	26

مجموع تمامی اعداد محل نمونه ها: 1275 مجموع تمامی نمونه های وزنی : 87223.5

مجموع ۱/٤ پایین ترین اعداد نمونه ها : 446 مجموع ۱/٤ پایین ترین نمونه های وزنی : 25750

تاریخ : 73/4/16 درجه تنظیم سرعت دستگاه (%) : 80 شماره ردیف: 3

شماره نقطه	قوطی		
	شماره محل	= نمونه ×	نمونه های وزنی
7	27	65	1755
7	28	67	1876
8	29	59	1711
8	30	61	1830
8	31	63.5	1968.5
8	32	60	1920
9	33	60	1980
9	34	62	2108
9	35	72	2520
9	36	74	2664
10	37	78	2886
10	38	69	2622
10	39	60	2340
10	40	77	3080
11	41	84.5	3464.5
11	42	85	3570
11	43	74	3182
11	44	73	3212
12	45	84.5	3802.5
12	46	68	3128
12	47	91	4277
12	48	70.5	3384
13	49	38	1862
13	50	-	-
13	51	-	-
13	52	-	-

شماره نقطه	قوطی		
	شماره محل	= نمونه ×	نمونه های وزنی
1	1	79	79
1	2	143	286
1	3	98	294
1	4	102	408
2	5	98	490
2	6	99	594
2	7	89	623
2	8	88.5	708
3	9	74	666
3	10	72	720
3	11	72	792
3	12	51	612
4	13	65	845
4	14	78.5	1099
4	15	75	1125
4	16	74.5	1192
5	17	79	1343
5	18	74	1332
5	19	65	1235
5	20	68	1360
6	21	70	1470
6	22	63	1386
6	23	82	1886
6	24	70	1680
7	25	68	1700
7	26	68	1768

مجموع تمامی اعداد محل نمونه ها: 1225 مجموع تمامی نمونه های وزنی : 86830

مجموع ۱/٤ پایین ترین اعداد نمونه ها : 341 مجموع ۱/٤ پایین ترین نمونه های وزنی : 22912

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

قوطی				شماره نقطه
نمونه های وزنی	= نمونه	× شماره محل		
1728	64	27		7
2408	86	28		7
2813	97	29		8
2820	94	30		8
2588.5	83.5	31		8
2656	83	32		8
2607	79	33		9
2754	81	34		9
3220	92	35		9
3528	98	36		9
3533.5	95.5	37		10
3154	83	38		10
3471	89	39		10
3680	92	40		10
3833.5	93.5	41		11
3444	82	42		11
3612	84	43		11
3740	85	44		11
3915	87	45		12
3404	74	46		12
3995	85	47		12
4416	92	48		12
3577	73	49		13
3450	69	50		13
2397	47	51		13
-	-	52		13

قوطی				شماره نقطه
نمونه های وزنی	= نمونه	× شماره محل		
71	71	1		1
156	78	2		1
330	110	3		1
340	85	4		1
560	112	5		2
372	62	6		2
434	62	7		2
800	100	8		2
981	109	9		3
600	60	10		3
605	55	11		3
816	68	12		3
669.5	51.5	13		4
826	59	14		4
930	62	15		4
1200	75	16		4
1428	84	17		5
1494	83	18		5
1634	86	19		5
1520	76	20		5
1543.5	73.5	21		6
1782	81	22		6
1541	67	23		6
1488	62	24		6
2200	88	25		7
2249	86.5	26		7

مجموع تمامی اعداد محل نمونه ها: 1326 مجموع تمامی نمونه های وزنی : 107314

مجموع ۱/٤ پایین ترین اعداد نمونه ها : 263 مجموع ۱/٤ پایین ترین نمونه های وزنی : 15857

در حالت دوم، اگر کمبود رطوبتی خاک (SMD) بیشتر از میانگین وزنی نمونه‌ها در پایین‌ترین ربع 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].

$$CU_{cp} = ۱۰۰ \ (۱- \ [\{\Sigma Ss|V - (\Sigma VS/\Sigma S)|\}/\Sigma VS])$$

$$\Sigma VS = ۹۰۳۴۱$$

$$\Sigma S = ۱۲۲۵$$

$$\frac{\Sigma VS}{\Sigma S} = ۷۳/۷۵$$

$$\Sigma S|V - \frac{\Sigma VS}{\Sigma S}| = ۹۹۴۲$$

$$CU_{cp} = ۱۰۰ \ [۱-(\frac{۹۹۴۲}{۹۰۳۴۱})] = ٪۸۹$$

که در رابطه فوق

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

S = فاصله یا شماره قوطی‌های جمع‌کننده آب با فواصل یکسان

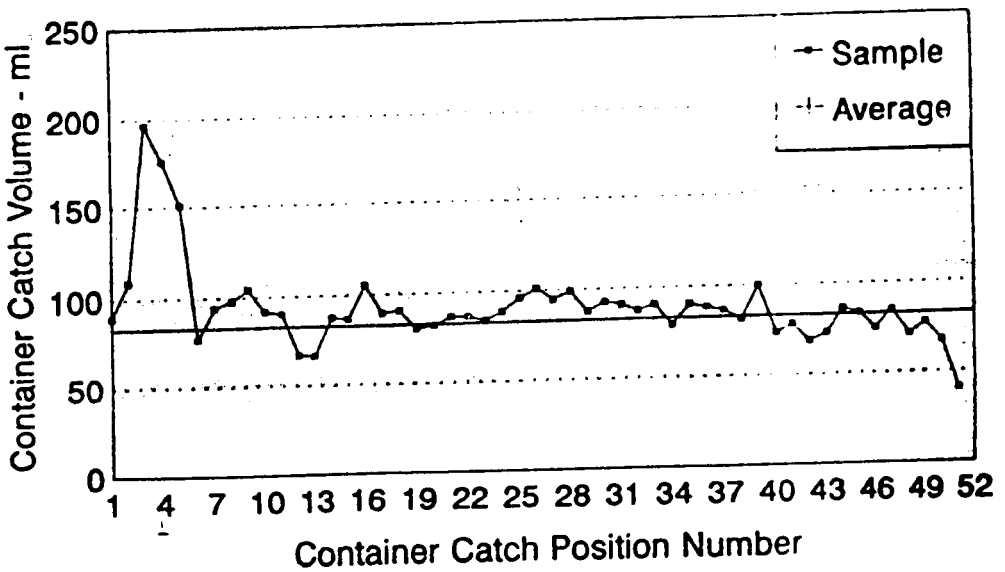
V = حجم آب جمع شده در قوطی‌های جمع‌کننده آب در فاصله S

Σ = نمایانگر مجموع تمام قوطی‌های جمع‌کننده آب با فواصل یکسان .

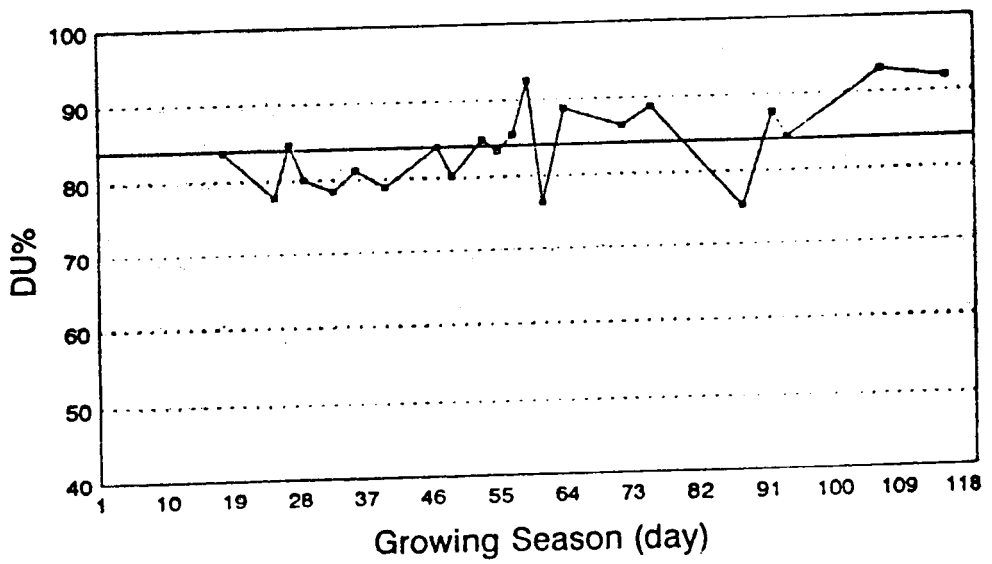
۴- بحث نتایج

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

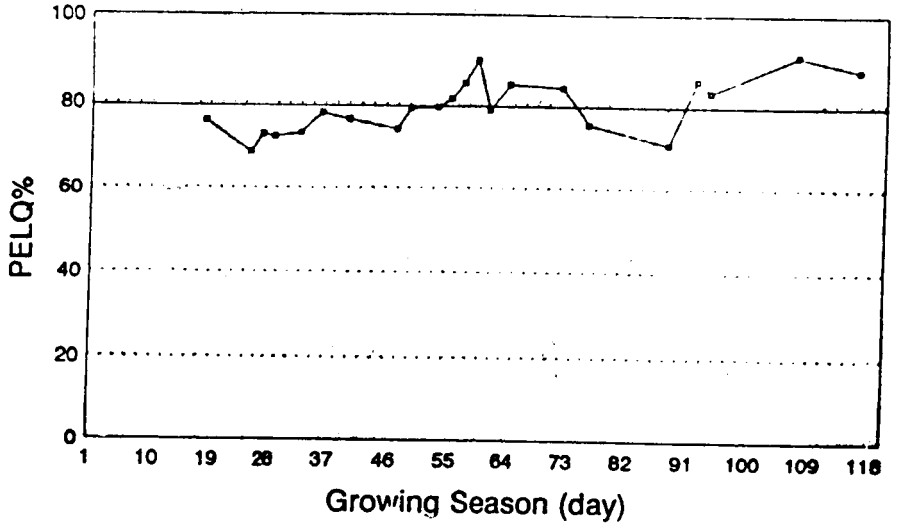
همانطوری که از منحنی و مشاهده جدول (۲) برمی‌آید، در زیر آبپاشهای ۳ الی ۱۱ تقریباً در تمامی آزمایشات حجم آب جمع‌آوری شده خیلی بیشتر از میانگین نمونه‌های جمع‌آوری شده می‌باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که اندازه روزنه آبپاشها در این چند مورد زیاد انتخاب شده است و باکم‌کردن یک شماره از اندازه روزنه آنها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



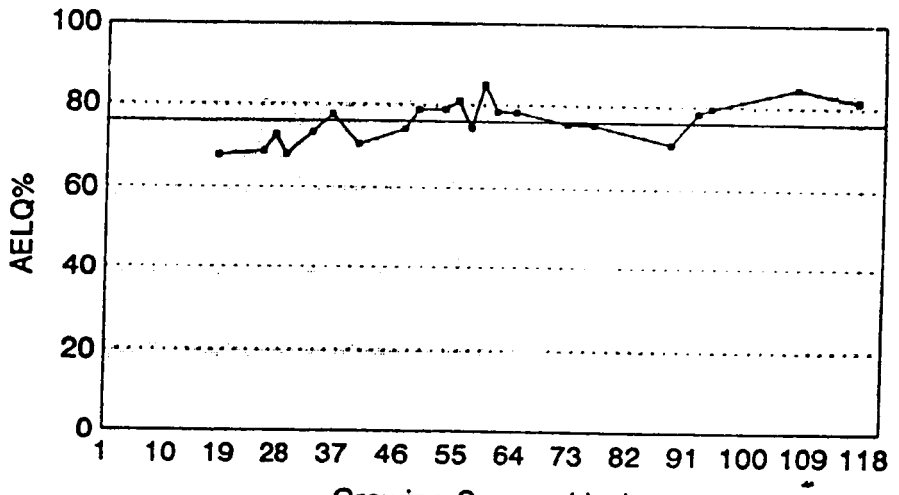
شکل (۱) - توزیع پراکنش آب جمع آوری شده درقوطیهای زیربازوی (لترال)
سیستم آبیاری (سرعت ۰٫۸)



شکل(۲)- نموگرام تغییرات توزیع یکنواختی درسیستم آبیاری بارانی عقربه ای



شکل(۴)- نموگرام تغییرات راندمان پتانسیل درطول فصل زراعی درسیستم آبیاری بارانی عقربه ای



شکل(۴) - نموگرام تغییرات راندمان واقعی درسیستم 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 کارکرد (psi) : 35

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

دبی سیستم (l/s) : 45 درجه تنظیم دستگاه (%) : 80

سرعت باد (m/s) : مساحت آبیاری شده (m^2) : 77000

عمق پخش یکنواخت‌تری دست یافت. همچنین از نمونه‌های جمع‌آوری شده در زیر آبپاشهای ۱۰۷ الی ۱۱۲ ملاحظه می‌گردد که مقادیر این نمونه‌ها خیلی کمتر از میانگین نمونه‌ها بوده و این نشان می‌دهد که اندازه آبپاشها 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 سنترپیوت 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 آبپاش 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 آبپاش بیشتر باشد در مقدار DU در جهت کم‌شدن 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 ۳ درصد فشار آخرین آبپاش (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 دراین صورت راندمان بالایی حاصل می‌گردد. همانطوری که از جدول (۶) ملاحظه می‌شود، تأثیر اختلاف ارتفاع دو سربال 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 آمد 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 ALEQ 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 آبپاش، ۱۲۱/۸ 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 نگردید 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 آبپاش و در نتیجه کاهش دبی آبیاری جهت کاهش 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 اندازه 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.

سپاسگزاری

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 Giude 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 performace 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 m^3 /ha (the calculated crop water use for seed corn was about 6890 m^3 /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.