بررسی عملکرد فنی سامانه آبیاری قطره‌ای در باغات پسته منطقه مه ولات

محمد کریمی[۱]*و جواد باغانی

عضو هیات علمی (استادیار پژوهش) بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

Karimi.irri@gmail.com

استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

baghanio@yahoo.com

چکیده

ارزیابی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای با هدف اصلاح و بهبود سامانه‌های اجرا شده صورت می‌گیرد. این تحقیق به منظور ارزیابی سامانه آبیاری قطره‌ای باغات پسته منطقه مه‌ولات در استان خراسان رضوی، طی سالهای ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۴ انجام گردید. برای جمع‌آوری دبی خروجیها، مانیفولد یکی از قطعات در حال کار بطور تصادفی انتخاب شد. در این قطعه، چهار لولهٔ فرعی (لترال) در طول مانیفولد به‌ترتیب در ابتدای مانیفولدفاصله یک سوم از ابتدا، فاصله دو سوم از ابتدا و در انتهای مانیفولدانتخاب شد. بر روی هر یک از لترال‌های انتخاب شده دبی خروجی‌ها در چهار نقطه اندازه‌گیری شد. محل انتخاب اندازه‌گیری دبی خروجی‌ها، مشابه انتخاب لترال‌ها در طول مانیفولد بود. محل اندازه‌گیری فشار در قطعه مورد آزمایش، ابتدا و انتهای لترال‌های انتخاب شده بود. حداقل فشار ورودی در مانیفولد (MLIP) در تمامی مانیفولدهای قطعات در حال کار نیز اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که در سامانه‌های ارزیابی شده، متوسط یکنواختی پخش آب بین ۸۴/۸۹ تا ۹۷/۱۰ درصد متغییر بود که بر اساس این شاخص، سامانه‌های ارزیابی شده خوب تا عالی طبقه بندی شدند. متوسط راندمان پتانسیل کمترین ربع بین ۶۳/۰۹ تا ۷۷/۷۸ درصد و متوسط راندمان کاربرد کمترین ربع بین ۷۰/۱۰ تا ۸۶/۴۲ درصد متغییر بود که بر اساس این شاخص‌ها، عملکرد سامانه‌های آبیاری قطره‌ای در باغات پسته مورد بررسی، خوب ارزیابی شده است.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی عملکرد سامانه،راندمان کار بردآب، دبی قطره چکان، یکنواختی پخش آب

Archive of SID

---

۱ – آدرس نویسنده مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، مشهد

* – دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۶ و پذیرش: مرداد ۱۳۹۷

www.SID.ir

مقدمه

در شرایط آب و هوایی ایران مشکل اصلی در راه افزایش تولید محصولات کشاورزی، محدودیت منابع آب می‌باشد. لذا استفاده بهینه از آب به عنوان محور اصلی توسعه در برنامه‌های دولت مورد توجه قرار گرفته است. روشهای آبیاری قطره‌ای به لحاظ پتانسیل ایده‌آل در توزیع آب با راندمان بالا یک راه حل مناسب جهت ا ستفاده بهینه از منابع آب می باشند، به شرطی که انتخاب، طراحی، اجرا و بهره‌برداری سیستم آبیاری قطره‌ای با دقت کافی و به طور اصولی انجام گیرد. شهرستان مه‌ولات با سطح زیر کشت افزون بر ٤٣ هزار هکتار محصولات زراعی و باغی و تولید حدود ١٣٠ هزار تن محصولات کشاورزی در مجموع ٣ درصد از تولیدات کشاورزی استان خراسان رضوی را به خود اختصاص داده است. حدود ٢١٦٠٠ هکتار باغ پسته در این شهرستان وجود دارد که تولید سالانه آنها ٢٢٠٠٠ تن پسته خشک می‌باشد. در حال حاضر حدود ٤٠٠٠ هکتار از باغات پسته منطقه مه‌ولات تحت پوشش سیستم آبیاری قطره‌ای می‌باشند (کریمی، ١٣٩٦).

با توجه به گسترش روز افزون سامانه‌های آبیاری قطره‌ای در منطقه مه‌ولات، بایستی نحوه عملکرد این سامانه‌ها نیز مورد ارزیابی قرار گرفته تا با رفع نواقص احتمالی در سامانه‌های موجود، بتوان از حداکثر پتانسیل آنها بهره‌برداری نمود و از طرفی راهبردهایی جهت توسعه اصولی آبیاری قطره‌ای در منطقه معرفی گردد. مطالعه و ارزیابی سامانه آبیاری برای مدیریت آن روشن می‌سازد که آیا بهره‌برداری از سامانه کنونی را ادامه دهد یا آنرا بهبود بخشد. از روی نتایج ارزیابی می توان به این نکته پی برد که چگونه می‌توان بازده آبیاری در مزرعه را افزایش داده و منشاء مشکلات موجود سامانه آبیاری را پیدا نمود. در این تحقیق صرفا به چگونگی عملکرد سامانه پرداخته شده است. ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری قطره‌ای در مطالعات متعددی در داخل و خارج از کشور مورد توجه قرار گرفته است که به تعدادی از آنها اشاره می شود.

پیری (١٣٩١) در تحقیقی هشت سامانه آبیاری قطره‌ای را در شهرستان سرباز مورد ارزیابی قرار داد. در این تحقیق پارامترهای ضریب یکنواختی (CU)، یکنواختی توزیع (DU)، راندمان پتانسیل کاربرد (PELQ)، راندمان واقعی کاربرد (AELQ)، یکنواختی انتشار آب قطره‌چکانها (EU) و حداکثر اختلاف فشار در چند راهه‌ها به ترتیب ٩٣/٣١، ٨٩/٥١، ٦٨/٦٦، ٧٢/٦، ٧٦/٥ و ٤٢/٨٥ درصد محاسبه شد. بر اساس نتایج این تحقیق، مشکلات عمده سامانه‌های آبیاری قطره‌ای کم‌بودن سطح خیس شده، نامناسب بودن عمق آب آبیاری، نامناسب بودن مقدار فشار و توزیع غیریکنواخت آن و پایین‌بودن دانش و مهارت کاربران سامانه‌های آبیاری قطره‌ای بوده است. تحقیقی به منظور ارزیابی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای در شهرستان ابرکوه برای حصول کارکرد مناسب روش‌های آبیاری قطره‌ای انجام شد. نتایج در برخی موارد نشان داده که باغداران با افزایش تعداد قطره‌چکان‌های هر درخت و افزایش زمان آبیاری، آب بیش از حد نیاز برای هر درخت تأمین می‌کنند که از طریق فرونشت عمقی و افزایش سطح خیس شدگی تلفات چشمگیری را باعث می‌شود.

باغ‌هایی که به مراتب بیش از حد نیاز آبیاری می‌شدند ضریب پخش یکنواختی نسبتاً خوبی داشتند ولی به دلیل تفاوت زیاد در حداقل فشار ورودی لوله‌های جانبی در مانیفلدها، دارای بازده کاربرد آبیاری پایینی بودند. در باغ‌هایی که سامانه فیلتراسیون نسبتاً خوب عمل می‌کرد، آبیاری بیش از نیاز بوده و در باغ‌هایی که فیلتراسیون مناسبی وجود نداشت، آبیاری به مراتب کمتر از حد مورد نیاز انجام می‌شد. با توجه به نتایج این تحقیق، شستشوی منظم سیستم فیلتراسیون و قطره چکان-ها و تنظیم فشار مانیفولدها به منظور بهبود بازده سامانه آبیاری قطره‌ای در منطقه پیشنهاد گردید (شیران تفتی و همکاران، ١٣٩٢). زمانیان و همکاران (٢٠١٤) در تحقیقی عملکرد سامانه‌های آبیاری میکرو را در ایران مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که عملکرد این سامانه‌ها در ایران پایین و ضعیف است. متوسط مقادیر

Archive of SID

www.SID.ir

یکنواختی پخش آب، ضریب یکنواختی آماری و ضریب تغییرات عملکرد قطره‌چکان‌ها در مناطق مختلف به ترتیب ۵۲/۸، ۶۱/۳ و ۳۸/۲ درصد بدست آمد. مهمترین و عمده-ترین مشکلات شناسایی شده در واحدهای آبیاری عبارت بود از: فشار کاری نامناسب، گرفتگی قطره‌چکان‌ها و عدم آموزش‌های لازم به کشاورزان. شاکر و همکاران (۱۳۹۳) سامانه‌های آبیاری قطره‌ای اجرا شده در باغ‌های استان گلستان را مورد ارزیابی فنی قرار دادند. با توجه به نتایج به دست آمده، مقادیر متوسط پارامترهای ضریب یکنواختی (EU)، ضریب یکنواختی آماری (UC)، ضریب کاهش راندمان(ERF)، راندمان پتانسیل کاربرد (PELQ) و راندمان واقعی کاربرد (AELQ) در چارک پایین در سامانه‌های مورد ارزیابی به ترتیب ۷۹، ۸۵، ۹۰، ۶۵ و ۷۳ درصد محاسبه شدند که نشان از وضعیت متوسط سامانه-های آبیاری در این استان دارد. آن‌ها به طورکلی مشکلات اصلی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای را طراحی و اجرای نادرست، عدم شستشوی فیلترها، گرفتگی و نامناسب بودن تعداد قطره‌چکان‌ها، تنظیم نکردن شیرفلکه ابتدای مانیفلدها، نامناسب بودن فشار و توزیع غیریکنواخت آن، کم بودن سطح خیس‌شدگی و در مجموع ضعف شدید در مدیریت بهره‌برداری از سوی کاربران این سامانه‌ها اعلام کرده‌اند.

ذوالفقاران (۱۳۹۳) با ارزیابی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای در باغ‌های میوه در استان خراسان رضوی نتیجه گرفت که درصد یکنواختی پخش آب در این سامانه‌ها ۷۱ درصد، راندمان پتانسیل کمترین ربع ۵۹ درصد و راندمان کاربرد کمترین ربع ۶۵/۶ درصد می‌باشد. در این تحقیق راندمان آبیاری در ۶ درصد سامانه‌های ارزیابی شده در حد عالی، در ۱۸/۱ درصد در حد خوب، در ۲۷/۲ درصد در حد نسبتا خوب و در ۴۸/۴ درصد در حد ضعیف بود. ولی اهری و همکاران (۱۳۹۴) در تحقیقی دیگر عملکرد سامانه‌های آبیاری قطره‌ای شبکه آبیاری سد ستارخان شهرستان اهر را مورد ارزیابی فنی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که یکنواختی پخش آب در سامانه‌های مورد بررسی (EUs) بین ۴۸/۱ تا ۸۲/۸ درصد متغیر بود و به عبارتی عملکرد واحدها بر مبنای این شاخص در محدوده ضعیف تا خوب قرار داشت. راندمان پتانسیل کاربرد چارک پایین (PELQs) در سامانه‌ها در محدوده ۴۳/۳ تا ۷۴/۵ درصد متغیر بود به طوری که فقط سامانه یکی از مزارع دارای عملکرد نسبتا خوب و در بقیه مزارع عملکرد سامانه‌ها ضعیف بودند. راندمان کاربرد چارک پایین (AELQs) در سامانه‌ها در محدوده ۵۲/۷ تا ۸۰ درصد متغیر بود. آن‌ها دلایل پایین بودن عملکرد سامانه‌ها را توزیع نامناسب فشار در بین بلوک‌ها، اختلاف فشار زیاد بین مانیفلدها در داخل هر بلوک، نامناسب بودن عمق آب آبیاری و پایین بودن دانش و مهارت آبیاران و مدیریت ضعیف بهره‌برداری از سامانه‌ها عنوان نموده‌اند. موفقیت یک سامانه آبیاری قطره‌ای را طراحی دقیق و اجرای مناسب، تضمین خواهد نمود. در بیشتر مواقع برقراری توأم این دو شرط اتفاق نمی‌افتد و سامانه قادر به ارائه تمام پتانسیل خود نیست. با ارزیابی میدانی هر چند وقت یک بار این سامانه‌ها و پایش وضعیت آن‌ها می‌توان به نقاط ضعف و قوت آن‌ها پی برده و زمینه بهره‌برداری بهتر از آن‌ها را با اصلاح و اتخاذ شیوه‌های جدید مدیریتی فراهم نمود (چارلز و استوارت، ۲۰۰۷).

وینست و دونالد (۱۹۸۶) معتقدند ارزیابی آبیاری قطره‌ای به چند دلیل اهمیت دارد: طراح مطمئن می‌گردد که آیا سامانه وی منجر به یکنواختی توزیع آب شده است یا نه استفاده کننده از چگونگی کار سامانه آگاه می‌گردد و از اطلاعات جمع‌آوری شده می‌توان برای ارزیابی قسمت‌های گوناگون سامانه بهره‌گیری نمود. اورتگا و همکاران (۲۰۰۲) به منظور تعیین مشکلات سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و راه‌حل‌های ممکن برای رفع آنها و بالا بردن راندمان این سامانه‌ها، مطالعه‌ای تحت عنوان ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری محلی در مناطق نیمه خشک اسپانیا انجام دادند. در این مطالعه مشخص شد که عمده‌ترین مشکل مربوط به فشار کارکرد پایین سامانه‌ها بوده و علت آن به مسائلی از قبیل نامناسب بودن

Archive of SID

www.SID.ir

ایستگاه پمپاژ و شبکه توزیع، تمیز نکردن فیلترها و افت فشار بر می‌گردد. در تحقیقات و پژوهشهای ذکر شده، اکثر محققین بر این باورند که ارزیابی عملکرد فنی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای هر چند وقت یک بار و پایش وضعیت آنها میتواند نقاط ضعف و قوت آنها را نمایان کرده و زمینه بهره‌برداری بهتر از آنها را با اصلاح و اتخاذ شیوه‌های جدید مدیریتی فراهم نماید. بعضی از باغداران منطقه مه‌ولات از عملکرد و کارایی سامانه آبیاری قطره‌ای در باغات پسته خود ناراضی هستند. این نارضایتی‌ها و نگرانیهای موجود ممکن است باعث عدم پذیرش و استقبال سایر باغداران برای اجرای این سامانه گردد. با توجه به این توضیحات و براساس توصیه‌های حاصل از نتایج تحقیقات ذکر شده، ارزیابی فنی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای در باغات پسته منطقه مذکور ضرورت دارد. لذا تعیین نقاط ضعف این سامانه‌ها و تبدیل آنها به نقاط قوت جهت رفع چالشهای مذکور (به منظور جلوگیری از جمع-آوری این سامانه‌ها از سطح باغات پسته توسط باغداران) لازم و ضروری بود. این تحقیق صرفا جهت بررسی چگونگی عملکرد فنی سامانه آبیاری قطره‌ای در باغات پسته انجام شده است. در صورتی که سامانه‌های ارزیابی شده مشکلی از نظر فنی و مدیریتی نداشته باشند، بایستی در تحقیق دیگری به بررسی عدم تطابق سامانه با گیاه مورد نظر با توجه به کیفیت آب و خاک و خصوصیات اقلیم پرداخته شود.

مواد و روشها

این تحقیق در شهرستان مه‌ولات با موقعیت جغرافیایی ۵۸ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۵ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار مبدا و ۳۴ درجه و ٤ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵ دقیقه عرض شمالی از خط استوا انجام شده است. شهرستان مه‌ولات در قسمت مرکزی استان خراسان رضوی قرار گرفته است و از شمال به شهرستان تربت حیدریه، از جنوب به شهرستان گناباد، از شرق به شهرستان رشتخوار و از سمت غرب به شهرستان کاشمر محدود شده است.

در این تحقیق شش سامانه آبیاری قطره‌ای (طوری که نماینده تمام اراضی تحت پوشش این سامانه در منطقه باشد) در شش باغ پسته مورد ارزیابی قرار گرفت. مشخصات باغ‌ها در جدول ۱ آمده است. لازم به ذکر است که تمامی سامانه‌های آبیاری انتخاب شده برای ارزیابی، آبیاری قطره ای بابلر بوده است. در این سامانه‌ها برای هر ردیف درخت، یک ردیف لوله و برای هر درخت یک عدد بابلر در نظر گرفته شده است (جدول ۱).

جدول ۱- مشخصات سامانه‌های ارزیابی شده

شماره سامانه	نام مالک	مساحت باغ (ha)	سال تجهیز به سامانه قطره‌ای	دبی قطره‌چکان (l/hr)	فشار طراحی (بار)	فشار در ایستگاه پمپاژ (بار)	فواصل کاشت
۱	نوید قهرمان	۴۷/۵	۱۳۹۱	۷۵	۲	۰/۸	۷*۴، ۶*۵ ۷*۵
۲	عباسعلی زاهدی	۶	۱۳۹۰	۷۵	۲	۱/۱	۴*۳
۳	غلامی مقدم	۱/۸	۱۳۹۱	۷۵	۲	۰/۷	۶*۵
۴	محسن محلوجی	۱۷/۵	۱۳۹۰	۱۲۰	۲/۵	۰/۴	۶*۶
۵	علی‌اصغر عباسپور	۳۴	۱۳۹۰	۱۲۵	۲/۵	۰/۷	۵*۴
۶	ملیحه نیک مهر	۳/۳	۱۳۸۷	۷۵	۲	۰/۶	۵*۵

وسایل مورد استفاده برای جمع‌آوری داده‌ها عبارتند از: فشارسنج متصل به یک رابط که در انتهای آن یک سه راهی نصب گردیده است (T شکل)، فشار سنج معمولی برای اندازه‌گیری فشار بین ادوات هد کنترل مرکزی، ظرف مدرج با گنجایش چهار لیتر، استوانه مدرج جهت قرائت حجم آب جمع‌آوری شده، کرنومتر و ظروف مناسب جهت نمونه‌برداری از آب مانند بطری نمونه‌برداری دربدار با حجم مناسب. انجام ارزیابی در این تحقیق بر اساس روش اجرایی ارائه شده در کتاب ارزیابی سیستم‌های آبیاری مزارع (ترجمه قاسم زاده

Archive of SID

www.SID.ir

مجاوری، ۱۳۶۹) انجام شده است. برای اجرای این تحقیق ابتدا مانیفولد یکی از قطعات در حال کار (که به آن قطعه مورد آزمایش گفته می‌شود) از هر سامانه بطور تصادفی انتخاب شد. در این قطعه، چهار لولهٔ فرعی (لترال) در طول لولهٔ اصلی (مانیفولد) به‌ترتیب در ابتدای مانیفولد، فاصله یک سوم از ابتدای مانیفولد، فاصله دو سوم از ابتدای مانیفولد و در انتهای مانیفولد انتخاب گردید. بر روی هر یک از لترال‌های انتخاب شده دبی قطره‌چکان‌ها در چهار نقطه اندازه‌گیری شد. محل انتخاب اندازه‌گیری دبی خروجی‌ها، مشابه انتخاب لترال‌ها در طول مانیفولد بود. محل اندازه‌گیری فشار در قطعه مورد آزمایش، ابتدا و انتهای لترال‌های انتخاب شده، بوده است. در این مرحله هشت قرائت فشار و ۱۶ اندازه‌گیری دبی برای خروجیهای مجزا در ۱۶ مکان متفاوت بدست آمد. حداقل فشار ورودی در مانیفولد (MLIP) در تمامی مانیفولدهای قطعات در حال کار اندازه‌گیری شد. با استفاده از اندازه-گیرهای بعمل آمده از فشار در لترال‌ها و دبی قطره‌چکان-ها، در قطعه مورد آزمایش و حداقل فشار در قطعات در حال کار، عوامل ارزیابی فنی سامانه‌ها (یکنواختی توزیع آب، راندمان بالقوه و راندمان واقعی کاربرد آب) که در ذیل به طور مختصر به آنها اشاره شده، محاسبه گردید. این عوامل برای تعیین بازده واقعی سامانه در زمان بهره-برداری، پاسخ به این پرسش که سامانه با چه توان بالقوه-ای می‌تواند مورد بهره‌برداری قرار گیرد و چگونگی توزیع آب در سطح باغ توسط سامانه محاسبه می‌شوند. پارامترها و شاخص‌های مختلف ارزیابی در دستورالعمل‌های بیان شده عبارتند از:

ضریب تصحیح دبی[2] (DCF)

علت تعیین این ضریب این است که بتوان میانگین دبی نقاط خروجی مانیفولد مورد آزمایش را تنظیم نمود. چنانچه حداقل فشار ورودی در مانیفولد مورد آزمایش بیشتر یا کمتر از میانگین حداقل فشار ورودی در سامانه در حال کار باشد، انجام چنین تنظیمی، ضروری است. مقدار ضریب تصحیح دبی (DCF) از رابطه زیر محاسبه شد (مریام و کلر، ۱۹۷۸):

$$DCF = \frac{2.5 \times MLIP_{(avg)}}{MLIP_{(avg)} + 1.5 \times MLIP_{(A)}} \quad (۱)$$

MLIP(avg)، متوسط حداقل فشارهای ورودی در لترالهای سامانه

MLIP(A)، حداقل فشار ورودی در لترالهای مانیفولد مورد آزمایش

در صورتیکه توان دبی قطره چکان (x) شناخته شده باشد، می‌توان از رابطه (۲) نیز برای محاسبه ضریب تصحیح دبی استفاده نمود (مریام و کلر، ۱۹۷۸).

$$DCF = \left[\frac{MLIP_{(avg)}}{MLIP_{(A)}} \right]^{x} \quad (۲)$$

در این تحقیق از رابطه ۱ برای محاسبه ضریب تصحیح دبی استفاده شده است.

ضریب کاهش راندمان[3] (ERF)

اگر فشار ورودی مانیفولد به درستی تنظیم نشده باشد، راندمان پتانسیل کاربرد کل سامانه کمتر از راندمان پتانسیل کاربرد مانیفولد مورد آزمایش می‌گردد. تخمین فاکتور کاهش یکنواختی(ERF) از طریق استفاده از MLIP در مسیر هر یک از مانیفولدها میسر است (مریام و کلر، ۱۹۷۸):

$$ERF = \frac{MLIP_{(avg)} + 1.5 \times MLIP_{(min)}}{2.5 \times MLIP_{(avg)}} \quad (۳)$$

که در این رابطه:

MLIP(min) حداقل فشار ورودی در لترالهای سامانه می‌باشد. اگر توان قطره چکان مشخص باشد فرمول ٤

[2] . Discharge Correction Factor

[3] . Efficiency Reduction Factor

Archive of SID

www.SID.ir

روش دقیقتری برای برآورد ERF می‌باشد (مریام و کلر، ۱۹۷۸):

$$ERF = \left[\frac{MLIP_{(min)}}{MLIP_{(avg)}}\right]^{x} \quad (٤)$$

در مواردی که تغییرات فشار نسبتاً اندک و x تقریباً برابر با ۰/۵ باشد، دو رابطه ۳ و ٤ مقدار یکسانی از ERF را نشان می‌دهند. ولی برای تغییرات فشار بیشتر از ۲۰ درصد و یا x بیشتر از ۰/٦ یا کمتر از ۰/٤، تفاوت دو مقدار ERF محاسبه شده از روابط (۳) و (٤) قابل ملاحظه می‌باشد. در این تحقیق از رابطه ۳ برای محاسبه ضریب کاهش راندمان استفاده شده است.

دبی سامانه (Qs)، دبی کمترین ربع (Qn/4) و ضریب تغییرات دبی (CV)

با توجه به مقادیر اندازه‌گیری شده دبی در قطعه مورد آزمایش، دبی سامانه از رابطه زیر بدست آمد (مریام و کلر، ۱۹۷۸):

$$Q_s = Q_n \times DCF \quad (٥)$$

که در این رابطه:

Q_n، متوسط دبی تمام خروجیهای اندازه‌گیری شده در ناحیه مورد آزمایش است.

اگر دبی‌های اندازه‌گیری شده به ترتیب نزولی مرتب شوند می‌توان مقدار دبی کمترین ربع ($Q_n/4$) را بدست آورد که عبارتست از: میانگین پائین‌ترین ربع دبی-های اندازه گیری شده.

ضریب یکنواختی آماری نیز از فرمول زیر محاسبه شده است (شاکر و همکاران، ۱۳۹۳):

$$SU = (1 - \frac{Sq}{Q_n}) \times 100 \quad (٦)$$

در فرمول ٦:

Sq انحراف معیار دبی‌های اندازه گیری شده و SU مقدار یکنواختی آماری آنهاست.

طبقه‌بندی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای بر اساس مقادیر یکنواختی آماری پخش آب (SU) با دو روش انجمن مهندسان کشاورزی آمریکا (۲۰۰۳) و کاپرا و سایکلون (۱۹۹۸) در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- طبقه بندی سامانه های آبیاری قطره‌ای بر اساس مقادیر یکنواختی آماری

SU (%)	ASAE (2003)	Capra and Scicolone (1998)
<۶۰	غیرقابل قبول	کم
۶۰ -۷۰	ضعیف	
۷۰ -۷۱	قابل قبول	
۷۱ -۸۰	قابل قبول	متوسط
۸۰ - ۸۹	خوب	
۸۹ -۹۰	خوب	زیاد
> ۹۰	عالی	

یکنواختی پخش یا انتشار آب[4] (EU)

برای مشخص شدن نحوه کار کرد سامانه، یکنواختی پخش یا انتشار آب از فرمول زیر محاسبه شد.

$$EU = \frac{\text{دبی کمترین ربع}}{\text{دبی متوسط}} \times 100 = \frac{\text{دبی کمترین ربع سیستم}}{\text{دبی سیستم}} \times 100 \quad (٧)$$

که در آن دبی کمترین ربع سامانه از رابطه زیر بدست آمد.

$$Q_s(n/4) = Q_n/4 \times DCF \quad (٨)$$

ضوابط عمومی مقادیر EU برای سامانه آبیاری قطره‌ای که کارکردی برابر یک سال یا بیشتر داشته باشد، به قرار جدول زیر است:

[4] . Emission Uniformity

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- ضوابط عمومی مقادیر EU برای سامانه آبیاری قطره‌ای (قاسم زاده مجاوری، ۱۳۶۹)

یکنواختی پخش آب در سامانه	بازده سامانه
>٪۹۰	عالی
٪۸۰-٪۹۰	خوب
٪۷۰-٪۸۰	نسبتاً خوب
<٪۷۰	ضعیف

لازم به ذکر است دو شاخص EU و US دو معنی متفاوت دارند، EU انحراف از شرایط متوسط را نشان می‌دهد و US مقایسه قسمتی از زمین که کم ترین آب را دریافت کرده با جایی که متوسط آبدهی را دریافت کرده است (علیزاده، ۱۳۸۸).

راندمان پتانسیل کاربرد کمترین ربع[5](PELQ)

بازده پتانسیل کاربرد کمترین ربع که به اختصار PELQ نامیده می‌شود اشاره به عملکرد یک سامانه دارد که مدیریت آن نسبتاً خوب بوده و آبیاری نیز مناسب انجام می‌شود. PELQ در سامانه‌های آبیاری به صورت زیر تعریف می‌شود (مریام و کلر، ۱۹۷۸):

$$PELQ = \frac{M1}{M2} \times 100 \qquad (۹)$$

در این رابطه:

M1 میانگین کمترین ربع عمق نفوذ، زمانی که آبیاری برابر MAD باشد، M2 میانگین عمق آب آبیاری و MAD[6] کمبود رطوبت مجاز خاک است.

به عنوان یک قاعده کلی، نقاطی از مساحت زمین که کمترین آب را دریافت می‌کنند، باید حدوداً با ۱۰ درصد آب بیشتر از تبخیر و تعرق و یا SMD (کمبود رطوبت خاک) تخمینی، آبیاری شوند. لذا برای یک سامانه آبیاری قطره‌ای، PELQ برابر است با :

$$PELQ = ۰/۹ \times EU \qquad (۱۰)$$

که اگر در رابطه فوق EU، یکنواختی پخش آب مانیفولد در قطعه مورد آزمایش باشد، مقدار PELQ راندمان پتانسیل کاربرد کمترین ربع مانیفولد در قطعه مورد آزمایش خواهد بود. بنابراین می‌توان راندمان پتانسیل کاربرد کمترین ربع سامانه (PELQs) را از رابطه زیر بدست آورد (مریام و کلر، ۱۹۷۸):

$$PELQs = ERF \times PELQm \qquad (۱۱)$$

و یا اینکه :

$$PELQs = ۰/۹ \times ERF \times EUm \qquad (۱۲)$$

در این تحقیق از رابطه‌های ۱۰، ۱۱ و ۱۲ استفاده شده است.

راندمان کاربرد کمترین ربع[7](AELQ)

بازده کاربرد کمترین ربع نشان دهنده این است که یک سامانه آبیاری در مزرعه تا چه اندازه خوب کار می‌کند.

$$AELQ = \frac{M3}{M2} \times 100 \qquad (۱۳)$$

که در این رابطهM3 میانگین یک چهارم کمترین عمق آب ذخیره شده در ناحیه ریشه ها می باشد.

زمانی که میانگین عمق آب نفوذ کرده در خاک در یک چهارم کمترین نمونه ها از SMD بیشتر باشد AELQ را نیز می‌توان به شکل زیر نوشت:

$$AELQ = \frac{SMD}{M2} \times 100 \qquad (۱۴)$$

از آنجایی که در این سامانه هیچ موردی برای تلف شدن آب از طریق تبخیر و یا بادبردگی در مناطقی که کمترین آب را بدلیل آبیاری کمتر از نیاز دریافت می‌دارند، وجود ندارد (مریام وکلر، ۱۹۷۸) در نتیجه راندمان کاربرد کمترین ربع سامانه با توجه به فرمول زیر محاسبه می شود. در این تحقیق از رابطه ۱۵ استفاده شده است.

$$AELQs = ERF \times EUm \qquad (۱۵)$$

[5] . Potential Efficiency of Low Quarter
[6] . Management Allowable Deficit
[7] . Actual Efficiency of Low quarter

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج

نتایج حاصل از اندازه‌گیری دبی و فشار در سامانه‌های ارزیابی شده

به منظور شناخت عملکرد سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و نواقص احتمالی موجود در سامانه‌های اجرا شده، اندازه‌گیری‌های مستقیمی از میزان دبی خروجیها و فشار در سامانه‌های انتخاب شده صورت گرفت. به طور نمونه، نتایج حاصل از اندازه‌گیری دبی و فشار در سامانه شماره ٦ در جدول ٤ آمده است. متوسط دبی و فشار اندازه‌گیری شده در سامانه‌های ارزیابی شده در جدول ٥ آمده است. عوامل ارزیابی سامانه‌ها با توجه به داده‌های اندازه‌گیری شده دبی و فشار در سامانه‌های ارزیابی شده محاسبه شد که نتایج آن در جدوهای شماره ٦ و ٧ آمده است.

جدول ۴- نتایج حاصل از اندازه‌گیری دبی (l/h) و فشار (bar) در سامانه شماره ۶

محل قطره‌چکانها روی لوله فرعی	محل لوله های فرعی روی مانیفولد							
	ورودی مانیفولد		یک سوم مانیفولد		دوسوم مانیفولد		انتهای مانیفولد	
	دبی	فشار	دبی	فشار	دبی	فشار	دبی	فشار
ابتدای لوله فرعی	۴۶/۰۰	۰/۵۰	۴۳/۰۰	۰/۳۵	۴۶/۰۰	۰/۳۵	۴۲/۰۰	۰/۳۵
یک سوم	۴۲/۰۰		۴۹/۵۰		۶۲/۴۰		۴۵/۰۰	
دو سوم	۴۵/۶۰		۴۳/۸۰		۴۵/۰۰		۵۷/۶	
انتهای لوله فرعی	۴۵/۶۰	۰/۴۰	۵۷/۰۰	۰/۳۰	۴۷/۴۰	۰/۳۰	۶۱/۸۰	۰/۳۰

جدول ۵- متوسط دبی و فشار اندازه‌گیری شده در سامانه‌های ارزیابی شده

شماره سامانه	دبی اسمی بابلر (l/h)	دبی متوسط اندازه‌گیری شده (l/h)	فشار متوسط مانیفولد آزمایشی (m)
۱	۷۵	۴۷/۲۷	۳/۵۱
۲	۷۵	۵۴/۰۷	۶/۰۱
۳	۷۵	۵۳/۹۰	۳/۷۸
۴	۱۲۰	۷۱/۱۰	۱/۲۶
۵	۱۲۵	۱۰۴/۲۴	۴/۳۱
۶	۷۵	۴۸/۷۳	۳/۸۵

جدول ۶- محاسبه عوامل ارزیابی سامانه‌های آبیاری قطره ای انتخاب شده

شماره سامانه	$MLIP_{(avg)}$ (bar)	$MLIP_{(A)}$ (bar)	DCF	$MLIP_{(min)}$ (bar)	ERF	Q_n (l/h)	$Q_n/4$ (l/h)	Sq	SU (%)
۱	۰/۳۸	۰/۳۵	۱/۰۵	۰/۳۰	۰/۸۷	۴۷/۲۷	۴۳/۸۰	۵/۷۷	۸۷/۸۰
۲	۰/۶۷	۰/۶۰	۱/۰۷	۰/۵۵	۰/۸۹	۵۴/۰۷	۵۲/۵۰	۱/۳۶	۹۷/۴۹
۳	۰/۳۷	۰/۲۶	۱/۲۲	۰/۲۵	۰/۸۱	۵۳/۹۰	۴۸/۳۰	۴/۰۸	۹۲/۴۳
۴	۰/۱۷	۰/۱۵	۱/۰۸	۰/۱۳	۰/۸۶	۷۱/۱۰	۶۴/۳۵	۱۰/۴۵	۸۵/۳۰
۵	۰/۴۵	۰/۴۰	۱/۰۷	۰/۳۵	۰/۸۷	۱۰۴/۲۵	۸۸/۵	۱۲/۹۴	۸۷/۵۹
۶	۰/۴۵	۰/۳۵	۱/۱۵	۰/۳۰	۰/۸۰	۴۸/۷۳	۴۳/۰۰	۶/۹۱	۸۵/۸۱
متوسط									۸۹/۴۰

فاکتور تصحیح دبی (DCF) و فاکتور کاهش راندمان (ERF) بر اساس حداقل فشارهای اندازه‌گیری شده محاسبه شده‌اند. با استفاده از این فاکتورها، دبی سامانه (Qs)، یکنواختی پخش آب در سامانه (EUs)، راندمان پتانسیل کمترین ربع (PELQs) و راندمان کاربردی کمترین ربع (AELQs) محاسبه و نتایج آن در جدول ۷ آورده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۷- نتایج حاصل از محاسبات عوامل ارزیابی در سامانه‌های مورد بررسی

شماره سامانه	Qs (l/h)	EUm (%)	PELQm (%)	PELQs (%)	AELQs (%)
۱	۴۹/۶۲	۹۲/۶۶	۸۳/۰	۷۲/۵۶	۸۰/۶۱
۲	۵۷/۶۸	۹۷/۱۰	۸۷/۳۹	۷۷/۷۸	۸۶/۴۲
۳	۶۵/۶۱	۸۹/۶۱	۸۰/۶۵	۶۵/۳۲	۷۲/۵۸
۴	۷۶/۵۰	۹۰/۵۰	۸۱/۴۵	۷۰/۰۵	۷۷/۸۳
۵	۱۱۱/۵۵	۸۴/۸۹	۷۶/۴۰	۶۶/۴۷	۷۳/۸۵
۶	۵۶/۰۴	۸۷/۶۲	۷۸/۸۶	۶۳/۰۹	۷۰/۱۰
متوسط		۹۰/۴۰	۸۱/۳۶	۶۹/۲۱	۷۶/۹۰

بحث و نتیجه گیری

ضریب تصحیح دبی (DCF) و ضریب کاهش راندمان (ERF)

با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ٦، مقدار ضریب تصحیح دبی در سامانه‌های شماره ۱، ۲، ۳، ٤، ۵ و ٦ به ترتیب ۱/۰۵، ۱/۰۷، ۱/۲۲، ۱/۰۸، ۱/۰۷ و ۱/۱۵ بدست آمد. در سامانه‌هایی که این مقدار بیشتر از یک است، نشان دهنده کم‌تر بودن فشار مانیفلد تحت آزمایش از فشار متوسط کل سامانه است (شاکر و همکاران، ۱۳۹۳)؛ اما به طور متوسط مقدار DCF به یک نزدیک بود که نشان از بالابودن یکنواختی پخش آب در سامانه‌های ارزیابی شده، دارد. با توجه به جدول ٦، نتایج نشان می-دهند که مقادیر ERF برای اکثر سامانه‌های ارزیابی شده کم می باشد.

یکنواختی پخش (EU) و یکنواختی آماری (SU)

براساس مطالعات مریام و کلر (۱۹۷۸) سامانه-های آبیاری که دارای یکنواختی پخش بیش از ۹۰ درصد باشند، در وضعیت عالی، بین ۹۰-۸۰ درصد، خوب، بین ۸۰-۷۰ درصد، متوسط و کمتر از ۷۰ درصد دارای وضعیت ضعیف می‌باشند؛ بنابراین بر این اساس و با توجه به جدول ۷، از ٦ سامانه ارزیابی شده، سه سامانه در وضعیت عالی و سه سامانه در وضعیت خوب قرار دارند. ضریب یکنواختی آماری محاسبه شده در جدول ٦ نشان می‌دهد که از شش سامانه آبیاری قطره‌ای ارزیابی شده، دو سامانه در وضعیت عالی و چهار سامانه در وضعیت خوب قرار دارند.

فشار کارکرد بابلرها

متوسط فشار اندازه‌گیری شده در مانیفولد آزمایشی سامانه‌های شماره یک تا شش به ترتیب ۳/۵۱، ٦/۰۱، ۳/۷۸، ۱/۲٦، ٤/۳۱ و ۳/۸۵ متر بدست آمد (جدول ۵) که در مقایسه با مقدار فشار مورد نیاز بابلرها (جدول ۱) به ترتیب ۸۵/۹٦، ۷۵/۹٦، ۸٤/۸۸، ۹٤/۹٦، ۸۲/۷٦ و ۸٤/٦۰ درصد کاهش داشته است. لذا در تمامی سامانه-های مورد بررسی فشار سامانه پایین‌تر از فشار متوسط مورد نیاز برای کارکرد مناسب بابلر بوده است. بر این اساس فشار اندازه‌گیری شده در این سامانه‌ها با فشار مورد نیاز بابلرهای استفاده شده در آنها تطابق ندارد. فشار در ایستگاه پمپاژ در سامانه‌های شماره ۱ تا ٦ به ترتیب ۸/۱٦، ۱۱/۲۲، ۷/۱٤، ٤/۰۸، ۷/۱٤ و ٦/۱۲ متر بدست آمد که نسبت به فشار طراحی بابلرها (جدول ۱) به ترتیب ۵۹/۹۹، ٤٤/۹۸، ٦٤/۹۹، ۸٤/۰۰، ۷۱/۹۹ و ٦۹/۹۹ درصد کاهش داشته است. لذا فشار نامناسب موجود در سامانه‌ها یکی از مشکلاتی است که در سامانه‌های ارزیابی شده مشاهده گردید.

دبی خروجی ها از بابلرها

متوسط دبی اندازه‌گیری شده در مانیفولد آزمایشی سامانه‌های شماره یک تا شش به ترتیب ٤۷/۲۷، ۵٤/۰۷، ۵۳/۹۰، ۷۱/۱۰، ۱۰٤/۲٤ و ٤۸/۷۳ لیتر در ساعت بدست آمد (جدول ۵) که در مقایسه با مقدار اسمی دبی در بابلرهای استفاده شده در این سامانه‌ها به ترتیب ۳٦/۹۷، ۲۷/۹۱، ۲۸/۱۳، ٤۰/۷۵، ۱٦/٦۱ و ۳۵/۰۳ درصد کاهش داشته است. لذا دبی اندازه‌گیری شده در این

Archive of SID

www.SID.ir

سامانه‌ها با دبی اسمی بابلرهای استفاده شده در آنها تطابق خوبی ندارد. دلیل اصلی پایین بودن مقادیر دبی بابلرها، پایین بودن فشار بهره‌برداری از آنها می باشد.

راندمان واقعی کمترین ربع (AELQ) و راندمان پتانسیل کمترین ربع (PELQ)

راندمان کاربرد کمترین ربع نشان دهنده این است که یک سامانه آبیاری در مزرعه تا چه اندازه خوب کار می‌کند. حداکثر مقدار راندمان AELQ از سامانه شماره دو و به مقدار ٨٦/٤٢ درصد بدست آمد. میانگین مقدار AELQ در سامانه‌های ارزیابی شده، ٧٦/٩٨ درصد حاصل شد؛ بنابراین به طور کلی وضعیت راندمان کاربردی کمترین ربع در کل سامانه‌های ارزیابی شده مناسب بوده است. راندمان پتانسیل کاربرد کمترین ربع اشاره به عملکرد یک سامانه دارد که مدیریت آن نسبتاً خوب بوده و آبیاری نیز مناسب انجام شود. حداکثر مقدار راندمان PELQ از سامانه شماره دو و به مقدار ٧٧/٧٨ درصد بدست آمد. میانگین مقدار PELQ در سامانه‌های ارزیابی شده، ٦٩/٢١ درصد حاصل شد. بنابراین به طور کلی وضعیت راندمان پتانسیل کاربرد کمترین ربع در کل سامانه‌های ارزیابی شده مناسب بوده است. نتایج این تحقیق نشان داد که راندمان آبیاری در طرح‌های ارزیابی شده خوب و مطلوب بود. یکنواختی پخش بالا در سیستمهای مورد بررسی میتواند به چند عامل بستگی داشته باشد، که عبارتند از: کم بودن مساحت طرحها ومتناسب با آن خطای کم در برداشت داده‌ها، طراحی صحیح و اجرای مناسب این طرحها وکم بودن سالهای بهره‌برداری از طرحها. نتایج بدست آمده از این تحقیق با نتایج پژوهشهای آکار و همکاران (٢٠١٠)، نوشادی وقائمی (١٣٩١) و شاکر و همکاران (١٣٩٣) مطابقت دارد. در تمامی طرح‌های مورد بررسی، فشار سیستم پایین‌تر از فشار متوسط مورد نیاز برای کارکرد مناسب بابلر بود. لذا فشار کم و پایین تر از نرمال موجود در سیستم‌ها یکی از مشکلاتی است که در طرح‌های ارزیابی شده مشاهده گردید. نتایج حاصله با نتایج پژوهش‌های نوشادی و قائمی (١٣٩١)، دستکه (١٣٩١)، پیری (١٣٩١)، شاکر و همکاران (١٣٩٣)، زمانیان و همکاران (٢٠١٤)، اورتگا و همکاران (٢٠٠٢) و بامداد ماچیانی و همکاران (١٣٩٣) مطابقت دارد. دبی اندازه‌گیری شده در این طرحها با دبی اسمی بابلرهای استفاده شده در آنها تطابق خوبی ندارد. دلیل اصلی پایین بودن مقادیر دبی بابلرها، پایین بودن فشار بهره‌برداری از آنها بود. در مجموع نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد که سامانه‌های آبیاری قطره‌ای مورد بررسی به طور میانگین در وضعیت خوبی از نظر کارایی و یکنواختی پخش آب قرار دارند.

فهرست منابع

١. بامداد ماچیانی، سلمان، محمدرضا خالدیان، محمد حسن بیگلویی و افشین اشرف زاده. ١٣٩٣. بررسی تعدادی از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای در باغ‌های کیوی شرق استان گیلان. مجله مدیریت آب در کشاورزی، ١ (٢)، ص ٥٥-٦٢.

٢. پیری، حلیمه. ١٣٩١. ارزیابی فنی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای (مطالعه موردی : شهرستان سرباز). مجله مهندسی منابع آب، ٥ (١٢)، ص ١٩-٣٦.

٣. دستکه، مریم. ١٣٩١. ارزیابی فنی سیستم های آبیاری قطره ای اجرا شده در شهرستان شهریار، پایان نامه کارشناسی ارشد،دانشکده فنی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) قزوین.

٤. ذوالفقاران، اردوان. ١٣٩٣. ارزیابی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای در باغ‌های میوه استان خراسان رضوی، گزارش نهایی پژوهشی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، شماره ثبت: ٤٦٣٢٦.

Archive of SID

www.SID.ir

۵. شاکر، مجتبی، موسی حسام، علیرضا کیانی و مهدی ذاکری‌نیا. ۱۳۹۳. ارزیابی فنی سامانه‌های آبیاری قطره ای اجرا شده در باغ های استان گلستان، نشریه پژوهش های حفاظت آب و خاک، ۲۱ (٤)، ص ۲٦۱-۲۷٤.

٦. شیران تفتی، مهران، محمدجواد روستا، محمد حسن رحیمیان و حسین رزاقیان. ۱۳۹۲. ارزیابی فنی سامانه‌های آبیاری قطره ای اجرا شده در شهرستان ابرکوه، اولین همایش ملی بهینه سازی مصرف آب، ١٤ تا ١٥ اسفندماه، گرگان، ایران.

۷. علیزاده، امین. ۱۳۸۸. اصول و عملیات آبیاری قطره ای. مشهد: دانشگاه امام رضا (ع).

۸. کریمی، محمد. ۱۳۹٦. ارزیابی فنی سیستمهای آبیاری قطره‌ای باغات پسته (مطالعه موردی: منطقه مه ولات). مه-ولات: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ۹۳۱۳۸-١٤-٤٣-٤.

۹. مریام، جان ال و جک کلر. ۱۳۵۷. ارزیابی سامانه‌های آبیاری مزارع، ترجمه فرهاد قاسم زاده مجاوری، مشهد: انتشارات آستان قدس رضوی.

۱۰. نوشادی، مسعود و علی اصغر قائمی. ۱۳۹۱. بررسی فنی و هیدرولیکی سیستم های آبیاری قطره ای در استان فارس، مجله آبیاری و زهکشی ایران، ٦ (٤)، ص ۲٥٤-۲٦٤.

۱۱. ولی اهری، سوسن، امیر حسین ناظمی، علی اشرف صدرالدینی و ابوالفضل مجنونی هریس. ۱۳۹٤. ارزیابی فنی عملکرد سامانه‌های آبیاری قطره‌ای شبکه آبیاری سد ستارخان شهرستان اهر، مجله آبیاری و زهکشی ایران، ۹ (۲)، ص ۲٦۲-۲۷۳.

۱۲. یگانه، زینب، جواد به‌منش و حسین رضایی. ۱۳۹۱. ارزیابی فنی آبیاری قطره‌ای در برخی باغهای شهرستان مرند. مجله پژوهش آب در کشاورزی، ۲٦ (٤)، ص ٤٤۹-٤٦۰.

13. Acar, B., Topak, R., and Direk, M. 2010. Impacts of pressurized irrigation technologies on efficient water resources uses in semi-arid climate of Konya basin of turkey. Inter. *J. Sust. Water Environ. Syst*. 1: 1. 1-4.
14. ASAE standards. 2003. Design and installation of micro-irrigation systems (EP405.1).St. Joseph, Mich. *ASAE*. 28(2).
15. Capra, A., and B. Scicolone. 1998. Water quality and distribution uniformity in drip/trickle irrigation systems. Journal of Agricultural Engineering Research, 70, 355-365.
16. Charles, M.B., and Stuart W.S. 2007. Drip and microirrigation design and management for trees, Vines, and field crops. 3rd Edition.Published by the Irrigation Training and Research center.393 P.
17. Ortega, J., Tarjuelo J.M., and Juan J.A. .2002. Evaluation of irrigation performance in localized irrigation systems of semi-arid regions. Journal of Scientific Research and Development, 4: 1-17.
18. Vincent, F.B., and Donald M.E. 1986. Field evaluation of drip irrigation submain units. American Society of Agricultural Engineering, 29(6):1659–1665.
19. Zamaniyan M., Fatahi R., and Boroomand-Nasab S. 2014. Field performance evaluation of micro irrigation systems in Iran. Journal of Soil and Water Research, 9:135–142.

Archive of SID

www.SID.ir