مقایسه فنی روش آبیاری بارانی (سنترپیوت) با روش آبیاری شیاری

تیمور سهرابی و رضا اصیل منش

دانشیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران و دانشجوی سابق

کارشناسی ارشد گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش مقاله ۷۸/۱۰/۱۵

خلاصه

در یک منطقه بسته به شرایط موجود معمولا روشهای مختلف آبیاری اجرا می‌شوند که هر روش مزایا و معایبی دارد و بایستی مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد و بهترین روش با توجه به شرایط آب و هوا، خاک، محصول، توپوگرافی و غیره تعیین گردد. جهت ارزیابی یک پروژه به معیارهای ارزیابی نیاز است تا بتوان عملکرد آبیاری در مزرعه را با عدد و رقم بیان نمود و این معیارها ابزار مقایسه‌ای برای روشهای مختلف آبیاری است. با ارزیابی فنی دو روش آبیاری علاوه بر استفاده از نتایج آن جهت بالا بردن راندمان آبیاری، بهبود مدیریت مزرعه جهت استفاده بهینه آب و مقایسه روشهای مختلف آبیاری و میزان سودمندی هر روش بسته به شرایط محیطی مشخص می‌شود. هدف از اجرای این طرح مقایسه روشهای آبیاری بارانی سنترپیوت و شیاری از نظر عملکرد، بازده و عوامل مؤثر در آبیاری و در نتیجه ارائه یک راه حل برای استفاده مفید از آب آبیاری بود. جهت نیل به این هدف ابتدا کلیه مشخصات خاک و گیاه محل طرح و همچنین کلیه عوامل لازم جهت طراحی تعیین گردید. جهت ارزیابی روش آبیاری شیاری چهار کرت آزمایشی که هر کدام از کرتها شامل پانزده شیار بود انتخاب گردید. در ورودی و خروجی هر یک، از یک پارشال فلوم برای اندازه‌گیری دبی نصب شد. در هر آبیاری با توجه به عمق کرتها توسعه ریشه SMD به روش وزنی و MAD تعیین شدند. معادله نفوذ با توجه به داده‌های اندازه‌گیری شده دبی جریان و زمان پیشروی تعیین شد و با توجه به معادله نفوذ و زمان تماس آب با خاک، مقادیر عمق نفوذ آب در خاک تعیین شد. آنگاه با توجه به اطلاعات به دست آمده عوامل عملکرد روشها شامل CU,AELQ,PELQ,DU و تلفات کل آب تعیین گردیدند. در ارزیابی روش آبیاری بارانی با سنترپیوت ابتدا روش برای شرایط گیاهی و خاکی منطقه طراحی گردید و با وضعیت موجود مقایسه شد. آنگاه برای ارزیابی در چهار ردیف شعاعی قوطیهای نمونه‌برداری به فواصل ٦ متر قرار داده شدند. و سپس کلیه عوامل لازم جهت ارزیابی تعیین گردیدند و سپس با تحلیل داده‌های صحرایی عوامل ارزیابی محاسبه شدند. آنگاه روشهای آبیاری سنترپیوت و شیاری از نظر عوامل مؤثر آبیاری مورد مقایسه قرار گرفته و نتایج زیر حاصل گردید. حجم آب آبیاری در روش شیاری ۱۳٦۱۵ متر مکعب در هکتار و در روش سنترپیوت ۹۱۸۴ متر مکعب در هکتار و نیاز آبی گیاه ذرت ٦۸۹۰ متر مکعب در هکتار اندازه‌گیری و برآورد گردید. بنابراین صرفه‌جویی آب در روش سنترپیوت نسبت به روش شیاری ۳۴ درصد یا ۴٦۳۱ مترمکعب در هکتار می‌باشد. متوسط PELQ در طول فصل زراعی برای روش سنترپیوت و شیاری به ترتیب ۷۹ و ٦۹/۵ درصد به دست آمد. متوسط AELQ در طول فصل زراعی برای روشهای آبیاری با سنترپیوت و شیاری به ترتیب ۷۵/۸ و ۵٦/۸ درصد شد. مقادیر DU در طول فصل زراعی برای روشهای سنترپیوت و شیاری به ترتیب ۸۴ و ۹۱ درصد گردید. تجزیه و تحلیل عوامل ارزیابی نشان دادند که روش سنترپیوت از کارآیی خوبی برخوردار نبوده و در ضمن مقادیر نسبتا کم DU و PELQ به علت عدم مطابقت شرایط کارکرد و طراحی ماشین آبیاری (سنترپیوت) بوده است. اختلاف زیاد بین بازده بالقوه و واقعی به‌دست آمد که نمایانگر ضعف مدیریت در هر دو روش آبیاری می‌باشد.

واژه های کلیدی: سنترپیوت، شیاری، آبیاری، راندمان، عملکرد و بازده

مقدمه

بخش کشاورزی درصد قابل ملاحظه‌ای از منابع آب قابل استحصال از ذخائر سطحی و زیرزمینی را به خود اختصاص داده است. با توجه به منابع محدود آب، رشد سریع جمعیت و نیاز به تأمین غذای بیشتر، روشهای کاربرد آب در یک منطقه بسته به شرایط موجود بایستی بررسی و ارزیابی شوند و بهترین روش در منطقه با توجه به شرایط آب و هوا، خاک، محصول، توپوگرافی و غیره تعیین گردد. معیارهایی که در اثر ارزیابی روشهای مختلف آبیاری به‌دست‌می‌آید در واقع ابزار مقایسه‌ای برای روشهای آبیاری است با ارزیابی فنی دو روش آبیاری علاوه بر استفاده از نتایج آن در جهت افزایش راندمان آبیاری، سودمندی هر روش نیز بسته به شرایط محیطی مشخص می‌شود.

مطالعات زیادی در زمینه ارزیابی فاکتورهای مؤثر بر آبیاری انجام گرفته است که خلاصه‌ای از آن در ذیل آورده شده است.

والکر واسکوگربو برای طراحی و ارزیابی یک سیستم شیاری روشی را بر مبنای معادله نفوذ کوستیاکوف - لوئیس و همچنین معادله سطح مقطع شیار پیشنهاد نمودند(۱۳).

در سال ۱۳۷۱ ، حمید سلطانزاده(۱) ، روشهای مختلف طراحی آبیاری شیاری را مورد بررسی و ارزیابی قرار داد و طبق نتایج این تحقیق در ایستگاه کمال آباد و ایستگاه مهندسی زراعی کرج، شرایط مناسب طراحی با استفاده از هر یک از روشهای طراحی SCS و FAO و والکرواسکوگربو را ارائه نمودند. به استناد به همین تحقیق، روش طراحی والکر - اسکوگوبو جهت طراحی آبیاری شیاری این طرح مورد بهره‌برداری قرار گرفت.

در سال ۱۹۸۱ توسط توماس و همکاران (۱۲) ارزیابی بر روی متغیرهای مختلف موثر در آبیاری شیاری انجام گرفت در این بررسی‌ها معلوم شد که تلفات زیاد در آبیاری شیاری به دلیل زمان آبیاری بیش از حد و دبی بیش از اندازه بوده است.

در سال ۱۹۸۲ رولند بر اساس تحقیقات انجام گرفته روشی را جهت ارزیابی و طراحی آبیاری با سنترپیوت (۱۰) ارائه نمود که هدف آن طراحی و ارزیابی جهت رسیدن به یک راندمان مناسب می‌باشد. در زمینه معادله نفوذ کوستیاکف و معادله پیشروی آب در آبیاری شیاری تحقیقاتی توسط والکر (۱۳) و دیویس و فرای (۴) و الیوت و والکر (۵) انجام گرفت و معادله پیشروی آب به صورت $X = PT^r$ معرفی شد. که در آن X مسافت پیشروی (متر) و T زمان پیشروی (دقیقه) می‌باشد. جهت تعیین پارامترهای r و P آنها روش دو نقطه‌ای را پیشنهاد کردند.

در سال ۱۹۷۴ گالیناتو سیستم آبیاری شیاری و نواری را مورد ارزیابی و مقایسه قرار داد و این دو سیستم را از نظر راندمان - نفوذپذیری - تلفات نفوذ عمقی و رطوبت خاک مورد مطالعه و ارزیابی قرار داد. راندمان واقعی در آبیاری نواری ۲۴ درصد و در آبیاری شیاری ۵۱ درصد بدست آورد (۷).

در سال ۱۹۸۴ دیکل و همکاران دو سیستم آبیاری سنترپیوت و شیاری را مورد مقایسه و ارزیابی قرار دادند و در مورد رواناب سطحی تولید شده و در دو سیستم مطالعه و تحقیق نمودند(۳).

در سال ۱۹۸۰ گل و راو سیستم آبیاری بارانی را از نظر فاکتورهای موثر بر آبیاری مورد ارزیابی قرار داده و نتایج حاصله را با نتایج سیستم‌های آبیاری سطحی مقایسه نمودند: (٦)

هدف از این تحقیق تعیین معیارهای مقایسه بین روشهای آبیاری بارانی (سنترپیوت) و شیاری بود. با تعیین عوامل ارزیابی چون پتانسیل عملکرد و یکنواختی توزیع دو روش آبیاری با هم دیگر مورد مقایسه قرار گرفتند.

مواد و روشها

مشخصات محدوده طرح - محل طرح در مزرعه ۵۰۰ هکتاری موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر در شمال شرقی مشکین‌آباد کرج واقع شده است. شیب زمینهای تحت آبیاری بارانی با سنترپیوت در حدود ۰/۹۸۵ درصد و در سطح زیر کشت زمینهای شیاری حدود ۱ درصد می‌باشد.

بافت خاک سطحی عموماً silty loam تعیین شد. دیگر مشخصات خاک زمین‌های زیر پوشش سنترپیوت در جدول ۱ و زمین‌های تحت پوشش آبیاری شیاری در جدول ۲ آمده است. نفوذپذیری خاک در گروه نفوذ یک قرار گرفت.

میانگین رطوبت قابل استفاده در خاک تحت پوشش برابر ۱۷/٦٦ سانتی متر آبیاری شیاری در هر متر خاک تعیین گردید. عمق آب آبیاری خالص برای ذرت با عمق توسعه ریشه D=۵۰ سانتی متر (شرایط متوسط رشد) و MAD=٦۰٪،

(Fn=۱۷/۶۶×۰/۵×۰/۶) ۵/۳ سانتی متر بدست آمد. رطوبت قابل استفاده در خاکهای تحت پوشش سیستم آبیاری بارانی با سنتر پیوت برابر ۱۶/۷ سانتی متر در هر متر خاک تعیین گردید. عمق خالص آبیاری با در نظر گرفتن عمق توسعه ریشه D=۵۰ سانتی متر و MAD=٪۴۰ برابر ۳/۳۴ سانتی متر بدست آمد.

آبیاری شیاری

به منظور مقایسه فنی روش آبیاری بارانی (سنترپیوت) با شیاری نیاز به وسایل اندازه‌گیری جهت تعیین داده‌های صحرایی برای تعیین اجزاء عوامل مقایسه می‌باشد. در این روش برای اندازه‌گیری آب ورودی و خروجی به شیارهای انتخابی از پارشال فلوم در اندازه‌های یک، دو و سه اینچی استفاده گردید و از آگر جهت نمونه برداری و تعیین خصوصیات فیزیکی و ضرایب رطوبتی خاک استفاده شد.

سپس روش آبیاری شیاری به روش والکر - اسکوگربو (Walker and Skogerboe) طراحی گردید. مقادیر عوامل طراحی برای این روش در جدول ۳ مندرج می‌باشد.

جدول ۱ - مشخصات خاک زمین زیر پوشش آبیاری شیاری

درصد وزنی رطوبت نقطه پژمردگی دائم PWP (%)	درصد وزنی رطوبت ظرفیت زراعی FC (%)	تخلخل n (%)	وزن مخصوص ظاهری (g/cm³)	بافت خاک (%)	عمق خاک (cm)
۹/۵	۲۲/۲	۴۶	۱/۴۳	لوم	۰-۲۵
۱۰/۵	۲۳/۸	۴۸	۱/۳۷	لوم لای	۲۵-۵۰
۷	۱۸	۴۲	۱/۵۱	لوم شنی	۵۰-۷۵

جدول ۲ - مشخصات خاک زمین زیر پوشش آبیاری بارانی با سنترپیوت

درصد وزنی رطوبت نقطه پژمردگی دائم PWP (%)	درصد وزنی رطوبت ظرفیت زراعی FC (%)	تخلخل n (%)	وزن مخصوص ظاهری (g/cm³)	بافت خاک (%)	عمق خاک (cm)
۱۰	۲۳/۵	۴۹	۱/۳۶	لوم لای	۰-۲۵
۱۰	۲۱/۱	۴۷	۱/۴۵	لوم	۲۵-۵۰
۷/۵	۱۸	۴۰	۱/۴۹	لوم شنی	۵۰-۷۵

جدول ۳ - عوامل طراحی آبیاری شیاری

عوامل طراحی	طول شیار (متر)	مدت آبیاری (دقیقه)	دبی (لیتر بر ثانیه)	راندمان طراحی (٪)
	۱۷۵	۳۵۰	۰/۵۷	۷۰

پس از تعیین عوامل طراحی چهار پلات جداگانه که هر پلات شامل ۱۵ شیار بود ایجاد گردید و عملیات کاشت انجام گرفت. در ابتدا و انتهای هر پلات به ترتیب پارشال فلوم ۲ و ۳ اینچی جهت اندازه‌گیری دبی جریان های ورودی و خروجی نصب گردید. قبل از آبیاری از خاک نمونه‌برداری و رطوبت وزنی آن تعیین گردید. آبیاری با دبی از قبل تعیین شده انجام و میزان دبی ورودی به هر پلات در هر آبیاری با قرائت فلوم محاسبه گردید. این اندازه‌گیری در سه مرحله در طول آبیاری، ابتدا، اواسط و اواخر انجام شد. زمان پیشروی آب نیز با میخ کوبی در فواصل ۱۰ متری اندازه‌گیری و ثبت گردید. با مشاهده رواناب در انتهای پلات، اندازه‌گیری دبی خروجی در هر نیم ساعت یک بار تعیین گردید.

آبیاری بارانی با سنترپیوت

برای تعیین عوامل مقایسه و ارزیابی روش مورد نظر زمینی که به وسعت ۲۹/۷ هکتار تحت آبیاری بارانی با سنترپیوت بود انتخاب گردید. 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 میلی لیتری (برای اندازه‌گیری حجم آب جمع‌آوری شده در قوطی‌ها)، یک عدد متر نواری، یک عدد مته نمونه‌برداری خاک، وسایل نقشه‌برداری (برای تعیین شیب زمین)، بادسنج سیار (برای اندازه‌گیری سرعت و جهت باد) و میخ‌های چوبی (برای علامت گذاری محل قوطیها) مورد استفاده قرار گرفت. دستگاه سیستم آبیاری بارانی سنترپیوت مورد تحقیق، دارای ۶ برج و ۷ دهانه (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 ۳۵ psi بود.

برای تعیین نیاز آبی گیاه تحت این روشها (ذرت دانه‌ای)، 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.

به منظور برآورد عوامل عملکرد، در چهار ردیف شعاعی از محل محور تا انتهای بازوی سیستم به فواصل ۶ متری میخ کوبی شد که در کنار هر یک از میخ‌های چوبی یک عدد قوطی نمونه‌برداری آب قرار گرفت. اختلاف ارتفاع زمین بین ابتدا و انتهای ردیف‌های شعاعی به ترتیب ۱۶/۰، ۰/۲، ۱۳/۲، ۱۳/۳ متر اندازه‌گیری شد.

مقادیر (عمق و حجم) آب جمع‌آوری شده در قوطی‌های مستقر در ردیفهای شعاعی، در جدولهای ۴ الی ۷ برای یک دوره نشان داده شده است. مقادیر تبخیر در طول آزمایش با قرار دادن 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 psi ۳۵، 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 محور عمودی دستگاه نصب شده بود به صورت حجمی و در واحد زمان اندازه‌گیری می‌شد. نقصان رطوبتی خاک در هر آزمایش قبل و بعد از شروع آبیاری مورد ارزیابی قرار گرفت.

مفاهیم مورد استفاده برای تعیین عوامل ارزیابی

به منظور تعیین بازده بالقوه روشها، به شکلی که طراحی شده‌اند و راندمان واقعی که با مدیریت موجود قابل حصول می‌باشد، اندازه‌گیری عوامل روشهای 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 آمریکا(USDA , SCS) ارائه گردیده است و به عنوان استاندارد برای مقایسه شرایط گزینه‌ها توصیه شده است (۱).

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

جدول ۴ - حجم آب جمع آوری شده در قوطی های نمونه برداری (میلی متر) و نمونه‌های وزنی آنها

تاریخ ۷۳/۴/۱۶ درجه تنظیم سرعت دستگاه (/) ۸۰ شماره ردیف ۱

قوطی			شماره قطعه
نمونه‌های وزنی * نمونه * شماره محل			
۲۰۷۹	۷۷	۲۷	۷
۲۴۹۲	۸۹	۲۸	۷
۱۹۴۳	۶۷	۲۹	۸
۲۰۷۰	۶۹	۳۰	۸
۱۹۶۸/۵	۶۳/۵	۳۱	۸
۱۸۸۸	۵۹	۳۲	۸
۲۸۳۸	۸۶	۳۳	۹
۲۲۱۰	۶۵	۳۴	۹
۲۳۸۰	۶۸	۳۵	۹
۲۴۸۲	۶۹	۳۶	۹
۲۵۵۳	۶۹	۳۷	۱۰
۲۵۲۷	۶۶/۵	۳۸	۱۰
۲۲۵۷	۶۳	۳۹	۱۰
۲۹۲۰	۷۳	۴۰	۱۰
۳۱۹۸	۷۸	۴۱	۱۱
۲۸۱۴	۷۰	۴۲	۱۱
۳۴۶۱/۵	۸۰/۵	۴۳	۱۱
۳۵۶۴	۸۱	۴۴	۱۱
۳۱۷۲/۵	۷۰/۵	۴۵	۱۲
۳۲۶۶	۷۱	۴۶	۱۲
۳۲۹۰	۷۰	۴۷	۱۲
۳۳۶۰	۷۰	۴۸	۱۲
۲۳۵۲	۴۸	۴۹	۱۳
-	-	۵۰	۱۳
-	-	۵۱	۱۳
-	-	۵۲	۱۳

قوطی			شماره قطعه
نمونه‌های وزنی * نمونه * شماره محل			
۹۸	۹۸	۱	۱
۲۲۰	۱۱۰	۲	۱
۳۶۶	۱۲۲	۳	۱
۲۷۰	۶۷/۵	۴	۱
۵۸۰	۱۱۶	۵	۲
۴۰۲	۶۷	۶	۲
۵۳۹	۷۷	۷	۲
۶۸۸	۸۶	۸	۲
۷۲۲/۵	۸۰/۵	۹	۳
۸۷۰	۸۷	۱۰	۳
۹۹۰	۹۰	۱۱	۳
۹۶۰	۸۰	۱۲	۳
۹۴۹	۷۳	۱۳	۴
۱۳۳۰	۹۵	۱۴	۴
۱۰۸۰	۷۲	۱۵	۴
۱۲۸۰	۸۰	۱۶	۴
۲۰۰۶	۱۱۸	۱۷	۵
۱۴۲۲	۷۹	۱۸	۵
۱۴۳۴/۵	۷۵/۵	۱۹	۵
۱۵۰۰	۷۵	۲۰	۵
۱۶۱۷	۷۷	۲۱	۶
۱۹۱۴	۸۷	۲۲	۶
۱۷۷۱	۷۷	۲۳	۶
۱۸۸۴	۷۸/۵	۲۴	۶
۲۰۷۵	۸۳	۲۵	۷
۲۰۸۰	۸۰	۲۶	۷

مجموع شماره محل نمونه‌ها ۱۲۲۵

مجموع $\frac{1}{2}$ شماره محل پایین ترین نمونه ها ۲۰۵

مجموع نمونه‌های وزنی ۹۰۲۲۱

مجموع $\frac{1}{2}$ پایین ترین نمونه‌های وزنی ۲۵۷۶۵

جدول ۵ - حجم آب جمع آوری شده در قوطی های جمع کننده و نمونه‌های وزنی آنها

تاریخ ۷۳/۴/۱۶ درجه تنظیم سرعت دستگاه (/) ۸۰ شماره ردیف ۲

قوطی			شماره قطعه
نمونه‌های وزنی * نمونه * شماره محل			
۱۸۰۹	۶۷	۲۷	۷
۲۰۷۲	۷۴	۲۸	۷
۲۲۰۴	۷۶	۲۹	۸
۲۰۷۰	۶۹	۳۰	۸
۲۱۸۵/۵	۷۰/۵	۳۱	۸
۲۴۰۰	۷۵	۳۲	۸
۲۲۴۴	۶۸	۳۳	۹
۱۷۳۲	۵۱	۳۴	۹
۲۵۹۰	۷۴	۳۵	۹
۲۷۰۰	۷۵	۳۶	۹
۲۸۲۹	۷۷	۳۷	۱۰
۲۲۰۴	۵۸	۳۸	۱۰
۲۲۲۳	۵۷	۳۹	۱۰
۳۰۰۰	۷۵	۴۰	۱۰
۲۵۲۱/۵	۶۱/۵	۴۱	۱۱
۲۵۲۰	۶۰	۴۲	۱۱
۲۶۶۶	۶۲	۴۳	۱۱
۲۵۹۶	۵۹	۴۴	۱۱
۲۶۱۰	۵۸	۴۵	۱۲
۳۰۳۶	۶۶	۴۶	۱۲
۳۴۳۱	۷۳	۴۷	۱۲
۳۴۸۰	۷۲/۵	۴۸	۱۲
۳۱۳۶	۶۴	۴۹	۱۳
۲۷۵۰	۵۵	۵۰	۱۳
-	۱۸	۵۱	۱۳
	-	۵۲	۱۳

قوطی			شماره قطعه
نمونه‌های وزنی * نمونه * شماره محل			
۸۸	۸۸	۱	۱
۲۰۶	۱۰۳	۲	۱
۳۴۸	۱۱۶	۳	۱
۳۵۲	۸۸	۴	۱
۳۶۵	۷۳	۵	۲
۲۰۴	۳۴	۶	۲
۲۶۶	۳۸	۷	۲
۳۲۰	۴۰	۸	۲
۶۶۱/۵	۷۳/۵	۹	۳
۷۲۰	۷۲	۱۰	۳
۹۶۸	۸۸	۱۱	۳
۸۶۴	۷۲	۱۲	۳
۹۷۵	۷۵	۱۳	۴
۱۱۴۸	۸۲	۱۴	۴
۱۲۶۰	۸۴	۱۵	۴
۱۲۴۰	۹۰	۱۶	۴
۱۴۱۱	۸۳	۱۷	۵
۱۳۲۳	۷۳/۵	۱۸	۵
۱۲۹۲	۶۸	۱۹	۵
۱۵۴۰	۷۷	۲۰	۵
۱۵۳۳	۷۳	۲۱	۶
۱۶۹۴	۷۷	۲۲	۶
۱۷۲۵	۷۵	۲۳	۶
۱۷۶۴	۷۳/۵	۲۴	۶
۱۸۰۰	۷۲	۲۵	۷
۲۰۲۸	۷۸	۲۶	۷

مجموع شماره محل نمونه‌ها ۱۲۲۵

مجموع $\frac{1}{2}$ شماره محل پایین ترین نمونه ها ۲۲۶

مجموع نمونه‌های وزنی ۸۷۳۲۵/۵

مجموع $\frac{1}{2}$ پایین ترین نمونه‌های وزنی ۲۵۷۵۰

جدول ۷ - حجم آب جمع آوری شده در قوطی های جمع کننده و نمونه‌های وزنی آنها

تاریخ: ۷۳/۲/۱۲ درجه تنظیم سرعت دستگاه (/) ۸۰ شماره ردیف ۲

قوطی			شماره قطعه
نمونه‌های وزنی × نمونه × شماره محل			
۱۷۲۸	۶۴	۲۷	۷
۲۴۰۸	۸۶	۲۸	۷
۲۸۱۳	۹۷	۲۹	۸
۲۸۲۰	۹۴	۳۰	۸
۲۵۸۸/۵	۸۳/۵	۳۱	۸
۲۶۵۶	۸۳	۳۲	۸
۲۶۰۷	۷۹	۳۳	۹
۲۷۵۴	۸۱	۳۴	۹
۳۲۲۰	۹۲	۳۵	۹
۳۵۲۸	۹۸	۳۶	۹
۳۵۳۳/۵	۹۵/۵	۳۷	۱۰
۳۱۵۴	۸۳	۳۸	۱۰
۳۴۷۱	۸۹	۳۹	۱۰
۳۶۸۰	۹۲	۴۰	۱۰
۳۸۳۳/۵	۹۳/۵	۴۱	۱۱
۳۴۴۴	۸۲	۴۲	۱۱
۳۶۱۲	۸۴	۴۳	۱۱
۳۷۴۰	۸۵	۴۴	۱۱
۳۹۱۵	۸۷	۴۵	۱۲
۳۴۰۲	۷۴	۴۶	۱۲
۳۹۹۵	۸۵	۴۷	۱۲
۴۴۱۶	۹۲	۴۸	۱۲
۳۵۷۷	۷۳	۴۹	۱۳
۳۴۵۰	۶۹	۵۰	۱۳
۲۳۹۷	۴۷	۵۱	۱۳
-	-	۵۲	۱۳

قوطی			شماره قطعه
نمونه‌های وزنی × نمونه × شماره محل			
۷۱	۷۱	۱	۱
۱۵۶	۷۸	۲	۱
۳۳۰	۱۱۰	۳	۱
۳۴۰	۸۵	۴	۱
۵۶۰	۱۱۲	۵	۲
۳۷۲	۶۲۰	۶	۲
۴۳۴	۶۲	۷	۲
۸۰۰	۱۰۰	۸	۲
۹۸۱	۱۰۹	۹	۳
۶۰۰	۶۰	۱۰	۳
۶۰۵	۵۵	۱۱	۳
۸۱۶	۶۸	۱۲	۳
۶۶۹/۵	۵۱/۵	۱۳	۴
۸۲۶	۵۹	۱۴	۴
۹۳۰	۶۲	۱۵	۴
۱۲۰۰	۷۵	۱۶	۲
۱۴۲۸	۸۴	۱۷	۵
۱۲۹۴	۸۳	۱۸	۵
۱۶۳۴	۸۶	۱۹	۵
۱۵۲۰	۷۶	۲۰	۵
۱۵۴۳/۵	۷۳/۵	۲۱	۶
۱۷۸۲	۸۱	۲۲	۶
۱۵۴۱	۶۷	۲۳	۶
۱۲۸۸	۶۲	۲۴	۶
۲۲۰۰	۸۸	۲۵	۷
۲۲۴۹	۸۶/۵	۲۶	۷

مجموع شماره محل نمونه‌ها: ۱۳۲۷ مجموع نمونه‌های وزنی: ۱۰۷۳۰۲/۵

مجموع $\frac{1}{2}$ شماره محل پایین ترین نمونه ها: ۲۶۳ مجموع $\frac{1}{2}$ پایین ترین نمونه‌های وزنی: ۱۵۸۵۷

جدول ۶ - حجم آب جمع آوری شده در قوطی های جمع کننده و نمونه‌های وزنی آنها

تاریخ: ۷۳/۲/۱۶ درجه تنظیم سرعت دستگاه (/) ۸۰ شماره ردیف ۳

قوطی			شماره قطعه
نمونه‌های وزنی × نمونه × شماره محل			
۱۷۵۵	۶۵	۲۷	۷
۱۸۷۶	۶۷	۲۸	۷
۱۷۱۱	۵۹	۲۹	۸
۱۸۳۰	۶۱	۳۰	۸
۱۹۶۸/۵	۶۳/۵	۳۱	۸
۱۹۲۰	۶۰	۳۲	۸
۱۹۸۰	۶۰	۳۳	۹
۲۱۰۸	۶۲	۳۴	۹
۲۵۲۰	۷۲	۳۵	۹
۲۶۶۴	۷۴	۳۶	۹
۲۸۸۶	۷۸	۳۷	۱۰
۲۶۲۲	۶۹	۳۸	۱۰
۲۳۴۰	۶۰	۳۹	۱۰
۳۰۸۰	۷۷	۴۰	۱۰
۳۴۶۲/۵	۸۴/۵	۴۱	۱۱
۳۵۷۰	۸۵	۴۲	۱۱
۳۱۸۲	۷۴	۴۳	۱۱
۳۲۱۲	۷۳	۴۴	۱۱
۳۸۰۲/۵	۸۴/۵	۴۵	۱۲
۳۱۲۸	۶۸	۴۶	۱۲
۴۲۷۷	۹۱	۴۷	۱۲
۳۳۸۴	۷۰/۵	۴۸	۱۲
۱۸۶۲	۳۸	۴۹	۱۳
-	-	۵۰	۱۳
-	-	۵۱	۱۳
-	-	۵۲	۱۳

قوطی			شماره قطعه
نمونه‌های وزنی × نمونه × شماره محل			
۷۹	۷۹	۱	۱
۲۸۶	۱۴۳	۲	۱
۲۹۴	۹۸	۳	۱
۴۰۸	۱۰۲	۴	۱
۴۹۰	۹۸	۵	۲
۵۹۴	۹۹	۶	۲
۶۲۳	۸۹	۷	۲
۷۰۸	۸۸/۵	۸	۲
۶۶۶	۷۴	۹	۳
۷۲۰	۷۲	۱۰	۳
۷۹۲	۷۲	۱۱	۳
۶۱۲	۵۱	۱۲	۳
۸۴۵	۶۵	۱۳	۴
۱۰۹۹	۷۸/۵	۱۴	۴
۱۱۲۵	۷۵	۱۵	۴
۱۱۹۲	۷۴/۵	۱۶	۴
۱۳۴۳	۷۹	۱۷	۵
۱۳۳۲	۷۴	۱۸	۵
۱۲۳۵	۶۵	۱۹	۵
۱۳۶۰	۶۸	۲۰	۵
۱۴۷۰	۷۰	۲۱	۶
۱۳۸۶	۶۳	۲۲	۶
۱۸۸۶	۸۲	۲۳	۶
۱۶۸۰	۷۰	۲۴	۶
۱۷۰۰	۶۸	۲۵	۷
۱۷۶۸	۶۸	۲۶	۷

مجموع شماره محل نمونه‌ها: ۱۲۲۵ مجموع نمونه‌های وزنی: ۸۵۱۸۵/۵

مجموع $\frac{1}{2}$ شماره محل پایین ترین نمونه ها: ۳۲۱ مجموع $\frac{1}{2}$ پایین ترین نمونه‌های وزنی: ۲۲۹۱۲

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[1]

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 نگهداری گردند و در دوره‌های کوتاه آبیاری شوند محصول بیشتری می‌دهند و این امکان وجود دارد که آفات و بیماریها نیز بیشتر شود. برعکس بعضی گیاهان دیگر 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 و آگاهی زیاد دارد.

۲ - نقصان مجاز رطوبتی[2]

نقصان یا کمبود مجاز رطوبتی عبارت است 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 تاثیری 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[3]

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

۱۰۰ ×(عمق متوسط آب‌نفوذی / متوسط یک چهارم حداقل عمقهای آب نفوذیافته = DU

مقدار کم DU در صورتی که آبیاری کافی انجام پذیرد نشانه تلفات آب در شکل فرو نشت عمیق است. هر چند که مقدار کم DU نسبی است لیکن مقدار کمتر از ۶۷ درصد عموماً قابل قبول نیست (۱۰).

۴ - راندمان واقعی آبیاری[4]

شاخصی است که نشان می‌دهد چگونه سیستم مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد و مطابق تعریف برابر است با

حداقل عمقهای آب نفوذ یافته و ذخیره شده در منطقه ریشه)=AELQ

۱۰۰ ×(متوسط عمق ناخالص آبیاری /میانگین یک چهارم

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 تخمینی یا اندازه‌گیری شده است.

موقعی که آبشویی مورد نیاز باشد، یک چهارم کمترین عمق آب نفوذی مطلوب برابر SMD به‌علاوه عمق آب آبشویی مورد نیاز خواهد بود. جایی که تولید ماکزیمم از واحد آب مورد نظر 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 پایین 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 مورد نظر قرار بگیرد.

۵ - راندمان پتانسیل آبیاری[5]

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 نفوذ یافته 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 پایین بودن PELQ باید

1. Soil Moisture Deficit, SMD) 2. Management Allowed Deficit, MAD 3. Uniformity, (Distribution DU)
4. Efficiency (Application of Low Quarter, AELQ) 5. Potential Application Efficiency of Low Quarter, PELQ)

نوع سیستم آبیاری را تغییر دارد. معمولاً اختلاف بین AELQ و PELQ مربوط به اشکالات راهبری و مدیریت است که میزان آن را بیان می‌کند. در صورتی که میانگین کمترین ربع نفوذ در معادله به کار برده شود راندمان پتانسیل از فرمول زیر محاسبه می‌شود.

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

(سیستم شیاری)

$$PELQ = \frac{\text{میانگین وزن پایین ترین ربع نمونه ها}}{\text{میانگین مقدار آب کاربردی}}$$

(سیستم سنتر پیوت)

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 دربر بگیرد.

۶- ضریب یکنواختی کریستیانسن[1]

این ضریب شاخصی است که مشکلات توزیع آب را در سیستم سنترپیوت نشان می‌دهد و از فرمول زیر قابل محاسبه می‌باشد.

$$CU_{cp} = ۱۰۰(۱ - (\{\sum S \mid V-(\sum VS/\sum S) \mid\}/\sum VS))$$

که در رابطه فوق

CU_{cp} - ضریب یکنواختی کریستیانسن برای سیستم آبیاری بارانی سنترپیوت

S - فاصله یا شماره قوطی‌های جمع کننده آب با فواصل یکسان

V - حجم آب جمع شده در قوطی‌های جمع کننده آب در فاصله S

$\sum$ - نمایانگر مجموع تمام قوطی‌های جمع کننده آب با فواصل یکسان

تعیین پارامترهای ارزیابی با استفاده از داده‌های مزرعه‌ای

تهیه نمونه‌های وزنی: برای تهیه نمونه‌های وزنی ابتدا جدولی شبیه جدول ۴ تهیه گردید. از آنجایی که هرچه از نقطه محور فاصله گرفته می شود محلی که نمونه‌ها در آن واقع می‌شوند، نشان دهنده بخش وسیع تری از اراضی می‌باشد، حجم آب جمع آوری شده در قوطی‌ها را باید وزنی کرد. برای وزنی کردن نمونه‌ها، هر یک 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 شماره گذاری گردید.

نمونه محاسبات ارزیابی روش آبیاری بارانی سنترپیوت: در این مرحله عمق توسعه ریشه گیاه حدوداً ۳۰ سانتی‌متر، حجم آب آبیاری تحویلی به مزرعه ۸۴۰ مترمکعب، کمبود رطوبتی خاک در کل ردیف به طور متوسط ۷/۹ میلی متر 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 چرخشی سیستم، ۸۰ و ۴۰ درصد سرعت حداکثر سیستم انجام گرفت که نتایج ارائه شده در این مقاله برای ۸۰ درصد سرعت حداکثر می‌باشد. جمع آوری نمونه‌ها و تهیه نمونه‌های وزنی در جدولهای ۴ الی ۷ درج شده است.

مراحل محاسبات و تعیین عوامل ارزیابی در یکی از آزمایش‌ها در طول فصل آبیاری به عنوان نمونه در زیر آورده شده است.

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 ۴)

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

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

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

۳ - محاسبه حجم و عمق آب (با استفاده از جدول ۴) میانگین وزنی نمونه‌ها در ربع پایینی.

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

1. Christiansen Uniformity, CU

برای تعیین آن ابتدا به جدول ۴ 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 جمع آوری شده کمتر است انتخاب گردید و مجموع وزنی و مجموع اعداد محل نمونه‌های آن محاسبه شد که نتیجه به صورت زیر است.

میلی متر ۸/۱ = میلی لیتر ۶۳/۶ = $\frac{۲۵۷۶۵}{۴۰۵}$ = میانگین وزنی نمونه‌ها در ربع پایینی

۴- محاسبه راندمان پتانسیل (PELQ)

PELQ مساوی است با میانگین وزنی ربع پایینی 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 نمونه‌ها 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 ربع پایینی کمتر باشد که در این آزمایش چنین حالتی است.

$$SMD = ۷/۹ < ۸/۱$$

بنابراین راندمان واقعی برابراست با:

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

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

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

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

۹- میانگین چهار ردیف محاسبه شده و به عنوان عوامل ارزیابی یک آبیاری مورد استفاده قرار گرفت که خلاصه محاسبات آن در جدول (۸) آمده است.

۱۰- محاسبه ضریب یکنواختی کریستیانسن: برای ردیف یک، در جدول ۴ به‌دست‌می‌آید(۹).

$$\sum VS = ۹۰۳۴۱$$

$$\sum S = ۱۲۲۵$$

$$\frac{\sum VS}{\sum S} = ۷۳/۷۵$$

$$\sum S \left| V - \frac{\sum VS}{\sum S} \right| = ۹۹۴۲$$

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

نمونه محاسبات ارزیابی روش آبیاری شیاری: هر یک از محاسبات فوق برای هر پلات در روش آبیاری شیاری به طور جداگانه انجام گرفت و سپس میانگین اعداد چهار پلات محاسبه شده مبنای مقایسه با آبیاری سنترپیوت قرار گرفت خلاصه محاسبات برای یکی از آبیاری ها در روش آبیاری شیاری در جدول ۹ آمده است.

نتایج :

۱ – مقایسه نتایج ارزیابی روشهای آبیاری بارانی (سنترپیوت) و شیاری

الف – حجم آب آبیاری

حجم آب آبیاری به کار برده شده در روش آبیاری شیاری ۱۲۵۸۳ متر مکعب در هکتار شد در صورتی که در روش آبیاری بارانی (سنترپیوت) ۸۴۶۵ متر مکعب در هکتار گردید. نیاز آبی گیاه ذرت برای شرایط منطقه طرح ۶۸۸۶ متر مکعب در هکتار تعیین گردید، بنابراین صرفه‌جویی آب در روش آبیاری بارانی (سنترپیوت) نسبت به روش آبیاری شیاری ۴۱۱۸ متر مکعب در هکتار می‌شود. به عبارتی دیگر با یک دبی یکسان، در روش آبیاری بارانی (سنترپیوت) می‌توان حدود ۵۰ درصد زمین بیشتری را نسبت به روش آبیاری شیاری زیر کشت برد.

در جدول ۱۰ حجم آب آبیاری به کار برده شده در روشهای آبیاری بارانی (سنترپیوت) و شیاری در طول ماههای فصل

جدول ۸ - اجزاء و عوامل مقایسه و ارزیابی در روش آبیاری بارانی (سنتر پیوت)

تاریخ: ۷۳/۴/۱۶ ساعت شروع آزمایش : ۷:۳۰ ساعت پایان آبیاری : ۱۳:۰۰ فشار کارکرد : (Psi):۳۵

فاکتور تکرارها	حجم آب آبیاری (m^3)	میانگین عمق آب کاربردی (mm)	میانگین وزنی کل نمونه ها (mm)	میانگین وزنی یک چهارم پایین ترین نمونه‌ها (mm)	راندمان پتانسیل PELQ%	کمبود رطوبتی خاک (mm)	راندمان واقعی AELQ	یکنواختی پخش آب DU%	تلفات تبخیر /	ملاحظات سرعت باد (m/s)
ردیف ۱	۲۱۰	۱۰/۹	۹/۴	۸/۱	۷۴	۷/۹	۷۲/۵	۸۶	۱۲	۳
ردیف ۲	۲۱۰	۱۰/۹	۸/۷۱	۷/۳۵	۶۷/۴	۷/۹	۶۷/۴	۸۴	۱۶/۶	۴
ردیف ۳	۲۱۰	۱۰/۹	۹/۰۳	۸/۵۶	۷۸/۵	۷/۹	۷۲/۵	۹۵	۱۶/۵	۲
ردیف ۴	۲۱۰	۱۰/۹	۱۰/۳	۷/۷	۷۰/۵	۷/۹	۷۰/۶	۷۵	۴/۵	۵
میانگین	۸۴۰	۱۰/۹	۹/۳۶	۷/۹۳	۷۲/۷	۷/۹	۷۲/۵	۸۴/۷	۱۲	۵

جدول ۹ - اجزا و عوامل مقایسه و ارزیابی در روش آبیاری شیاری

تاریخ: ۷۳/۳/۲۵ ساعت شروع آزمایش : ۸:۰۰ ساعت پایان آبیاری : ۱۳:۰۰ فشار کارکرد : (Psi):۲۰ MAD(mm)۲۱/۰۸

فاکتورها تکرارها	رطوبت خاک قبل از آبیاری درصد حجمی	رطوبت خاک بعد از آبیاری درصد حجمی	حجم آب آبیاری (m^3)	حجم تلفات رواناب سطحی (m^3)	حجم آب نفوذ کرده در خاک (m^3)	کمبود رطوبتی خاک SMD (mm)	حجم آب ذخیره شده در منطقه ریشه (m^3)	حجم آب تلفات نفوذ عمقی (m^3)	راندمان پتانسیل PELQ (%)	راندمان واقعی AELQ (%)	یکنواختی پخش آب DU (%)	نسبت نفوذ عمقی DPR (%)	نسبت رواناب TWR (%)
پلات ۱	۱۸/۲	۳۱/۵	۱۶۹/۵	۴۸/۵	۱۲۱	۲۶/۶	۵۲/۳	۶۸/۷	۶۳/۵	۳۱	۸۸/۱	۴۰/۵	۲۸/۶
پلات ۲	۱۹/۵	۳۲	۱۷۱	۵۰	۱۲۱	۲۵	۴۹/۲	۷۱/۸	۵۹/۷	۳۸/۸	۸۹/۲	۵۰	۲۹/۲
پلات ۳	۱۸/۷	۳۲/۱	۱۶۸/۲	۴۵/۳	۱۲۲/۹	۲۶/۸	۵۲/۸	۷۰/۱	۶۴	۳۱/۴	۸۸/۵	۴۱/۷	۲۶/۹
پلات ۴	۲۰/۱	۳۲/۸	۱۶۹	۴۷/۱	۱۲۱/۹	۲۵/۴	۵۰	۷۱/۹	۶۰/۷	۲۹/۶	۸۹	۴۲/۵	۲۷/۹
میانگین	۱۹/۱	۳۲/۱	۶۷۷/۷	۱۹۰/۹	۴۸۶/۸	۲۶	۲۰۴/۷	۲۸۲	۶۲/۱	۳۰/۲	۸۸/۹	۴۱/۶	۲۸/۲

زمان تماس آب با خاک در ابتدای شیار (min): ۳۰۰ عمق حداکثر نفوذ (mm): ۷۲/۷

زمان تماس آب با خاک در انتهای شیار (min): ۲۲۰ عمق حداقل نفوذ (mm): ۵۹/۴

معادله نفوذ : $D=0.857\ T^{0.779}+3.5$

رشد بر حسب متر مکعب در هکتار داده شده است. همانطوری که از جدول فوق ملاحظه می‌گردد، میزان حجم آب داده شده به زمین در روش آبیاری بارانی (سنترپیوت) تقریباً در ماه‌های مرداد و شهریور نزدیک به نیاز آبی گیاه می باشد حتی خرابی سیستم انتقال بود و آبیاری با ماشین آبیاری به مدت شش روز متوقف نمود. این عامل همراه با عامل عدم یکنواختی توزیع آب در روش آبیاری با سنترپیوت باعث کاهش محصول گردید.

در جدول ۱۰ درصد حجمی تلفات آب بر مبنای حجم آب مورد نیاز (یعنی حجم تلفات تقسیم بر حجم آب مورد نیاز) محاسبه گردیده است. اگر نسبت تلفات به نیاز آبی حساب شود در روش آبیاری بارانی (سنترپیوت) تلفات ۲۲/۹۳ درصد و در روش آبیاری شیاری ۸۲/۷۳ درصد بوده است. به عبارتی در روش شیاری تقریباً دو برابر آب مورد نیاز گیاه آب صرف آبیاری شده است در صورتی که در روش بارانی (سنترپیوت) این ضریب حدود یک سوم بوده است.

ب – مقایسه راندمان واقعی کاربر آب دو سیستم آبیاری

راندمان واقعی در روش آبیاری بارانی (سنترپیوت) در طول فصل آبیاری از حداقل ۶۷/۵ و حداکثر ۸۴/۹ درصد تغییرات داشت که این امر به دلیل تغییرات جوی و تغییر شرایط کارکرد دستگاه (درجه تنظیم سرعت دستگاه، سرعت باد، درجه حرارت،...) بوده است.

همچنین متوسط راندمان واقعی در روش بارانی در طول فصل زراعی ۷۵/۸ درصد به دست آمد و در روش آبیاری شیاری این متوسط ۵۶/۵ درصد بود که اختلاف راندمان واقعی دو سیستم برابر ۱۹ درصد می‌باشد.

راندمان واقعی در روش شیاری در طول فصل آبیاری بین حداقل ۲۸/۸ و حداکثر ۶۹/۲ درصد تغییرات داشته است و این نشان می‌دهد که با اعمال یک مدیریت صحیح در روش آبیاری شیاری می‌توان از یک راندمان آبیاری نسبتاً خوبی برخوردار شد. در آبیاری شیاری راندمان واقعی در آبیاریهای اولیه کم و به تدریج در آبیاری های دیگر این راندمان افزایش پیدا کرد. دلیل اصلی این افزایش بستگی به عمق توسعه ریشه گیاه داشت. چون در ابتدای فصل کشت عمق توسعه ریشه گیاه معمولاً کم است و بیشتر آب آبیاری به صورت تلفات نفوذ عمقی به هدر می‌رود البته با یک مدیریت صحیح می‌توان این اختلاف را کمتر کرد ولی ماهیت این روش آبیاری طوریست که نمی‌توان آن را کاملاً حذف نمود. در روش بارانی اختلاف بین حداکثر و حداقل مقادیر راندمان واقعی کمتر ست و این به دلیل آن است که در این روش به راحتی می‌توان عمق آب آبیاری مورد نیاز را به زمین داد (با تنظیم سرعت دستگاه) در شکل ۲ مقادیر راندمان واقعی دو روش در طول فصل آبیاری با هم مقایسه شده است. همان طوری که از این شکل ملاحظه می‌شود روند تغییرات راندمان واقعی در طول فصل برای سیستم آبیاری شیاری تقریباً یک روند صعودی دارد. این امر به دلیل تغییرات در فاکتورهای طراحی حادث شده است یعنی به علت اینکه در آبیاریهای اولیه تلفات نفوذ عمقی زیاد بود مقادیر زمان آبیاری و دبی ورودی به شیار برای آبیاریهای بعدی کاهش داده شد و بنابراین راندمان واقعی سیستم افزایش یافته و به راندمان پتانسیل نزدیک شد. حتی در آبیاریهای آخر راندمان واقعی در سیستم آبیاری شیاری خیلی نزدیک به راندمان پتانسیل گردید که این نشان می‌دهد که با یک مدیریت مناسب می‌توان از راندمان خوبی در سیستم آبیاری شیاری برخوردارشد.

روند تغییرات راندمان واقعی در روش بارانی برعکس روش شیاری در طول فصل زراعی از یک روند بخصوصی تبعیت نمی‌کند به طور کلی شرایط جوی و کارکرد دستگاه که در طول فصل زراعی دستخوش تغییرات می‌باشد تأثیر بسزایی بر تغییرات راندمان واقعی روش آبیاری بارانی دارد.

ج – مقایسه راندمان پتانسیل روشهای آبیاری بارانی (سنترپیوت) با شیاری

راندمان پتانسیل در روش آبیاری شیاری از حداقل ۵۴ تا حداکثر ۷۶/۵ و به طور متوسط ۶۹/۵ درصد در طول فصل زراعی تغییرات داشته است و در روش آبیاری بارانی از حداقل ۶۸/۶ تا حداکثر ۹۳/۱ درصد تغییرات داشت و به طور متوسط در طول فصل زراعی برابر ۷۹/۲ درصد به‌دست آمد. اختلاف راندمان پتانسیل متوسط در دو روش آبیاری برابر ۹/۷ درصد است و این مقدار نشان می‌دهد که آبیاری شیاری اگر با اصول صحیح طراحی و بهره‌برداری شود می‌تواند از راندمان خوبی برخوردار باشد چون هزینه اولیه این روش نسبت به سیستم آبیاری بارانی خیلی کم می‌باشد لذا برای شرایط کشور مناسب به نظر می‌رسد. بخصوص اینکه کشاورزان با تکنولوژی و نحوهٔ کارکرد سیستم آبیاری بارانی

جدول ۱۰ - حجم آب آبیاری در ماههای مختلف طول فصل زراعی و مقایسه آن با نیاز آبی گیاه (متر مکعب در هکتار)

ماهها / شرح	۱۱ خرداد تا ۹ تیر	۱۰ تیر تا ۹ مرداد	۱۰مردادتا۹شهریور	۹ شهریور تا ۹ مهر	کلی
شیاری	۳۲۱۳	۳۰۳۴	۳۰۱۳	۳۲۲۳	۱۲۵۸۳
سنترپیوت	۲۰۱۲	۱۸۶۰	۲۸۴۳	۱۷۵۰	۱۴۶۵
نیاز آبی گیاه	۱۰۷۱	۱۸۵۰	۲۲۵۵	۱۷۱۰	۶۸۸۶

جدول ۱۱ - مقایسه درصد حجمی تلفات آب در طول فصل زراعی

شرح	سیستم سنترپیوت	سیستم نشتی
حجم آب آبیاری (متر مکعب درهکتار)	۸۴۶۵	۱۲۵۸۳
حجم آب تلف شده (متر مکعب در هکتار)	۱۵۷۹	۵۶۹۷
درصد تلفات بر مبنای ETc محاسبه شده	۲۲/۹۳	۸۲/۷۳

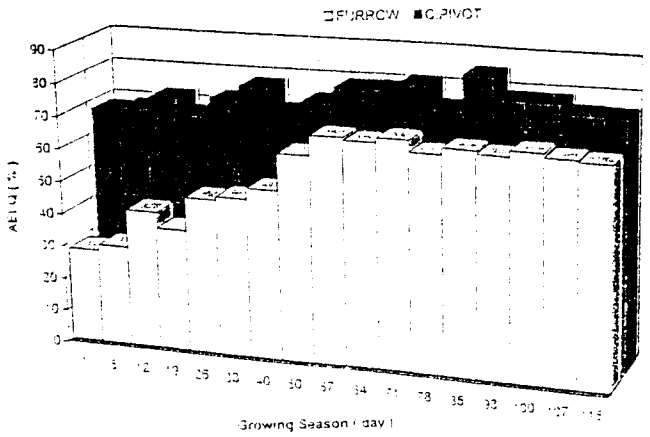
(سنترپیوت) آشنایی ندارند و همچنین توانایی خرید این سیستم را ندارند.

روند تغییرات و مقایسه راندمان پتانسیل دو روش آبیاری در شکل ۳ نشان داده شده است همان‌طوری که از این شکل ملاحظه می‌گردد راندمان پتانسیل در روش آبیاری شیاری برای چند آبیاری اولیه کم بوده و سپس به یک مقدار تقریباً ثابتی با تغییرات ۳ درصد رسیده است راندمان پتانسیل بجز دو یا سه آبیاری بالای ۷۰٪ بوده است بنابراین طراحی و بهره‌برداری از این سیستم خوب بوده است. روند تغییرات راندمان پتانسیل در روش آبیاری بارانی با سنترپیوت از روند خاصی برخوردار نبوده و ضریب تغییرات آن مثبت و منفی ۱۰ درصد بوده است. این عدد نشان می‌دهد که تأثیر شرایط محیطی بر این سیستم نسبتاً زیاد است. به طور کلی عدم مطابقت با شرایط موجود باعث کاهش و تغییرات زیاد راندمان پتانسیل شده است.

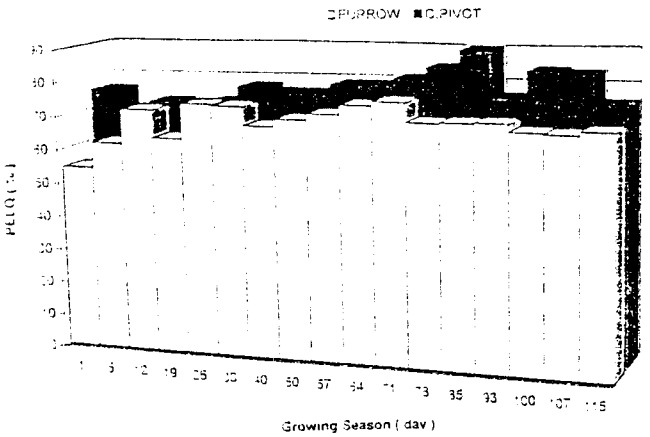
د - مقایسه ضریب یکنواختی پخش روش آبیاری بارانی (سنترپیوت) با شیاری

متوسط ضریب یکنواختی پخش آب در روش آبیاری شیاری در طول فصل زراعی، ۹۱ درصد به دست آمد که این مقدار برای آبیاری شیاری بسیار مناسب است و می‌توان نتیجه گرفت که طرح برای شرایط موجود یعنی بافت خاک سیلتی لومی و با شیب ۱٪ و دبی ۰/۵۷ لیتر بر ثانیه برای هر شیار و طول ۱۷۵ متر بسیار مناسب می‌باشد البته به شرطی که تلفات رواناب سطحی زیاد نباشد و یا بتوان از آن استفاده مجدد به عمل آورد. ضریب تغییرات یکنواختی پخش مثبت و منفی ۱ درصد در طول فصل زراعی به دست آمد. این نمایانگر اینست که توزیع آب در طول شیار بسیار خوب بوده است و همچنین نشان می‌دهد که کلیه زمین تحت پوشش آبیاری شیاری از آب کافی آبیاری برخوردار شده‌اند.

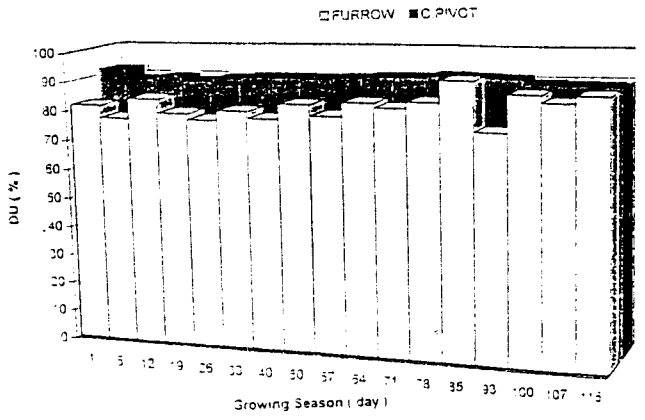
متوسط ضریب یکنواختی پخش آب در روش آبیاری بارانی با سنترپیوت در طول فصل زراعی، ۸۴ درصد به دست آمد که این مقدار برای این روش از مقدار متوسط برخوردار است و دلایل کمی آن (۱) اختلاف ارتفاع بین دو سربال که در جهت شیب غالب زمین حدود ۱/۳ درصد یا ۴/۳ متر در طول بال بود و این اختلاف ارتفاع باعث افت فشار و در نتیجه اختلاف فشار بین ابتدا و انتهای بال شده و در نتیجه درآبدهی آبپاشها تأثیر گذاشته و موجب تغییرات آن در طول بال گردیده است. (وقتی آبدهی آبپاشها بر اثر تغییر فشار کارکرد تغییر نماید باعث عدم توزیع یکنواخت آب در طول بال شده و در نتیجه ضریب توزیع یکنواختی کم می‌شود). (۲) کمی یکنواختی پخش آب در روش آبیاری بارانی ناشی از تغییرات فشار کارکرد سیستم به دلیل تغییرات فشار آب در سیستم انتقال آب بوده و (۳) کمی یکنواختی پخش آب به شرایط جوی منطقه نیز مربوط می‌شود. وجود بادهای با سرعت ۵ متر بر ثانیه و به طور متوسط ۳ متر بر ثانیه توزیع یکنواخت پخش آب را به هم می‌زند. (چون قطرات آب به صورت ریز و اسپری بوده و به آسانی با سرعت باد یک متر



شکل ۱ - هیستوگرام مقایسه راندمان واقعی روشهای آبیاری بارانی (سنترپیوت) و شیاری در طول فصل زراعی



شکل ۲ - هیستوگرام مقایسه راندمان پتانسیل روشهای آبیاری بارانی (سنتر پیوت) و شیاری در طول فصل زراعی



شکل ۳ - هیستوگرام مقایسه توزیع یکنواختی پخش در روشهای آبیاری بارانی (سنتر پیوت و شیاری در طول فصل زراعی)

بر ثانیه قابل حرکت و جابجایی هستند).

ضریب تغییرات یکنواختی پخش آب در روش آبیاری بارانی ۷ درصد مثبت و منفی به‌دست‌آمد که این مقدار نیز تأکید بر این دارد که شرایط محیطی و کارکرد دستگاه تأثیر زیادی بر یکنواختی پخش آب دارد. در نتیجه با تغییر این عوامل، یکنواختی پخش آب نیز تغییر می‌کند.

روند تغییرات ضریب یکنواختی پخش آب و مقایسه آن در روشهای آبیاری بارانی (سنترپیوت) و شیاری در شکل ۳ نشان داده شده است. همان‌طوری که از این شکل ملاحظه می‌شود روند تغییرات یکنواختی پخش آب در طول فصل زراعی در روش آبیاری شیاری خیلی کم بوده و تقریباً ثابت است ولی در روش آبیاری بارانی این روند تغییرات نسبتاً شدیدتر است. به طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که تغییرات یکنواختی پخش آب در هر دو روش آبیاری نسبت به دیگر عوامل ارزیابی (PELQ ، AELQ) کمتر است. با توجه به اینکه از یک طرف روند تغییرات DU و CUcp یکسان هستند و از طرف دیگر نتایج یکنواختی توزیع و بازده آبیاری پتانسیل بر اساس یک چهارم ربع پایینی بدست آمده، بخاطر هماهنگی فقط به تجزیه و تحلیل DU اکتفا شد. ضمناً" ضریب یکنواختی کریستانسن نیز در این طرح تعیین گردید که مقادیر بدست آمده‌در مقایسه با یکنواختی پخش آب حدود ۴ تا۵ درصد بیشتر بود.

بحث

۱ - با مقایسه مقادیر راندمان واقعی در روش آبیاری شیاری ۵۶/۸ درصد و روش آبیاری بارانی (سنترپیوت) ۷۵/۸ درصد، ملاحظه می‌شود که راندمان مصرف آب در آبیاری به روش بارانی ۱۶ درصد نسبت به شیاری زیادتر می‌باشد بنابراین صرفه‌جویی خوبی در مصرف آب می‌شود. به طوری که به ازای تولید یک کیلوگرم بذر ذرت در روش آبیاری شیاری ۹/۱ مترمکعب آب مصرف شده است در صورتی که در روش آبیاری بارانی (سنترپیوت) ۶/۵ متر مکعب آب برای تولید یک کیلوگرم بذر ذرت مصرف شده است. بنابراین صرفه‌جویی در مصرف آب در روش آبیاری بارانی (سنترپیوت) نسبت به شیاری ۲/۷ متر مکعب به ازای هر کیلوگرم بذر ذرت می‌باشد.

۲. مقایسه نتایج راندمان پتانسیل دو روش آبیاری در طول فصل زراعی (۶۹/۵ درصد برای روش آبیاری شیاری و ۷۹/۲ درصد برای روش آبیاری بارانی) نشان می‌دهد که هر دو روش برای شرایط منطقه مناسب هستند ولی بایستی اصلاحاتی برای راهبری بهتر در هر دو روش انجام گیرد.

۳. نتایج حاصله ازروش آبیاری شیاری در طول فصل زراعی نشان داد که با طراحی و راهبری صحیح و با اعمال مدیریت مناسب راندمان بالایی قابل اخذ می‌باشد.

۴. مقایسه نتایج حجم آب آبیاری مصرفی در دو سیستم (۱۳۶۱۵ متر مکعب در هکتار برای روش آبیاری شیاری و ۱۴۶۵ متر مکعب در هکتار برای روش بارانی) نشان داد که صرفه‌جویی آب در روش آبیاری بارانی (سنترپیوت) نسبت به روش شیاری ۴۱۱۸ متر مکعب در هکتار می‌باشد یعنی اینکه با یک مقدار یکسان آب آبیاری، در روش آبیاری بارانی با سنترپیوت حدود ۵۰ درصد زمین بیشتری را نسبت به روش آبیاری شیاری می‌توان زیر کشت برد.

۵. با بهره‌گیری از نتایج به دست آمده از عوامل عملکرد روش آبیاری شیاری، توصیه می‌شود برای اراضی که دارای ویژگیهای مشابه اراضی مزرعه ۵۰۰ هکتاری مشگین آباد را دارند روش آبیاری شیاری به کار گرفته شود چون راندمان واقعی در این روش آبیاری ۵۶/۸ درصد به دست آمد که بسیار خوب می‌باشد.

سپاسگزاری

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

مراجع مورد استفاده

REFERENCES

۱ - سلطانزاده، ح. ۱۳۷۱. ارزیابی و مقایسه روشهای مختلف طراحی آبیاری شیاری و انتخاب روش بهینه. گزارش پژوهشی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

2. ASCE Committee, 1978. "Fescribing Irrigation Efficiency and Uniformity" ASCE, J. of Irr. and

Drainage Dicision, Vol. 104, No. IR1, pp: 35-41 .

3. Deckle, R, C. R. Camp, and M. Corley, 1984. "Furrow Demonstration in South Carolina." ASAE paper 10.

4. Davis, J. R., and A. W. Fry. 1963 . "Measurement of Infiltration Rates in Irrigated Furrows" Tran. of ASAE, 6(3) pp: 318 - 319 .

5. Elliott, R. L, and W. R. Walker. 1982. "Field Evaluation of Furrow Infiltration and Advance Functions". Trans of the ASAE, 25 (2): pp: 396-400 .

6. Goel, A. C., and B. N. Rao, 1980. "Evaluation of Sprinkler Irrigation System and Comparison With Surface System," Haryana Agricultural University, Journal of Research, 10 : 3 pp: 349-351 .

7. Galinato, G. O. 1974. "Evaluation of Irrigation Systems in the SNAKE RIVER FAN, Springfield, VA 22161 AS, 140 p:

8. Jensen, M.E. 1983. "Design & Operation of Farm Irrigation Systems." ASAE Monograph.

9.Merriam, J. L. and J. Keller. 1978. "Farm Irrigation System Evaluation: A Giude for Management" Utah State University, Utah, 271 p.

10. Roland, L. 1982. "Mechanized Sprinkler Irrigation." FAO, Irrigation and Drainage, No. 35, 409 p.

11. Smerdon, E. T. and Glass, L. J. 1993. "Surface Irrigation Water Distribution Efficiency Related to Soil Infiltration;" Transactions of the ASAE, VOL. 8, pp: 554-567 .

12. Thoms, W., W. Ley, and Clyma. W. 1981 "Furrow Irrigation in Northern Colorado". ASAE.

13. Walker, W. R., and G. V. Skogerboe, 1987. Surface Irrigation: Theory and Practic. Orentice-Hall, Inc., Englewood, Cliffs, New Jersey, USA.

A Comparison of Hydraulic Perfomance of Center - Pivot and Furrow Irrigation Systems

T. M. SOHRABI AND R. ASILMANESH

Associate Professor, and Former Graduate Student Irrigation and Reclamation Eng. Dept., University of Tehran,Karaj, Iran.

Accepted Jan. 5, 2000

SUMMARY

Depending on the conditions of a region, different irrigation systems are usually practiced. Each system has its own advantages and disadvantages which should be evaluated, and then the best system based on the climatic, soil, plant, and topography conditions, could be determined. The evaluatin of each system requires some evaluation factors in order to compare the performance of two different systems. Evaluation of two systems not only can increase system effciency, it also determines applicability of each system based on the existing conditions. The major objective of this study was to compare the evaluation factors of two irrigation systems (Center Pivot and furrow) and factors which usually affect 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, the characteristics of the soil and the growing plant (seed corn) along with design parameters were determined. In order to evaluate the furrow irrigation system, four experimental plot, each plots including fifteen furrows was selected and all the required factors for system design were determined. Two parshall flums, one at the entrance and the other at the end of furrows were installed to measure in and outflows. At each irrigation, SMD & MAD with respect to the root zone depth were determined. The infiltration equation with respect to measured data of discharge and advance time were also determined. The depth of infiltrated water through these information was calculated, then the performance factors such as DU, PELQ, AELQ, CU, and the total loss of water were determined. To evaluate the center pivot irrigation systrm, 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 result of this study are as follows:

The volume of irrigation water used in the furrow and the center pivot systems were about 12583, 8465 m^3 ha, respectively (the calculated crop water use for seed corn was about 6890 m^3 / ha). Therefore, the furrow system was used about 32.7 percent or 4118 m^3 / ha irrigation water more than center pivot system. During the growing season the average PELQ for the center-pivot and furrow irrigation, were about 79 and 69.5 percent, respectively. The average AELQ for the center-pivot and furrow irrigation systems were about 79 and 69.5 percent, respectively. The average AELQ and DU values for the center-pivot and the furrow irrigation systems were about (75.8 and 56.8) and (84 and 91) percent, respectively. DU, PELQ values were low at the center-pivot system because it was not properly desigend for the existing condition. In the mean time, it seems that the difference between PELQ and AELQ values in both systems are meaningful which may indicate the existance of management problems.

Key words: Irrigation, Efficiency, Center pivot, Furrow, Performance.