

مقایسه فنی روش آبیاری بارانی (سنتریوت) 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 ۱۵/۱۰/۷۸

خلاصه

در یک منطقه بسته به شرایط موجود معمولاً 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 سنتریوت 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 سنتریوت 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 ۶ متر قرار داده شدند. و سپس کلیه عوامل لازم جهت ارزیابی تعیین گردیدند و سپس با تحلیل داده‌های صحرائی عوامل ارزیابی محاسبه شدند. آنگاه روشهای آبیاری سنتریوت و شیاری از نظر عوامل مؤثر آبیاری مورد مقایسه قرار گرفته و نتایج زیر حاصل گردید. حجم آب آبیاری در روش شیاری ۱۳۶۱۵ متر مکعب در هکتار و در روش سنتریوت ۹۱۸۴ متر مکعب در هکتار و نیاز آبی گیاه ذرت ۶۸۹۰ متر مکعب در هکتار اندازه‌گیری و برآورد گردید. بنابراین صرفه‌جویی آب در روش سنتریوت نسبت به روش شیاری ۳۴ درصد یا ۴۶۳۱ متر مکعب در هکتار می‌باشد متوسط PELQ در طول فصل زراعی برای روش سنتریوت و شیاری به ترتیب ۷۹ و ۶۹/۵ درصد به دست آمد. متوسط AELQ در طول فصل زراعی برای روشهای آبیاری با سنتریوت و شیاری به ترتیب ۷۵/۸ و ۵۶/۸ درصد شد. مقادیر DU در طول فصل زراعی برای روشهای سنتریوت و شیاری به ترتیب ۸۴ و ۹۱ درصد گردید. تجزیه و تحلیل عوامل ارزیابی نشان دادند که روش سنتریوت از کارآیی خوبی برخوردار نبوده و در ضمن مقادیر نسبتاً کم DU و PELQ به علت عدم مطابقت شرایط کارکرد و طراحی ماشین آبیاری (سنتریوت) بوده است. اختلاف زیاد بین بازده بالقوه و واقعی به دست آمده که نمایانگر ضعف مدیریت در هر دو روش آبیاری می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: سنتریوت، 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 به دست می‌آید 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 و اسکوگرو برای طراحی و ارزیابی یک سیستم شیاری روشی را بر مبنای معادله نفوذ کوستیاکوف - لوئیس و همچنین معادله سطح مقطع شیاری 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 والکر و اسکوگرو را ارائه نمودند. به استناد به همین تحقیق، روش طراحی والکر - اسکوگرو جهت طراحی آبیاری شیاری این طرح مورد بهره‌برداری قرار گرفت.

در سال ۱۹۸۱ توسط توماس و همکاران (۱۲) ارزیابی بر روی متغیرهای مختلف مؤثر 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 ستریپوت (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 ایوت و والکر (۵) انجام گرفت و معادله پیشروی آب به صورت

$X = PT^2$ معرفی شد. که در آن X مسافت پیشروی (متر) و T زمان پیشروی (دقیقه) می‌باشد. جهت تعیین پارامترهای P و r آنها روش دو نقطه‌ای را پیشنهاد کردند.

در سال ۱۹۷۴ گالینانو 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 ستریپوت 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 مؤثر بر آبیاری مورد ارزیابی قرار داده و نتایج حاصله را با نتایج سیستم‌های آبیاری سطحی مقایسه نمودند: (۶)

هدف از این تحقیق تعیین معیارهای مقایسه بین روشهای آبیاری بارانی (ستریپوت) 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 مشکین آباد کرج واقع شده است. شیب زمینهای تحت آبیاری بارانی با ستریپوت 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 ستریپوت 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 ۱۷/۶۶ سانتی متر آبیاری شیاری در هر متر خاک تعیین گردید. عمق آب آبیاری خالص برای ذرت با عمق توسعه ریشه $D=50$ سانتی متر (شرایط متوسط رشد) و $MAD=60\%$

تعیین اجزاء عوامل مقایسه می‌باشد. در این روش برای اندازه‌گیری آب ورودی و خروجی به شیاهای 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 - اسکوگرو (Walker and Skogerboe) طراحی گردید. مقادیر عوامل طراحی برای این روش در جدول ۳ مندرج می‌باشد.

$(Fn = 17/66 \times 0/5 \times 0/6)$ سانتی متر بدست آمد. رطوبت قابل استفاده در خاکهای تحت پوشش سیستم آبیاری بارانی با سنتر پیوت برابر $16/7$ سانتی متر در هر متر خاک تعیین گردید. عمق خالص آبیاری با در نظر گرفتن عمق توسعه ریشه $D=50$ سانتی متر و $MAD=40\%$ برابر $3/34$ سانتی متر بدست آمد.

آبیاری شیاری

به منظور مقایسه فنی روش آبیاری بارانی (سنتر پیوت) با شیاری نیاز به وسایل اندازه‌گیری جهت تعیین داده‌های صحرائی برای

جدول ۱ - مشخصات خاک زمین زیر پوشش آبیاری شیاری

عمق خاک	بافت خاک	وزن مخصوص ظاهری	تخلخل n	درصد وزنی رطوبت ظرفیت زراعی	درصد وزنی رطوبت نقطه پژمردگی دائم
(cm)	(%)	(g/cm ³)	(%)	FC (%)	PWP (%)
۰-۲۵	لوم	۱/۴۳	۴۶	۲۲/۲	۹/۵
۲۵-۵۰	لوم لای	۱/۳۷	۴۸	۲۳/۸	۱۰/۵
۵۰-۷۵	لوم شنی	۱/۵۱	۴۲	۱۸	۷

جدول ۲ - مشخصات خاک زمین زیر پوشش آبیاری بارانی با سنتر پیوت

عمق خاک	بافت خاک	وزن مخصوص ظاهری	تخلخل n	درصد وزنی رطوبت ظرفیت زراعی	درصد وزنی رطوبت نقطه پژمردگی دائم
(cm)	(%)	(g/cm ³)	(%)	FC (%)	PWP (%)
۰-۲۵	لوم لای	۱/۳۶	۴۹	۲۳/۵	۱۰
۲۵-۵۰	لوم	۱/۴۵	۴۷	۲۱/۱	۱۰
۵۰-۷۵	لوم شنی	۱/۴۹	۴۰	۱۸	۷/۵

جدول ۳ - عوامل طراحی آبیاری شیاری

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

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 ۰/۱۶، ۰/۲، ۰/۲، ۰/۲، ۰/۲، ۰/۲ 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 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 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

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 جریان‌های 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 سنتریوت

برای تعیین عوامل مقایسه و ارزیابی روش مورد نظر زمینی که به وسعت ۲۹/۷ هکتار تحت آبیاری بارانی با سنتریوت بود انتخاب گردید. وسایلی از قبیل ۲۲۰ عدد قوطی نمونه‌برداری آب، دو عدد فشارسنج (۱۰۰ - 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 علامت‌گذاری محل قوطیها) مورد استفاده قرار گرفت. دستگاه سیستم آبیاری بارانی سنتریوت 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 گسایشی 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 مبنای هر ماه بدست آمد و این ارقام منهای برنامه‌ریزی آبیاری قرار گرفت.

به منظور برآورد عوامل عملکرد، در چهار ردیف شعاعی از

جدول ۴ - حجم آب جمع آوری شده در فونسل های سه تریه برابری لایه‌های مشرا و سیزدهم‌های درسی آنها

شماره ردیف	شماره فاصله	فونسل		شماره فاصله	فونسل		شماره فاصله	فونسل		تاریخ ۷۴/۱۲/۱۶
		شماره محل	سوره‌های وزنی - سوره x شماره محل		شماره محل	سوره‌های وزنی - سوره x شماره محل		شماره محل	سوره‌های وزنی - سوره x شماره محل	
۱	۱	۱	۹۸	۷	۹۸	۷۷	۲۷	۲۷	۲۰۷۹	
۱	۱	۲	۱۱۰	۷	۲۲۰	۸۹	۲۸	۲۸	۲۴۹۲	
۱	۱	۳	۱۲۲	۸	۳۶۶	۶۷	۲۹	۲۹	۱۹۲۳	
۱	۱	۴	۶۷/۵	۸	۲۷۰	۶۹	۳۰	۳۰	۲۰۷۰	
۲	۲	۵	۱۱۶	۸	۵۸۰	۶۳/۵	۳۱	۳۱	۱۹۶۸/۵	
۲	۲	۶	۶۷	۸	۴۰۲	۵۹	۳۲	۳۲	۱۸۸۸	
۲	۲	۷	۷۷	۹	۵۳۹	۸۶	۳۳	۳۳	۲۸۲۸	
۲	۲	۸	۸۶	۹	۶۸۸	۶۵	۳۴	۳۴	۲۲۱۰	
۳	۳	۹	۸۰/۵	۹	۷۲۲/۵	۶۸	۳۵	۳۵	۲۳۸۰	
۳	۳	۱۰	۸۷	۹	۸۷۰	۶۹	۳۶	۳۶	۲۲۸۲	
۳	۳	۱۱	۹۰	۱۰	۹۹۰	۶۹	۳۷	۳۷	۲۵۵۲	
۳	۳	۱۲	۸۰	۱۰	۹۶۰	۶۶/۵	۳۸	۳۸	۲۵۲۷	
۳	۳	۱۳	۷۳	۱۰	۹۲۹	۶۳	۳۹	۳۹	۲۲۵۷	
۴	۴	۱۴	۹۵	۱۰	۱۳۳۰	۷۳	۴۰	۴۰	۲۹۲۰	
۴	۴	۱۵	۷۲	۱۱	۱۰۸۰	۷۸	۴۱	۴۱	۲۱۹۸	
۴	۴	۱۶	۸۰	۱۱	۱۲۸۰	۵۶	۴۲	۴۲	۲۸۱۲	
۵	۵	۱۷	۱۱۸	۱۱	۲۰۰۶	۸۰/۵	۴۳	۴۳	۳۴۶۱/۵	
۵	۵	۱۸	۷۹	۱۱	۱۲۲۲	۸۱	۴۴	۴۴	۳۵۶۴	
۵	۵	۱۹	۷۵/۵	۱۲	۱۳۳۲/۵	۷۰/۵	۴۵	۴۵	۳۱۷۲/۵	
۵	۵	۲۰	۷۵	۱۲	۱۵۰۰	۷۱	۴۶	۴۶	۳۲۶۶	
۶	۶	۲۱	۷۷	۱۲	۱۶۱۷	۷۰	۴۷	۴۷	۳۲۹۰	
۶	۶	۲۲	۸۷	۱۲	۱۹۱۲	۷۰	۴۸	۴۸	۳۳۶۰	
۶	۶	۲۳	۷۷	۱۳	۱۷۷۱	۲۹	۴۹	۴۹	۲۳۵۲	
۶	۶	۲۴	۷۸/۵	۱۳	۱۸۸۲	-	۵۰	-	-	
۷	۷	۲۵	۸۳	۱۳	۲۰۷۵	-	۵۱	-	-	
۷	۷	۲۶	۸۰	۱۳	۲۰۸۰	-	۵۲	-	-	

مجموع شماره محل سوره‌ها ۱۲۱۵

مجموع سوره‌های درسی ۹۰۲۲۱

جدول ۵ - حجم آب جمع آوری شده در فونسل های پنج تریه و سیزدهم‌های درسی آنها

شماره ردیف	شماره فاصله	فونسل		شماره فاصله	فونسل		شماره فاصله	فونسل		تاریخ ۷۴/۱۲/۱۶
		شماره محل	سوره‌های وزنی - سوره x شماره محل		شماره محل	سوره‌های وزنی - سوره x شماره محل		شماره محل	سوره‌های وزنی - سوره x شماره محل	
۱	۱	۱	۸۸	۷	۱۸۰۹	۶۷	۲۷	۲۷	۱۸۰۹	
۱	۱	۲	۱۰۳	۷	۲۰۷۲	۷۴	۲۸	۲۸	۲۰۷۲	
۱	۱	۳	۱۱۶	۸	۲۲۰۴	۷۶	۲۹	۲۹	۲۲۰۴	
۱	۱	۴	۳۵۲	۸	۲۰۷۰	۶۹	۳۰	۳۰	۲۰۷۰	
۲	۲	۵	۳۶۵	۸	۲۱۸۵/۵	۷۰/۵	۳۱	۳۱	۲۱۸۵/۵	
۲	۲	۶	۳۴	۸	۲۴۰۰	۷۵	۳۲	۳۲	۲۴۰۰	
۲	۲	۷	۲۶۶	۹	۲۲۲۴	۶۸	۳۳	۳۳	۲۲۲۴	
۲	۲	۸	۴۰	۹	۱۷۲۲	۵۱	۳۴	۳۴	۱۷۲۲	
۳	۳	۹	۶۶۱/۵	۹	۲۵۹۰	۷۴	۳۵	۳۵	۲۵۹۰	
۳	۳	۱۰	۷۲	۹	۲۷۰۰	۷۵	۳۶	۳۶	۲۷۰۰	
۳	۳	۱۱	۹۶۸	۱۰	۲۸۲۹	۷۷	۳۷	۳۷	۲۸۲۹	
۳	۳	۱۲	۸۶۴	۱۰	۲۲۰۲	۵۸	۳۸	۳۸	۲۲۰۲	
۳	۳	۱۳	۹۷۵	۱۰	۲۲۲۳	۵۷	۳۹	۳۹	۲۲۲۳	
۴	۴	۱۴	۱۱۴۸	۱۰	۳۰۰۰	۷۵	۴۰	۴۰	۳۰۰۰	
۴	۴	۱۵	۱۲۶۰	۱۱	۳۵۲۱/۵	۶۱/۵	۴۱	۴۱	۳۵۲۱/۵	
۴	۴	۱۶	۱۴۲۰	۱۱	۳۵۲۰	۶۰	۴۲	۴۲	۳۵۲۰	
۵	۵	۱۷	۱۴۱۱	۱۱	۲۶۶۶	۶۲	۴۳	۴۳	۲۶۶۶	
۵	۵	۱۸	۱۳۲۳	۱۱	۲۵۹۶	۵۹	۴۴	۴۴	۲۵۹۶	
۵	۵	۱۹	۱۲۹۲	۱۲	۲۶۱۰	۵۸	۴۵	۴۵	۲۶۱۰	
۵	۵	۲۰	۱۵۲۰	۱۲	۳۰۳۶	۶۶	۴۶	۴۶	۳۰۳۶	
۶	۶	۲۱	۱۵۳۳	۱۲	۳۲۳۱	۷۳	۴۷	۴۷	۳۲۳۱	
۶	۶	۲۲	۱۶۹۲	۱۲	۳۲۸۰	۷۲/۵	۴۸	۴۸	۳۲۸۰	
۶	۶	۲۳	۱۷۲۵	۱۳	۳۱۳۶	۶۴	۴۹	۴۹	۳۱۳۶	
۶	۶	۲۴	۱۷۶۴	۱۳	۲۷۵۰	۵۵	۵۰	۵۰	۲۷۵۰	
۷	۷	۲۵	۱۸۰۰	۱۳	-	۱۸	۵۱	۵۱	-	
۷	۷	۲۶	۲۰۲۸	۱۳	-	-	۵۲	۵۲	-	

مجموع شماره محل سوره‌ها ۱۲۱۵

مجموع سوره‌های درسی ۸۷۳۵۵

جدول ۷ - محصلان آبیاری در استان تهران در سال ۱۳۷۸ - ۱۳۷۹

شماره ثبت	شماره فیلد	نوع		شماره فیلد	شماره ثبت	نوع	شماره فیلد	شماره ثبت
		نوع	نوع					
۱	۱	۱	۷۱	۱	۱	۱	۷۱	۱۷۲۸
۱	۱	۲	۷۸	۲	۲	۲	۱۵۶	۲۴۰۸
۱	۱	۳	۱۱۰	۳	۳	۳	۳۳۰	۲۸۱۳
۱	۱	۴	۸۵	۴	۴	۴	۳۲۰	۲۸۲۰
۲	۲	۵	۱۱۲	۵	۵	۵	۵۶۰	۲۵۸۸/۵
۲	۲	۶	۶۲۰	۶	۶	۶	۳۷۲	۲۶۵۶
۲	۲	۷	۶۲	۷	۷	۷	۲۳۴	۲۶۰۷
۲	۲	۸	۱۰۰	۸	۸	۸	۸۰۰	۲۷۵۴
۳	۳	۹	۱۰۹	۹	۹	۹	۹۸۱	۳۲۲۰
۳	۳	۱۰	۶۰	۱۰	۱۰	۱۰	۶۰۰	۳۵۲۸
۳	۳	۱۱	۵۵	۱۱	۱۱	۱۱	۶۰۵	۳۵۳۳/۵
۳	۳	۱۲	۶۸	۱۲	۱۲	۱۲	۸۱۶	۳۱۵۴
۴	۴	۱۳	۵۱/۵	۱۳	۱۳	۱۳	۶۶۹/۵	۳۲۷۱
۴	۴	۱۴	۵۹	۱۴	۱۴	۱۴	۸۲۶	۳۶۸۰
۴	۴	۱۵	۶۲	۱۵	۱۵	۱۵	۹۳۰	۳۸۳۳/۵
۴	۴	۱۶	۷۵	۱۶	۱۶	۱۶	۱۲۰۰	۳۴۴۴
۵	۵	۱۷	۸۴	۱۷	۱۷	۱۷	۱۴۲۸	۳۶۱۲
۵	۵	۱۸	۸۳	۱۸	۱۸	۱۸	۱۴۹۴	۳۷۲۰
۵	۵	۱۹	۸۶	۱۹	۱۹	۱۹	۱۶۳۴	۳۹۱۵
۵	۵	۲۰	۷۶	۲۰	۲۰	۲۰	۱۵۲۰	۳۴۰۴
۶	۶	۲۱	۷۳/۵	۲۱	۲۱	۲۱	۱۵۴۳/۵	۳۹۹۵
۶	۶	۲۲	۸۱	۲۲	۲۲	۲۲	۱۷۸۲	۴۴۱۶
۶	۶	۲۳	۶۷	۲۳	۲۳	۲۳	۱۵۴۱	۳۵۷۷
۶	۶	۲۴	۶۲	۲۴	۲۴	۲۴	۱۲۸۸	۳۴۵۰
۷	۷	۲۵	۸۸	۲۵	۲۵	۲۵	۲۲۰۰	۲۳۹۷
۷	۷	۲۶	۸۶/۵	۲۶	۲۶	۲۶	۲۲۲۹	-

مجموع شماره ثبت: ۱۳۲۷

مجموع شماره ثبت: ۱۳۲۷

جدول ۶ - محصلان آبیاری در استان تهران در سال ۱۳۷۸ - ۱۳۷۹

شماره ثبت	شماره فیلد	نوع		شماره فیلد	شماره ثبت	نوع	شماره فیلد	شماره ثبت
		نوع	نوع					
۱	۱	۱	۷۹	۱	۱	۱	۷۹	۱۷۵۵
۱	۱	۲	۲۸۶	۲	۲	۲	۲۸۶	۱۸۷۶
۱	۱	۳	۹۸	۳	۳	۳	۲۹۴	۱۷۱۱
۱	۱	۴	۴۰۸	۴	۴	۴	۱۸۳۰	۱۸۳۰
۲	۲	۵	۹۸	۵	۵	۵	۱۹۶۸/۵	۱۹۶۸/۵
۲	۲	۶	۹۹	۶	۶	۶	۱۹۲۰	۱۹۲۰
۲	۲	۷	۸۹	۷	۷	۷	۱۹۸۰	۱۹۸۰
۲	۲	۸	۸۸/۵	۸	۸	۸	۲۱۰۸	۲۱۰۸
۳	۳	۹	۶۶۶	۹	۹	۹	۲۵۲۰	۲۵۲۰
۳	۳	۱۰	۷۲	۱۰	۱۰	۱۰	۲۶۶۴	۲۶۶۴
۳	۳	۱۱	۷۲	۱۱	۱۱	۱۱	۲۸۸۶	۲۸۸۶
۳	۳	۱۲	۵۱	۱۲	۱۲	۱۲	۲۶۲۲	۲۶۲۲
۴	۴	۱۳	۶۵	۱۳	۱۳	۱۳	۲۳۲۰	۲۳۲۰
۴	۴	۱۴	۷۸/۵	۱۴	۱۴	۱۴	۳۰۸۰	۳۰۸۰
۴	۴	۱۵	۷۵	۱۵	۱۵	۱۵	۳۴۶۲/۵	۳۴۶۲/۵
۴	۴	۱۶	۷۲/۵	۱۶	۱۶	۱۶	۳۵۷۰	۳۵۷۰
۵	۵	۱۷	۷۹	۱۷	۱۷	۱۷	۳۱۸۲	۳۱۸۲
۵	۵	۱۸	۷۴	۱۸	۱۸	۱۸	۳۲۱۲	۳۲۱۲
۵	۵	۱۹	۶۵	۱۹	۱۹	۱۹	۳۸۰۲/۵	۳۸۰۲/۵
۵	۵	۲۰	۶۸	۲۰	۲۰	۲۰	۳۱۲۸	۳۱۲۸
۶	۶	۲۱	۷۰	۲۱	۲۱	۲۱	۴۲۷۷	۴۲۷۷
۶	۶	۲۲	۶۳	۲۲	۲۲	۲۲	۳۳۸۴	۳۳۸۴
۶	۶	۲۳	۸۲	۲۳	۲۳	۲۳	۱۸۶۲	۱۸۶۲
۶	۶	۲۴	۷۰	۲۴	۲۴	۲۴	-	-
۷	۷	۲۵	۶۸	۲۵	۲۵	۲۵	۱۷۰۰	-
۷	۷	۲۶	۶۸	۲۶	۲۶	۲۶	۱۷۶۸	-

مجموع شماره ثبت: ۱۱۱۵

مجموع شماره ثبت: ۱۱۱۵

تاریخ: ۷/۲/۸۶

تاریخ: ۷/۲/۸۶

مجموع شماره ثبت: ۱۱۱۵

مجموع شماره ثبت: ۱۱۱۵

DU نسبی است لیکن مقدار کمتر از ۶۷ درصد عموماً قابل قبول نیست (۱۰).

۴- راندمان واقعی آبیاری^۴

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

$$100 \times (\text{متوسط عمق ناخالص آبیاری} / \text{میانگین یک چهارم}$$

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

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

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 آبتوی مورد نیاز باشد، یک چهارم کمترین عمق آب نفوذی مطلوب برابر SMD به علاوه عمق آب آبتوی 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 ضرر کاربرد سیستم دارد. زمانی که بخشی از اراضی و یا کل آن تماماً تحت پوشش آبیاری کمتر از نیاز قرار گیرد عوامل دیگری نیز باید مورد نظر قرار بگیرد.

۵- راندمان پتانسیل آبیاری^۵

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 کارایی ضعیف سیستم موجود است و در صورت طراحی صحیح و پایین بودن PELQ باید

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^۱

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 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 و آگاهی زیاد دارد.

۲- نقصان مجاز رطوبتی^۲

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 تجارته گیاه و خصوصیات ریشه دارد.

۳- یکنواختی توزیع آب^۳

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

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

مقدار کم DU در صورتی که آبیاری کافی انجام پذیرد نشانه تلفات آب در شکل فرو نشن عمیق است. هر چند که مقدار کم

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)

جدول ۴ تهیه گردید. از آنجایی که هرچه از نقطه محور فاصله گرفته می شود محلی که نمونه‌ها در آن واقع می شوند، نشان دهنده بخش وسیع تری از اراضی می باشد، 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 سنتریوت: در این مرحله عمق توسعه ریشه گیاه حدوداً ۳۰ سانتی متر، حجم آب آبیاری تحویلی به مزرعه ۸۴۰ متر مکعب، 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 می باشد. 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:

میانگین عمق آب کاربردی

$$= \frac{\text{حجم آب مصرفی}}{\text{مساحت آبیاری شده}} = \frac{۸۴۰}{۷۷۰۰۰} \times ۱۰۰۰ = ۱۰/۹ \text{ میلی متر}$$

۲- محاسبه میانگین وزنی کل نمونه‌ها (با استفاده از جدول ۴)

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

وزنی کل نمونه‌ها

برای تبدیل حجم آب میانگین وزنی کل نمونه‌ها به عمق

آب عدد ۷۳/۷ تقسیم بر سطح قوطی نمونه برداری (۷۸/۵ سانتی متر مربع) شده است. بنابراین:

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

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

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

نمونه‌ها در ربع پایینی

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

۱۰۰ میانگین کمترین ربع عمق نفوذ زمانی که برابر MAD باشد PELQ میانگین عمق آب آبیاری پس از اینکه MAD جبران شده باشد

(سیستم شیاری)

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

(سیستم سنتریوت)

مقدار PELQ زمانی برابر AELQ در کل زمین زراعی است که کمترین ربع عمق نفوذ آب برای جبران SMD کافی باشد (وقتی که MAD = SMD 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 مقایسه‌ای کاربرد مقدار مشابه آب آبیاری برای جبران MAD می باشد. مقایسه‌های اقتصادی باید هزینه‌های آبیاری، تولید محصول و همچنین عملکرد مورد انتظار را در بر بگیرد.

۶- ضریب یکنواختی کریستیانسن^۱

این ضریب شاخصی است که مشکلات توزیع آب را در سیستم سنتریوت نشان می دهد و از فرمول زیر قابل محاسبه می باشد.

$$100 \left(1 - \left(\frac{\sum S^2}{\sum S} \right) \right) / \sum VS$$

$$CU_{cp} =$$

که در رابطه فوق

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

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

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 به دست می آید (۹).

$$\sum VS = 90.341$$

$$\sum S = 1225$$

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

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

$$CU_{cp} = 100 \left[1 - \left(\frac{9942}{90.341} \right) \right] = 89\%$$

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 سنتر پیوت 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 (سنتر پیوت) 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 (سنتر پیوت) ۸۴۶۵ متر مکعب در هکتار گردید. نیاز آبی گیاه ذرت برای شرایط منطقه طرح ۶۸۸۶ متر مکعب در هکتار تعیین گردید، بنابراین صرفه جویی آب در روش آبیاری بارانی (سنتر پیوت) نسبت به روش آبیاری شیاری ۴۱۱۸ متر مکعب در هکتار می شود. به عبارتی دیگر با یک دبی یکسان، در روش آبیاری بارانی (سنتر پیوت) می توان 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 (سنتر پیوت) و شیاری در طول ماههای فصل

برای تعیین آن ابتدا به جدول ۴ مراجعه کرده (از کل نمونه ها که ۵۰ عدد بود به تعداد یک چهارم آن که ۱۳ نمونه خواهد بود) و ۱۳ نمونه از کل نمونه ها که مقادیر عددی آنها از نظر حجم آب جمع آوری شده کمتر است انتخاب گردید و مجموع وزنی و مجموع اعداد محل نمونه های آن محاسبه شد که نتیجه به صورت زیر است. میلی متر ۸/۱ = میلی لیتر ۶۳/۶ = $\frac{25765}{405}$ = میانگین وزنی نمونه ها در ربع پایینی

۴ - محاسبه راندمان پتانسیل (PELQ)

PELQ مساوی است با میانگین وزنی ربع پایینی نمونه ها تقسیم بر میانگین عمق آب کاربردی

$$PELQ = \frac{8/1}{10/9} \times 100 = 74\%$$

۵ - محاسبه یکنواختی پخش آب (DU)

$$DU = \frac{8/1}{9/4} \times 100 = 86\%$$

DU مساوی است با میانگین وزنی ربع پایین نمونه ها تقسیم بر میانگین وزنی کل نمونه ها

۶ - محاسبه تلفات تبخیر و بادبردگی:

$$12\% = 86 - 74 = DU - PELQ = \text{تلفات تبخیر و بادبردگی}$$

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 نمونه ها در ربع پایینی کمتر باشد که در این آزمایش چنین حالتی است.

$$SMD = 7/9 < 8/1$$

بنابراین راندمان واقعی برابر است با:

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

$$AELQ = \frac{7/9}{10/9} \times 100 = 72/5\%$$

در حالت دوم، اگر کمبود رطوبتی خاک (SMD) بیشتر از میانگین وزنی نمونه ها در ربع پایینی باشد در این صورت (AELQ) (PELQ) = راندمان واقعی برابر راندمان پتانسیل و از فرمول PELQ به دست می آید.

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

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

تاریخ: ۷۳/۴/۱۶ حجم آب آبیاری: ۷۳۰۰ ساعت شروع آبیاری: ۷۳۰۰
 فاکتور: حجم آب آبیاری میانگین عمق میانگین وزنی میانگین عمق میانگین وزنی: ۷۳۰۰
 نکرما: (m³) آب کساربردی کل نمونه ها یک چهارم پایین PELQ% خاک (mm) AELQ (mm) DU% آب (mm) میانگین عمق میانگین وزنی میانگین عمق میانگین وزنی: ۱۳:۰۰
 فشار کارکرد: ۳۵ (Psi)

ملاحظات	تاریخ	حجم آب آبیاری	میانگین عمق	میانگین عمق	میانگین عمق	میانگین عمق	میانگین عمق	میانگین عمق	میانگین عمق
۱	۱۲	۸۶	۷/۹	۷/۹	۷/۹	۷/۹	۷/۹	۷/۹	۷/۹
۲	۱۶/۶	۸۴	۶/۴	۶/۴	۶/۴	۶/۴	۶/۴	۶/۴	۶/۴
۳	۱۶/۵	۹۵	۷/۵	۷/۵	۷/۵	۷/۵	۷/۵	۷/۵	۷/۵
۴	۴/۵	۷۵	۷/۴	۷/۴	۷/۴	۷/۴	۷/۴	۷/۴	۷/۴
۵	۱۲	۸۴/۷	۷/۵	۷/۵	۷/۵	۷/۵	۷/۵	۷/۵	۷/۵

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

تاریخ: ۷۳/۳/۲۵ ساعت شروع آبیاری: ۸:۰۰ فشار کارکرد: ۲۰ (Psi)

ملاحظات	تاریخ	حجم آب آبیاری	میانگین عمق	میانگین عمق	میانگین عمق	میانگین عمق	میانگین عمق	میانگین عمق	میانگین عمق
۱	۱۸/۲	۱۸/۲	۲۱/۵	۱۶۹/۵	۲۸/۵	۱۲۱	۲۶/۴	۵۲/۴	۶۸/۷
۲	۱۹/۵	۲۲	۱۷۱	۵۰	۲۵	۱۲۱	۲۵	۴۹/۲	۷۱/۸
۳	۱۸/۷	۲۲/۸	۱۶۸/۲	۲۵/۳	۲۶/۸	۱۲۲/۹	۲۶/۸	۵۲/۸	۷۰/۱
۴	۲۰/۱	۲۲/۸	۱۶۹	۲۷/۱	۲۵/۴	۱۲۷/۹	۲۵/۴	۵۰	۷۱/۹
میانگین	۱۹/۱	۲۲/۸	۶۷۷/۷	۱۹۰/۹	۲۶	۲۸۲/۸	۲۶	۲۰۲/۷	۲۸۲

زمان ناماس آب با خاک در ابتدای شیاری (min): ۳۰۰
 زمان ناماس آب با خاک در انتهای شیاری (min): ۲۲۰

عمق حداقل نفوذ (mm): ۷۲/۷
 عمق حداقل نفوذ (mm): ۵۹/۲

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

صحیح می‌توان این اختلاف را کمتر کرد ولی ماهیت این روش آبیاری طوریت که نمی‌توان آن را کاملاً حذف نمود. در روش بارانی اختلاف بین حداکثر و حداقل مقادیر راندمان واقعی کمتر است 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 و فصل آبیاری با هم منایسه شده است. همان طوری که از این شکل ملاحظه می‌شود روند تغییرات راندمان واقعی در طول فصل برای سیستم آبیاری شباری تقریباً یک روند صعودی دارد. این امر به دلیل تغییرات در فاکتورهای طراحی حادث شده است یعنی نه 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 شباری خیلی نزدیک به راندمان پتانسیل گردید که این نشان می‌دهد که با یک مدیریت مناسب می‌توان از راندمان خوبی در سیستم آبیاری شباری برخوردار شد.

روند تغییرات راندمان واقعی در روش بارانی برعکس ریش شباری 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 (سنتریوت) با شباری راندمان پتانسیل در روش آبیاری شباری 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 به دست آمد. اختلاف راندمان پتانسیل متوسط در دو روش آبیاری برابر ۹/۷ درصد است و این مقدار نشان می‌دهد که آبیاری شباری 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 نحوه کارکرد سیستم آبیاری بارانی

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 (سنتریوت) تقریباً در ماه‌های مرداد و شهریور نزدیک به نیاز آبی گیاه می‌باشد 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 سنتریوت 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 (سنتریوت) تلفات ۲۲/۹۳ درصد و در روش آبیاری شباری ۸۲/۷۳ درصد بوده است. به عبارتی در روش شباری تقریباً دو برابر آب مورد نیاز گیاه آب صرف آبیاری شده است در صورتی که در روش بارانی (سنتریوت) این ضریب حدود یک سوم بوده است.

ب - مقایسه راندمان واقعی کاربر آب دو سیستم آبیاری

راندمان واقعی در روش آبیاری بارانی (سنتریوت) 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 شباری این متوسط ۵۶/۵ درصد بود که اختلاف راندمان واقعی دو سیستم برابر ۱۹ درصد می‌باشد.

راندمان واقعی در روش شباری 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 شباری می‌توان از یک راندمان آبیاری نسبتاً خوبی برخوردار شد. در آبیاری شباری راندمان واقعی در آبیاریهای اولیه کم و به تدریج در آبیاریهای 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

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

شرح	ماهها	۱۱ خرداد تا ۹ تیر	۱۰ تیر تا ۹ مرداد	۱۰ مرداد تا ۹ شهریور	۹ شهریور تا ۹ مهر	کلی
شیاری		۳۲۱۳	۳۰۳۴	۳۰۱۳	۳۲۲۳	۱۲۵۸۳
سنتریوت		۲۰۱۲	۱۸۶۰	۲۸۴۳	۱۷۵۰	۸۴۶۵
نیاز آبی گیاه		۱۰۷۱	۱۸۵۰	۲۲۵۵	۱۷۱۰	۶۸۸۶

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

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

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.

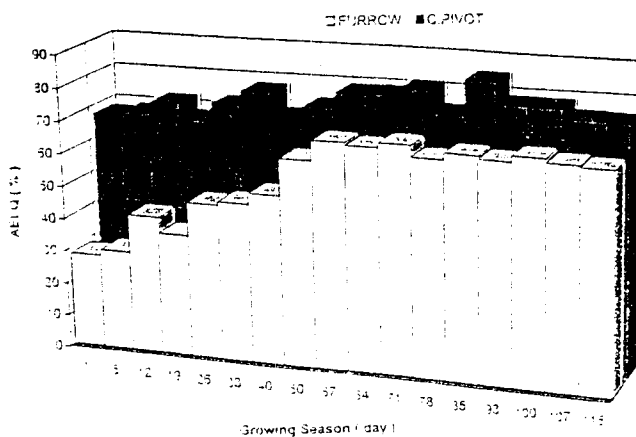
متوسط ضریب یکنواختی پخش آب در روش آبیاری بارانی با سنتریوت در طول فصل زراعی، ۸۴ درصد به دست آمد که این مقدار برای این روش از مقدار متوسط برخوردار است و دلایل کمی آن (۱) اختلاف ارتفاع بین دو سر بال که در جهت شیب غالب زمین حدود ۱/۳ درصد یا ۴/۳ متر در طول بال بود و این اختلاف ارتفاع باعث افت فشار و در نتیجه 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 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

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

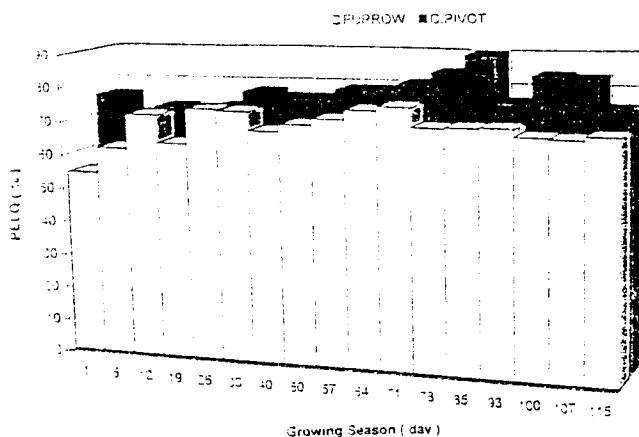
روند تغییرات و مقایسه راندمان پتانسیل دو روش آبیاری در شکل ۳ نشان داده شده است همان طوری که از این شکل ملاحظه می‌گردد راندمان پتانسیل در روش آبیاری شیاری برای چند آبیاری اولیه کم بوده و سپس به یک مقدار تقریباً ثابتی با تغییرات ۳ درصد رسیده است راندمان پتانسیل بجز دو یا سه آبیاری بالای ۷۰٪ بوده است بنابراین طراحی و بهره‌برداری از این سیستم خوب بوده است. روند تغییرات راندمان پتانسیل در روش آبیاری بارانی با سنتریوت 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 (سنتریوت) با شیاری

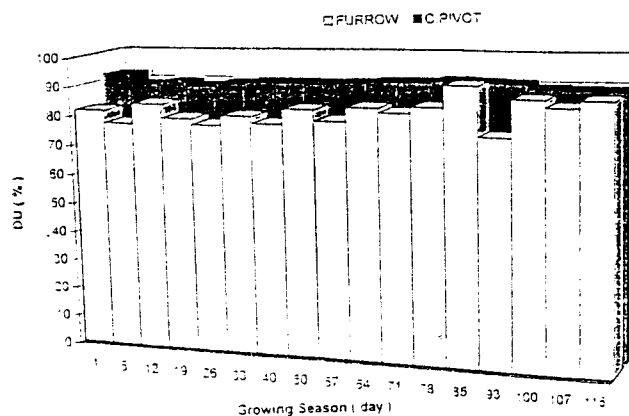
متوسط ضریب یکنواختی پخش آب در روش آبیاری شیاری در طول فصل زراعی، ۹۱ درصد به دست آمد که این مقدار برای آبیاری شیاری بسیار مناسب است و می‌توان نتیجه گرفت که طرح برای شرایط موجود یعنی بافت خاک سیلتی لومی و با شیب ۱٪ و دبی ۰/۵۷ لیتر بر ثانیه برای هر شیار و طول ۱۷۵ متر بسیار مناسب می‌باشد البته به شرطی که تلفات رواناب سطحی زیاد نباشد و



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



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



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

بر تانیه قابل حرکت و جابجایی هستند).

ضریب تغییرات یکنواختی پخش آب در روش آبیاری بارانی ۷ درصد مثبت و منفی به دست آمد 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 (سنتریوت) و شیاری در شکل ۳ نشان داده شده است. همان طوری 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 آمده در مقایسه با یکنواختی پخش آب حدود ۴ تا ۵ درصد بیشتر بود.

بحث

۱- با مقایسه مقادیر راندمان واقعی در روش آبیاری شیاری ۵۶/۸ درصد و روش آبیاری بارانی (سنتریوت) 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 متر مکعب آب مصرف شده است در صورتی که در روش آبیاری بارانی (سنتریوت) ۶/۵ متر

مکعب آب برای تولید یک کیلوگرم بذر ذرت مصرف شده است. بنابراین صرفه‌جویی در مصرف آب در روش آبیاری بارانی (سنتریوت) 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 از روش 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 ۸۴۶۵ متر مکعب در هکتار برای روش بارانی) نشان داد که صرفه‌جویی آب در روش آبیاری بارانی (سنتریوت) نسبت به روش شیاری ۴۱۱۸ متر مکعب در هکتار می‌باشد یعنی اینکه با یک مقدار یکسان آب آبیاری، در روش آبیاری بارانی با سنتریوت 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 مشکین 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 بدین وسیله صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

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

مراجع مورد استفاده

- 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. G. linato, 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 Guide for Management" Utah State University, Utah, 271 p.
 10. Roland, L. 1982. "Mechanized Sprinkler Irrigation." FAO, Irrigation and Drainage, No. 35, 409 p.
 11. Snerdon, 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. Inoms, 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. Orenticc-Hall, Inc., Englewood, Cliffs, New Jersey, USA.

A Comparison of Hydraulic Performance 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 evaluation 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 efficiency, 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 plots, each plots including fifteen furrows was selected and all the required factors for system design were determined. Two parshall flumes, 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 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 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 m³ ha, respectively (the calculated crop water use for seed corn was about 6890 m³ / ha). Therefore, the furrow system was used about 32.7 percent or 4118 m³ / 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 designed 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 existence of management problems.

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