

بررسی عملکرد چند نوع قطره چکان تنظیم کننده ی فشار موجود در بازار ایران

معصومه فراستی^{۱*}، مجید بهزاد^۲ و سعید برومند نسب^۳

^{۱*} نویسنده مسئول: دانشجوی دکترای آبیاری و زهکشی، دانشکده ی مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

farasati_1362@yahoo.com

^۲ و ^۳ - استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده ی مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۲/۲۵

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۰/۲۱

چکیده

انتخاب قطره چکان در سامانه ی آبیاری قطره ای از مهم ترین عوامل به شمار می رود؛ زیرا راندمان سامانه ی قطره ای به انتخاب قطره چکان و معیارهای طراحی بستگی دارد. در این تحقیق عملکرد ۱۱ نوع قطره چکان تنظیم کننده ی فشار موجود در بازار ایران (ساخت خارج از کشور) بر یکنواختی دبی مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور از هر نوع قطره چکان ۱۸ نمونه با دبی های اسمی (۲، ۴، ۸ و ۲۴) لیتر در ساعت به صورت تصادفی انتخاب و با اعمال فشارهای مختلف تغییرات دبی آن ها مورد بررسی قرار گرفت. آزمایشها در آزمایشگاه آبیاری تحت فشار دانشکده ی مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز در سال ۱۳۸۶ طبق استاندارد ISO 9261 انجام گرفت. قطره چکان ها به ترتیب با کدهای A₁ تا M₄ نام گذاری گردیدند. هر نمونه قطره چکان در ده فشار ۳، ۴، ۵، ۶، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ متر مورد آزمایش قرار گرفت. قطره چکان های مورد آزمایش بر اساس سه معیار نمای قطره چکان (X) در معادله ی قطره چکان ($q=kh^x$)، ضریب تشخیص (R^2) و متوسط خطای پیش بینی دبی (E_r) طبقه بندی گردیدند. نتایج نشان داد که مقادیر X از ۰/۰۰۶۷ - تا ۰/۴۹۶۹ - متغیر بود که کمترین مقدار مربوط به کد C₂ (۰/۰۰۶۷ -) و بیش ترین مقدار مربوط به C₁ (۰/۴۹۶۹ -) می باشد. D₁ و M₄ با مقادیر ۰/۰۰۰۷ و ۰/۶۰۹ به ترتیب کم ترین و بیش ترین ضریب تشخیص را داشتند. محدوده ی متوسط خطا از ۰/۱ برای E₂ تا ۳۴/۶ برای A₂ متغیر بوده است. نتایج به دست آمده از رتبه بندی قطره چکان ها بر اساس سه معیار X، R² و E_r نیز نشان داد که J با کم ترین رتبه بهترین قطره چکان و D₁ با بالاترین رتبه بدترین قطره چکان از نظر قدرت تنظیم کنندگی فشار بودند.

واژه های کلیدی: آبیاری قطره ای، قطره چکان تنظیم کننده ی فشار، قطره چکان، دبی.

مقدمه

دارد (۴). هنگامی که یکنواختی آبیاری پایین باشد، تلفات آب زیاد می باشد.

گسیلنده یا مجاری خروجی آب، آخرین قسمت تجهیزات سامانه ی آبیاری قطره ای^۱ است که آب را به شکل قطره یا فوران مستقیماً در منطقه ی سایه انداز گیاهان قرار می دهد (۱۶). انتخاب قطره چکان در سامانه ی آبیاری قطره ای از مهم ترین عوامل به شمار می رود؛ زیرا راندمان آبیاری قطره ای به انتخاب قطره چکان و معیارهای طراحی بستگی دارد. لیکن شایسته است در ابتدا قطره چکانی انتخاب شود که با صرف کم ترین انرژی

از روش های جدید آبیاری که به سرعت در کشورهای مختلف رو به گسترش است روش آبیاری قطره ای است. سامانه ی آبیاری قطره ای برای زمین های با توپوگرافی پیچیده مناسب بوده و قادر بوده به صورت مداوم با مقادیر کم آب آبیاری در نقاط زیادی از مزرعه در نزدیک گیاهان باشد.

آبیاری قطره ای یک روش با راندمان بالا بوده که آب و مواد مغذی مورد نیاز گیاه را فراهم می کند، اما این ویژگی بستگی به حفظ یکنواختی کاربرد آب

^۱-Trickle Irrigation

دارای بیشترین مزایا و کارایی باشد و عملاً راندمان کل سامانه را در حد مطلوب حفظ نماید (۱). راندمان یکنواختی پخش آب یکی از عوامل مهم در طراحی سامانه های آبیاری قطره ای است. این پارامتر تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله توپوگرافی زمین، افت بار در لوله، نوع و تغییرات ساخت قطره چکان ها و کیفیت آب آبیاری قرار می گیرد.

در یک سیستم آبیاری قطره ای باید دبی همگی قطره چکان هایی که از یک نوع هستند، برابر باشد، اما به علت تغییرات ساخت، اختلاف فشار، گرفتگی قطره چکان ها، فرسودگی، تلفات اصطکاک در لوله های شبکه، حساسیت قطره چکان به فشار و تغییرات دمایی آب آبیاری، دبی دو قطره چکان مشابه متفاوت می باشد (۱۳). کاپرا و اسیکلون (۱۹۹۸) نشان دادند که عامل اصلی تغییرات دبی، طراحی قطره چکان، مواد مورد استفاده برای ساخت لوله ی قطره چکان و دقت می باشد (۳).

یکی از معضلات و مشکلات طراحی سامانه های آبیاری قطره ای در زمین های تپه ماهوری و شیب دار این است که گاهاً اختلاف ارتفاع محل استقرار دو قطره چکان به ده ها متر می رسد، راه کارهایی که به نظر می رسد شامل: (۱) استفاده از شیر فشار شکن (رگولاتور) می باشد که تهیه ی آن از نظر اقتصادی به صرفه نیست.

دو نوع رگولاتور رایج مورد استفاده در سیستم قطره ای وجود دارد (۱۱): الف) رگولاتورهای قابل تنظیم که توسط آبیاری، فشار خروجی تنظیم می گردد. ب) رگولاتورهای پیش تنظیم که یک فشار خروجی ثابتی را مطابق با فشار مورد نیاز قطره چکان دارد. رگولاتورهای پیش تنظیم ارزانتر از تنظیم کننده های قابل تنظیم می باشند.

(۲) استفاده از قطره چکان های با قطر روزنه مختلف که این کار عملاً غیر ممکن است.

(۳) استفاده از قطره چکان های تنظیم کننده ی فشار: قطره چکان های تنظیم کننده ی فشار، دبی را

در محدوده ی مشخصی از فشار کارکرد، ثابت نگه می دارد. بیش تر قطره چکان های تنظیم کننده ی فشار دبی یکنواخت قابل قبولی را در محدوده ی فشاری ۱۵ تا ۴۵ متر نشان می دهند (۱۱). استفاده از قطره چکان های تنظیم کننده ی فشار در واقع بهترین راه حل می باشد، چون از نظر اقتصادی به صرفه بوده و طبق کاتالوگ ها در فشارهای بالا، دبی یکنواختی دارند. در اراضی موج دار که ایجاد ناحیه هایی با رقوم یکنواخت غیر ممکن است، تنها راه حل طراحی سامانه ی آبیاری قطره ای با یکنواختی قابل قبول می باشد (۱۱).

مادراموتو^۱ (۱۹۸۸) به منظور بررسی تأثیر تغییرات فشار روی خصوصیات دبی قطره چکان های تنظیم کننده ی فشار، میزان جریان سه قطره چکان تنظیم کننده ی فشار تحت فشارهای کارکرد ۶۹ تا ۱۳۸ کیلو پاسکال را اندازه گیری نمود. نتایج به دست آمده نشان داد که میزان جریان علی رغم پیش بینی طراحی، مستقل از فشار نبوده است. محاسبات C_v نیز نشان داد که عملکرد قطره چکان کتیف^۲ در فشار بالا بهتر از فشار پایین می باشد؛ در حالیکه قطره چکان LPC-2L (یک نوع قطره چکان تنظیم کننده ی فشار با دبی ۲ لیتر در ساعت)، عکس آن بوده و دبی قطره چکان LPC-4L (یک نوع قطره چکان تنظیم کننده ی فشار با دبی ۴ لیتر در ساعت) پیوسته با فشار تغییر می کرد (۱۲). سهرابی و همکاران (۱۹۹۹) خصوصیات فنی و هیدرولیکی انواع قطره چکان های ساخت داخل و خارج کشور شامل قطره چکان های بلند مسیر، تنظیم کننده ی فشار و روزنه ای ساده را در محدوده ی فشار کاری ۵ تا ۲۰ متر برای شش فشار مختلف مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد از ۹ نمونه قطره چکان مورد ارزیابی، سه نمونه عالی (قطره چکان های تنظیم کننده ی فشار)، یک نمونه در حد

^۱ - Madramootoo

^۲ - Katif

سیستم قطره ای پرداخت. وی در مطالعه خود با جمع آوری دبی شش نوع قطره چکان (مونتو - تاندم^۳، هیدروگل^۴، داخل خط^۵ ۱۶۸، کتیف^۶، ماتیک^۷ و کتیف ۸) تحت چهار فشار عملکرد ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلو پاسکال، عملکرد هیدرولیکی آن‌ها را ارزیابی کرد. ضریب تغییرات ساخت، ضریب دبی قطره چکان، نمای دبی قطره چکان محاسبه شده و با مشخصات ارائه شده‌ی کارخانجات مقایسه گردید. نتایج نشان داد که داده‌های کارخانه‌ها قابل اعتماد نیستند. قطره چکان‌های مونتو - تاندم، داخل خط ۱۶۸ و هیدروگل به عنوان غیر تنظیم کننده‌ی فشار و کتیف ۴، ماتیک و کتیف به عنوان تنظیم کننده‌ی فشار طبقه بندی شدند. غیر از قطره چکان ماتیک، سایر قطره چکان‌ها توزیع دبی یکنواختی را در تمام فشارها داشته‌اند (۷).

بر همین اساس با توجه به مشکلات ذکر شده در زمین‌های شیب دار، همچنین ناآشنایی کشاورزان با این قطره چکان‌ها، در این پژوهش، عملکرد چند نوع قطره چکان تنظیم کننده‌ی فشار مورد ارزیابی قرار گرفت تا بتوان استفاده از آن‌ها را برای مصرف کنندگان از جمله کشاورزان توصیه نمود.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه یازده نوع قطره چکان تنظیم کننده‌ی فشار موجود در بازارهای ایران (ساخت خارج از کشور) با دبی‌های اسمی (۲، ۴، ۸ و ۲۴ لیتر بر ساعت) و از هر نوع هجده عدد به صورت تصادفی انتخاب گردید. به علت تعدد انواع قطره چکان‌های مورد استفاده و با توجه به امکانات موجود، بررسی تعداد بیش‌تری قطره چکان و آنالیز

خوب، یک نمونه ضعیف، یک نمونه در حد ضعیف تا غیر قابل قبول (قطره چکان روزنه ای ساده) و سه نمونه غیر قابل قبول (قطره چکان بلند مسیر) بودند (۱۵). رول^۱ (۲۰۰۰) در ایالت آبرتا تحقیقی بر روی قطره چکان‌های تنظیم کننده‌ی فشار در سامانه آبیاری قطره ای انجام داد. نتایج نشان داد که در فشارهای پایین، دیافراگم داخلی قطره چکان تغییر شکل نمی‌دهد و مسیر خروج آب در قطره چکان‌ها در ماکزیمم اندازه‌ی خود است که در این حالت عمل شست و شو و رسوب زدایی در قطره چکان‌ها انجام می‌شود و در فشارهای بالاتر (معمولاً بین ۱۰۰ تا ۱۴۰ کیلو پاسکال) تنظیم فشار صورت می‌گیرد و میزان خروج آب در این محدوده از تغییرات فشار ثابت باقی می‌ماند (۱۴). کرناک^۲ و همکاران (۲۰۰۴) در تحقیقی به تعیین خصوصیات هیدرولیکی قطره چکان‌های مورد استفاده در سامانه‌ی آبیاری قطره ای در دشت هاران پرداختند. در این تحقیق دبی‌های گزارش شده توسط سازنده‌ها و ضریب تغییرات ساخت (Cv) قطره چکان‌های داخل خط ساخت چهار کمپانی مختلف در ترکیه مقایسه شده است. در کل ۹ خط لوله‌ی آبیاری قطره ای که روی ۷ خط از آن‌ها قطره چکان تنظیم کننده‌ی فشار در فشارهای ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ و روی ۲ خط دیگر قطره چکان غیر تنظیم کننده‌ی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داده است که فقط دبی یکی از هفت قطره چکان غیر تنظیم کننده و همه قطره چکان‌های تنظیم کننده‌ی فشار $\pm 10\%$ مقادیر گزارش شده کارخانجات می‌باشند. مقایسه‌ی بین مقادیر دبی گزارش شده‌ی سازنده‌ها و مقادیر اندازه گیری شده با فشار عملکرد ظاهری نشان داد که در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری بین آنها نیست (۱۰). هزارجریبی و همکاران (۲۰۰۸) به بررسی عملکرد هیدرولیکی قطره چکان‌های مختلف در

³ - Mono – tandem

⁴ - Hydrogol

⁵ - Inline 168

⁶ - Katif

⁷ - Matic

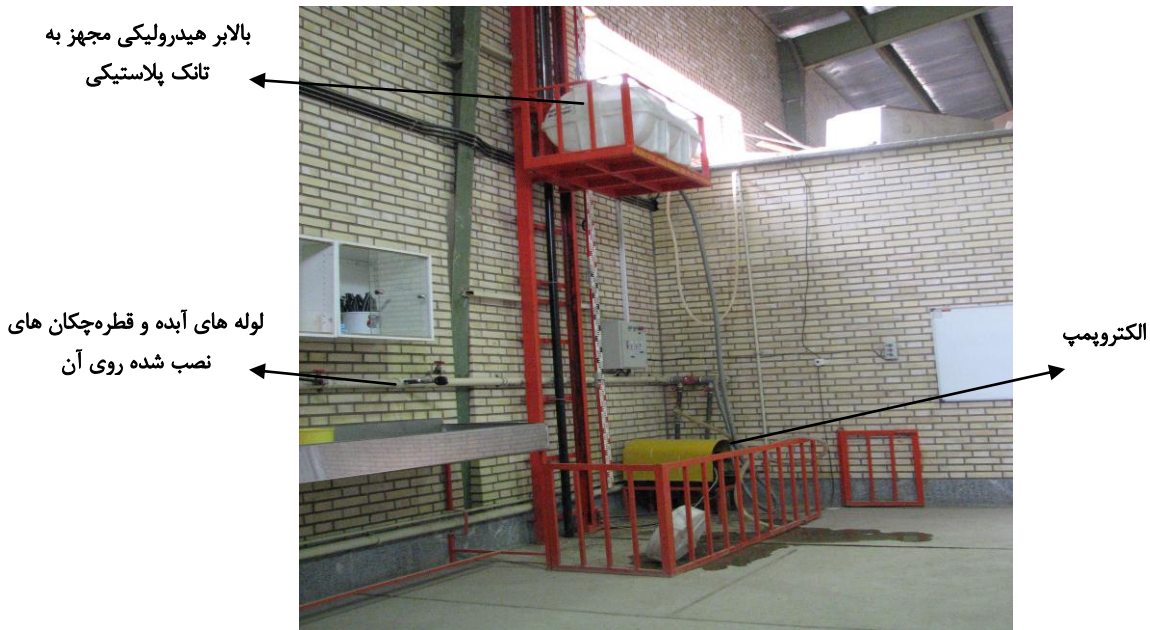
¹ - Roll

² - Kernak

گردید. فاصله ی قطره چکان ها بر روی لوله ی نیمه اصلی ۳۰ سانتیمتر بود. پس از اتمام هر آزمایش دبی هر قطره چکان با اندازه گیری آب جمع آوری شده در ظرف های پلاستیکی توسط ظروف مدرج تعیین گردید. مدت زمان آزمایش برای تمام نمونه ها ۱۵ دقیقه لحاظ شد که با کرنومتر اندازه گیری گردید. دمای آب در طول هر آزمایش با استفاده از یک دماسنج الکی نیز ثبت شد. پس از انجام آزمایش ها، نتایج به دست آمده جمع آوری شد تا تجزیه و تحلیل آماری بر روی آنها انجام گردد. پس از جمع آوری حجم آب خروجی از قطره چکان ها در مدت زمان معلوم دبی قطره چکان ها از رابطه $q = \frac{V}{t}$ محاسبه گردید که در آن q دبی، V حجم آب خروجی از قطره چکان و t زمان می باشد. شکل (۱) سیستم آب رسانی به قطره چکان ها را نشان می دهد.

با توجه به این که هدف از این تحقیق بررسی صحت داده های کاتالوگ در یکنواختی دبی بود و رد یا پذیرش یک شرکت سازنده مد نظر نبود، هم چنین به منظور حفظ حقوق سازندگان و جلوگیری از بروز مشکلات اداری از ذکر نام آن ها خودداری گردید و قطره چکان ها با کد در تحقیق مشخص گردیدند. در جدول (۱) مشخصه های اسمی قطره چکان های مورد آزمایش، که از طرف سازندگان آن ها تهیه شده است، و در شکل (۲) چند نمونه از قطره چکان های مورد آزمایش نشان داده شده است.

آن ها میسر نبود، هم چنین برای موضوع مورد بررسی همین تعداد کفایت می کرد، بنابراین با تعداد قطره چکان های تهیه شده (۱۱ نوع قطره چکان و تعداد ۱۸ عدد از هر نوع)، انجام این کار با دقت صورت گرفته و نیازی به افزایش آن ها نبود. به منظور تعیین رابطه ی دبی - فشار در قطره چکان های انتخابی بر اساس استاندارد ISO 9261 (۸) و تحت ده فشار ۳، ۴، ۵، ۶، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ متر در محل آزمایشگاه آبیاری تحت فشار دانشکده ی مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران، تغییرات دبی قطره چکان ها اندازه گیری گردید. برای اعمال و تنظیم فشارهای کم تر از ۵ متر از بالا بر هیدرولیکی مجهز به یک تانک پلاستیکی و برای فشارهای بالاتر از ۵ متر از سیستم پمپاژ استفاده گردید (شکل ۱). سیستم پمپاژ دارای دو شیر فلکه بود که شیر اول برای بازگشت جریان و تنظیم فشار و شیر دوم، برای تغذیه ی لوله ی نیمه اصلی که قطره چکان ها روی آن قرار داشتند به کار می رفت. برای قرائت فشار در ابتدای خط آزمایش، یک عدد فشارسنج عقربه ای و جهت کنترل میزان افت در طول لوله ی نیمه اصلی فشار سنج دیگری در انتهای خط آزمایش نصب گردید. لازم به ذکر می باشد که به دلیل کوتاه بودن طول لوله ی نیمه اصلی (حدود ۶ متر) و قطر ۱۰ سانتیمتر تلفات داخل لوله ی نیمه اصلی بسیار ناچیز و در حد صفر فرض گردید. لذا فشار اعمال شده به همه ی قطره چکان های نصب شده روی لوله ی نیمه اصلی در حد یکسانی فرض

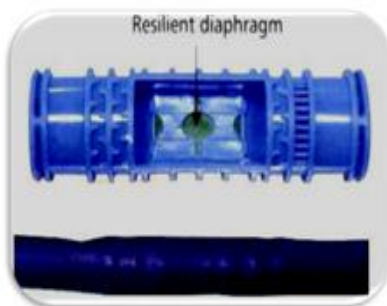


شکل ۱- سیستم آبرسانی به قطره چکان ها

جدول ۱- مشخصه های اسمی قطره چکان

نوع اتصال	دبی اسمی (لیتر در ساعت)	فشار اسمی (متر)	نوع اتصال	کد قطره چکانها	
تنظیم کننده‌ی فشار و بدون چکه یا نشتی، دارای خروجی تیز (PC) و صاف (PCR)	۸	۱۰-۴۰	On- line	A ₁ A	
تنظیم کننده‌ی فشار و بدون چکه یا نشتی، قطره چکان ساخته شده در داخل لوله	۲	۱۰-۴۰	Built in	A ₂	
جبران کننده‌ی فشار، یکنواختی توزیع فشار، خاصیت خودشویندگی و ضد چکه، بادوام	۸ ۴	۱۰-۴۰ ۱۰-۴۰	On- line On- line	B ₁ B ₂	B
رژیم جریان متلاطم، خود شست و شو، دارای قابلیت تنظیم فشار، مکانیسم	۸	۴/۵-۴۲	On- line	C ₁	C
دوبل تنظیم دبی ثابت: دیافراگم و لایبرنت	۴	۴/۵-۴۲	On- line	C ₂	
	۲	۴/۵-۴۲	On- line	C ₃	
مجرا دار (مجرای پیچیده)، جریان متلاطم، خود شست و شو	۸	۷-۳۴	On- line	D ₁	D
	۴	۷-۳۴	On- line	D ₂	
از نوع منفذ دار (با مجرای کوتاه)، دیافراگم قطره چکان از سیلیکون مایع	۸	۵-۴۰	On- line	E ₁	E

ساخته شده که جریان یکنواختی دارد.	۴	۵-۴۰	On- line	E ₂	
	۲	۵-۴۰	On- line	E ₃	
منفذدار ساده، جریان آب متلاطم، یک نازل خروج آب، خود شست و شو،	۸/۴	۶-۳۰	On- line	F ₁	F
نسبتاً غیر حساس در مقابل گرفتگی	۳/۷۵	۶-۳۰	On- line	F ₂	
	۸	۱۰-۴۰	On- line	G ₁	
قطره چکان روی خط، جریان متلاطم، مجرای کوتاه	۴	۱۰-۴۰	On- line	G ₂	G
	۲	۱۰-۴۰	On- line	G ₃	
ساخته شده از بهترین و خالص ترین مواد پلاستیکی، دارای سیلکون رابر که					
باعث تنظیم فشار جریان می شود، خود شست و شو	۴	۱۰-۳۰	On- line		H
خودشوینده مداوم، مکانیزم دوپل تنظیم دبی ثابت توسط لایبرنت و دیافراگم،					
از نوع مجرادار پیچ در پیچ (سکه ای)	۲۴	۳/۵-۴۲	On- line		J
از نوع پیچ در پیچ، جریان متلاطم، غیر قابل شست و شو (خود شست و شو	۴	۵/۵-۴۱/۴	On- line		K
دهنده)					
	۲۴	۵-۴۰	On- line	M ₁	
کنترل فشار، خودشوینده با تکنولوژی سیلیکون، آبدهی یکسان در فشارهای	۸	۵-۴۰	On- line	M ₂	M
	۴	۵-۴۰	On- line	M ₃	
مختلف و اراضی شیب دار، خود شست و شو	۲	۵-۴۰	On- line	M ₄	

کد A₂کد A₁

کد C



کد B



کد E



کد D



کد G



کد F



کد J



کد H



کد M

شکل ۲- قطره چکان های مورد آزمایش

که با افزایش فشار، دبی قطره چکان کاهش می یابد.

متوسط خطای پیش بینی E_r :

برای مقایسه و ارزیابی مقادیر اندازه گیری شده و مقادیر ارائه شده در کاتالوگ سازندگان قطره چکان ها از معادله ی (۲) استفاده گردید (۴):

$$E_r = |(1 - \lambda)| \times 100 \quad (2)$$

که در آن λ شیب بهترین خط برازش داده ها است و از معادله ی (۳) محاسبه می گردد:

$$x_p = \lambda \times x_m \quad (3)$$

که در آن x_p مقادیر نمای قطره چکان (x) ارائه شده توسط سازندگان (کاتالوگ) و x_m مقادیر نمای قطره چکان (x) اندازه گیری شده در آزمایشگاه می باشد. در معادله ی (۳) $\lambda < 1$ نشان می دهد که مقادیر ارائه شده در کاتالوگ کم تر از مقادیر اندازه گیری شده است و $\lambda > 1$ عکس آن می باشد. به منظور رتبه بندی قطره چکان ها بر اساس معیار خطای متوسط از مقادیر E_r استفاده گردید؛ به این ترتیب که قطره چکانی که کم ترین مقدار خطای متوسط را داراست، بهترین قطره چکان با کم ترین رتبه و برعکس قطره چکانی که بیش ترین مقدار خطای متوسط را داراست بدترین قطره چکان و دارای بیشترین رتبه می باشد.

ضریب تشخیص (R^2):

ضریب تشخیص قسمتی از تغییرات تابع را که وابسته یا مربوط به متغیر است بیان می کند، R^2 بین صفر و یک متغیر است و بر حسب درصد بیان می گردد. ضریب تشخیص وابستگی متغیرها را

به منظور مقایسه قطره چکان های مورد آزمایش از سه معیار نمای قطره چکان، ضریب تشخیص و درصد متوسط خطای پیش بینی به شرح زیر استفاده گردید:

معیار نمای قطره چکان (x):

رابطه ی دبی - فشار به صورت زیر بیان می گردد (۶ و ۹):

$$q = kh^x \quad (1)$$

در رابطه ی (۱)، q ، دبی قطره چکان (lph)؛ K ، ضریب تناسب قطره چکان؛ h ، فشار قطره چکان (m) و x ، نمای دبی قطره چکان است، که مشخصه ی رژیم جریان قطره چکان است و برای تعیین عملکرد هیدرولیکی قطره چکان ها به کار می رود. در قطره چکان های ایده آل (قطره چکانی است که تغییرات دبی مستقل از فشار بوده و دبی مقدار ثابتی است) $x=0$ ، روزه ای نوع گردابی $x < 0.5$ ، روزه ای کوتاه مسیر $x = 0.5$ ، طولانی مسیر $0.5 < x < 1$ می باشند (۲). و برای تنظیم کننده ی فشار باید $0.2 < x < 0.8$ باشد (۸).

باتوجه به نمودار دبی- فشار، قطره چکانی بهینه خواهد بود که با تغییرات فشار دبی یکنواختی داشته باشد. و نمودار آن به سمت نمودار $q=k$ متمایل گردد. به عبارتی هر چه x به سمت صفر میل نماید، q به سمت مقدار ثابتی نزدیک می شود و در نتیجه تغییرات دبی در فشارهای مختلف کم تر خواهد بود. نمای قطره چکان نشانگر توان تنظیم کنندگی فشار قطره چکان ها می باشد. در این پژوهش قطره چکان ها بر اساس مقادیر x آن ها رتبه بندی گردیدند؛ بدین ترتیب که رتبه ی یک برای مقدار x کم تر و بیش ترین رتبه مربوط به قطره چکان با x بیش تر در نظر گرفته شد (بدون در نظر گرفتن علامت منفی مقادیر x). علامت منفی x بیانگر این است

های تنظیم کننده‌ی فشار تلقی گردند (۸). در جدول (۲)، مقادیر R^2 از صفر (کد A_1 و A_2) تا $0/118$ (کد B_2) و E_T از $0/1$ (کد E_2) تا $34/6$ (کد A_2) متغیر است.

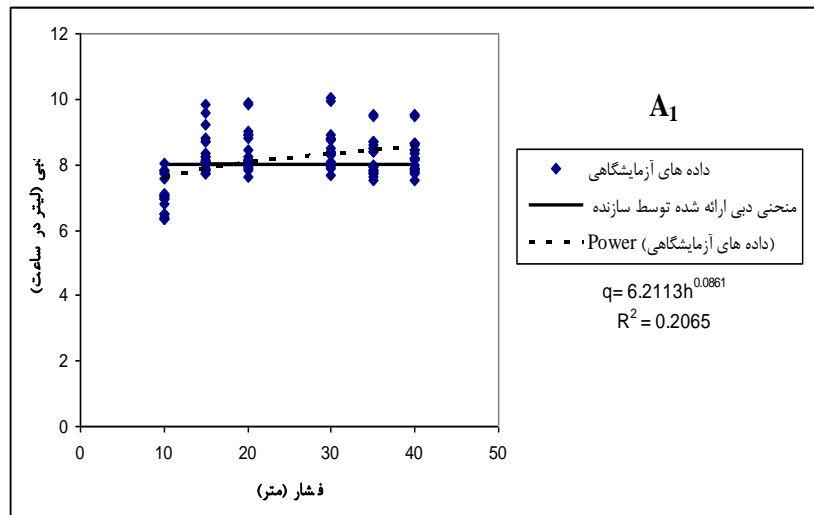
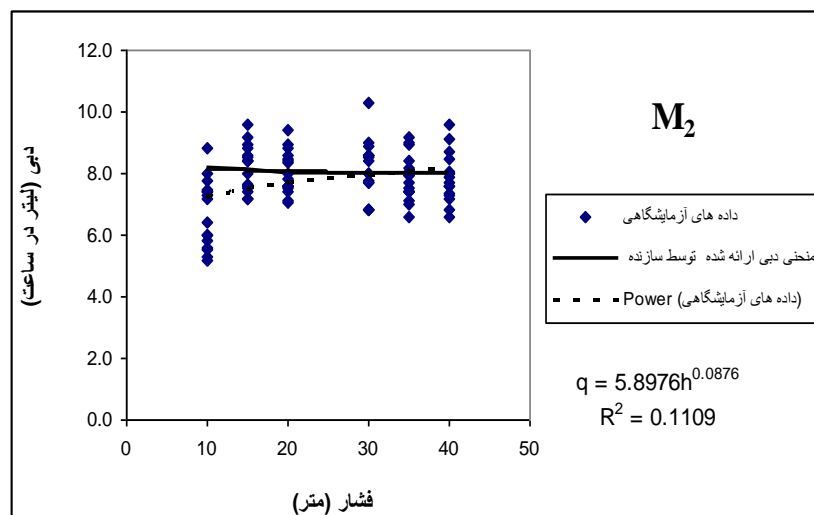
در این جا، تنها نتایج مربوط به چهار قطره چکان در نمودارهای ۱ تا ۳ ارائه شده است. در نمودارهای ۱ تا ۳ نقاط عمودی نشان دهنده‌ی مقادیر دبی هر یک از هجده قطره چکان از هر نمونه در فشارهای مختلف، خط ممتد منحنی دبی - فشار ارائه شده توسط سازندگان و خط منقطع برازش حاصل از نتایج به دست آمده آزمایشگاه می باشد که معادله‌ی توانی دبی - فشار و مقادیر R^2 در آن تعیین گردیده است. R^2 تغییرات دبی نسبت به فشار را در خط برازش داده شده از بین مقادیر آزمایشگاهی به دست آمده را نشان می دهد. هر چه تغییرات دبی از فشار مستقل باشد مقدار R^2 کم تر بوده و نشان دهنده دقت بیش تر قطره چکان می باشد. با توجه به نمودارهای ۱ تا ۳ ملاحظه می گردد که پراکندگی نقاط عمودی بسیار زیاد است که نشان دهنده‌ی بالا بودن تغییرات ساخت قطره چکان ها می باشد. هم چنین این نمودارها نشان می دهند که تنظیم کنندگی قطره چکان ها در همان محدوده‌ی فشاری تعیین شده بر روی نمودارها می باشد و در فشارهای کم تر و یا بیش تر قدرت تنظیم کنندگی فشار آن ها کاهش می یابد.

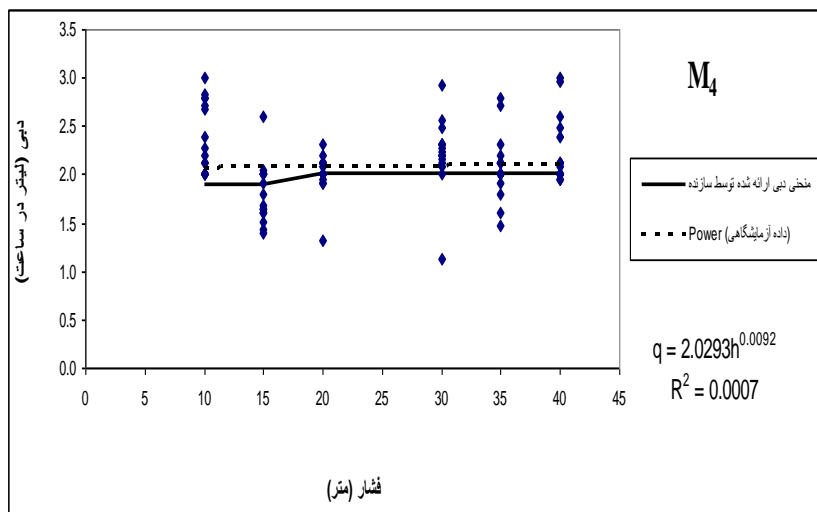
نشان می دهد. هر چه ضریب تشخیص بیش تر باشد، دو متغیر به هم وابستگی بیش تری دارند و بر عکس. در قطره چکانهای تنظیم کننده‌ی فشار بهترین قطره چکان از نظر تنظیم کنندگی فشار، قطره چکانی است که دبی آن مستقل از فشار باشد، بنابراین در این تحقیق، ضریب تشخیص کم تر که نشان دهنده وابستگی کمتر دبی به فشار می باشد، بهترین حالت است.

برای رتبه بندی بر اساس معیار ضریب تشخیص، قطره چکان با کم ترین مقدار R^2 بهترین قطره چکان (تغییرات دبی مستقل از فشار می باشد) و دارای کم ترین رتبه و برعکس قطره چکان با بیش ترین مقدار R^2 (دبی با افزایش یا کاهش فشار تغییر کرده و تغییرات آن وابسته به فشار می باشد)، بدترین قطره چکان و دارای بیش ترین رتبه در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

پس از تعیین دبی هر قطره چکان، رابطه‌ی دبی - فشار با استفاده از رگرسیون توانی (معادله‌ی ۱) و E_T (معادله‌های ۲ و ۳) به دست آمد که نتایج آن در جدول (۲) ارائه شده است. با توجه به جدول (۲) مقادیر X از $-0/0067$ تا $-0/4969$ متغیر است، که کم ترین مقدار مربوط به کد C_2 و بیش ترین مقدار مربوط به C_1 می باشد. همه‌ی قطره چکان های مورد آزمایش غیر از C_1 دارای $x < 0.2$ بوده، طبق استاندارد ISO 9261 می توانند جزء قطره چکان

نمودار ۱- نمودار دبی - فشار قطره چکان A₁نمودار ۲- نمودار دبی - فشار قطره چکان M₂



نمودار ۳- نمودار دبی - فشار قطره چکان M₄

جدول ۲- مقادیر R^2 ، E_r و x به دست آمده برای قطره چکان ها

کد قطره چکان	نمای قطره چکان	ضریب تشخیص	درصد متوسط خطای
	(x)	(R ²)	پیش بینی (E _r)
A ₁	آزمایشگاه	۰/۲۰۶۵	۱/۵۲
A ₂	کاتالوگ	۰/۰۲۴۷	۳۴/۶
B ₁	آزمایشگاه	۰/۰۱۰۹	۹/۰۴
B ₂	کاتالوگ	۰/۲۳۵۱	۷/۹
C ₁	آزمایشگاه	۰/۵۳۳۴	۳/۴
C ₂	کاتالوگ	۰/۰۰۸۳	۶/۴
C ₃	آزمایشگاه	۰/۰۰۳۲	۲۰/۷
D ₁	کاتالوگ	۰/۶۰۹	۱۲/۲
D ₂	آزمایشگاه	۰/۱۹۴	۱۰/۳
E ₁	کاتالوگ	۰/۰۷۲۳	۷/۴
E ₂	آزمایشگاه	۰/۰۹۴۴	۰/۱
E ₃	کاتالوگ	۰/۰۳۵۷	۶/۹

۳۱/۲۱	۰/۰۵۳	۰/۰۵۳	-/۱۰	F ₁
۱۰/۴۲	۰/۱۲۳۶	۰/۱۲۳۶	/۱۳۰۸	F ₂
۵/۰	۰/۰۵۵۲	۰/۰۵۵۲	/۰۴۱	G ₁
۵/۳	۰/۲۰۰۸	۰/۲۰۰۸	-/۱۲۵۵	G ₂
۲۱/۳	۰/۰۱۹۹	۰/۰۱۹۹	-/۰۳۴	G ₃
۱۳/۰	۰/۰۸۰	۰/۰۸۰	/۰۸۲۶	H
/۹	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۲۳	-/۰۱۱	J
۶/۰	۰/۰۶۳۵	۰/۰۶۳۵	/۰۳۴۲	K
۴/۲	۰/۱۲	۰/۱۲	/۰۵	M ₁
۳/۰	۰/۱۱۰۹	۰/۱۱۰۹	/۰۸۷۶	M ₂
۸/۹	۰/۰۱۰۴	۰/۰۱۰۴	/۰۳۳۴	M ₃
۱۵/۷	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۷	/۰۰۹۲	M ₄

ضریب تشخیص است؛ بنابراین وابستگی دبی به فشار در این قطره چکان بسیار کم بوده، بنابراین کم ترین رتبه را به خود اختصاص داده است. نمودار پراکنش برای تعیین متوسط خطای پیش بینی (E_T) ارائه شده که در آن محور X دبی اندازه گیری شده در آزمایشگاه و محور Y دبی کاتالوگ می باشد.

نتایج مربوط به رتبه بندی قطره چکان ها بر اساس دو معیار نمای قطره چکان (X)، ضریب تشخیص (R^2) در جدول های ۳ و ۴ ارائه گردیده است. همان طور که در جدول (۳) نشان می دهد، کد دارای کم ترین مقدار X بوده و تنظیم کنندگی فشار بالا را در این قطره چکان نشان می دهد. بر اساس جدول (۴)، کد M₄ دارای کم ترین

جدول ۳- رتبه بندی قطره چکان ها بر اساس نمای قطره چکان

کد	C ₂	M ₄	J	C ₃	B ₁	M ₃	G ₃	K	A ₂	G ₁	E ₃	M ₁
رتبه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
کد	E ₁	D ₂	H	A ₁	M ₂	F ₁	G ₂	F ₂	E ₂	B ₂	D ₁	C ₁
رتبه	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴

جدول ۴- رتبه بندی قطره چکان‌ها بر اساس ضریب تشخیص

کد	M_4	J	C_3	C_2	M_3	B_1	G_3	A_2	E_3	F_1	G_1	K
رتبه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
کد	E_1	H	E_2	M_2	M_1	F_2	D_2	G_2	A_1	B_2	C_1	D_1
رتبه	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴

جدول ۵- رتبه بندی قطره چکان‌ها بر اساس متوسط خطای پیش بینی

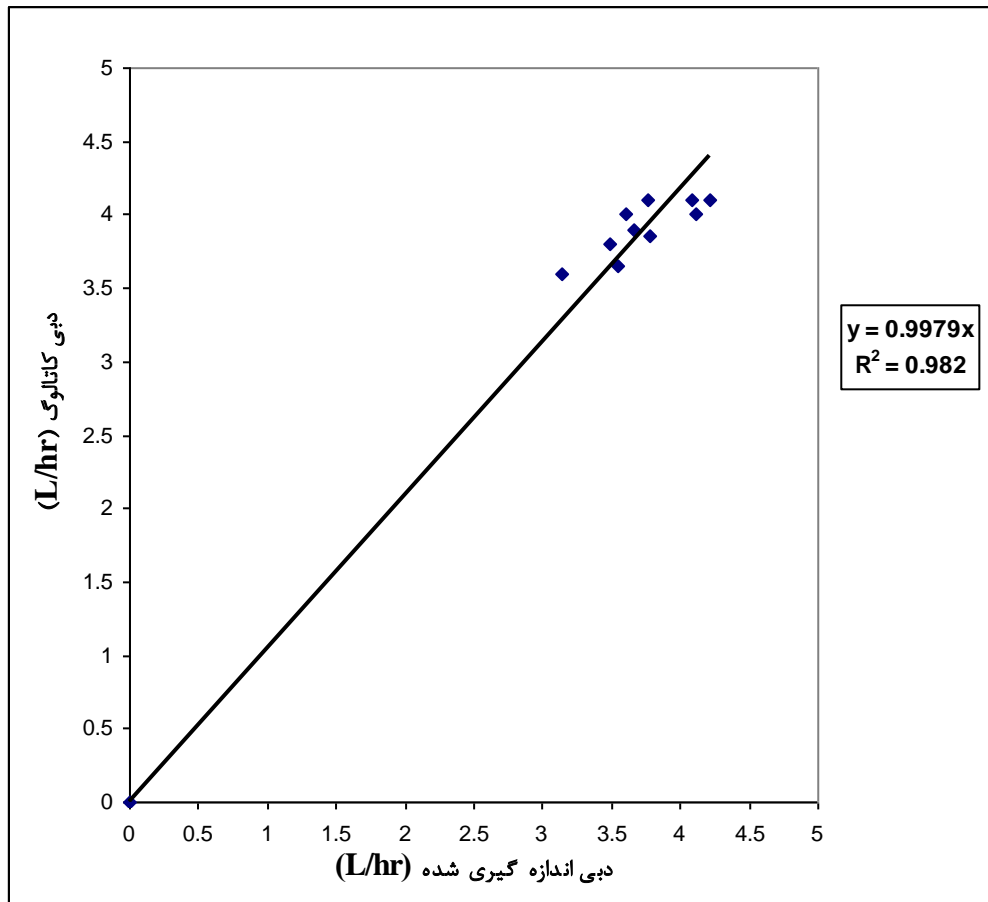
کد	E_2	J	A_1	M_2	K	M_1	C_1	G_1	G_2	C_2	E_3	E_1
رتبه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
کد	B_2	M_3	B_1	D_2	F_2	D_1	H	M_4	C_3	G_3	F_1	A_2
رتبه	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴

جدول ۶- ترتیب رتبه بندی قطره چکان‌های مورد آزمایش

کد	J	C_2	M_4	M_3	K	B_1	C_3	G_1	E_3	M_1	G_3	E_2
جمع امتیاز	۷	۱۵	۲۴	۲۵	۲۵	۲۶	۲۸	۲۹	۳۱	۳۵	۳۶	۳۷
رتبه	۱	۲	۳	۴	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
کد	M_2	E_1	A_1	A_2	G_2	H	D_2	F_1	C_1	F_2	B_2	D_1
جمع امتیاز	۳۷	۳۸	۴۰	۴۱	۴۸	۴۸	۴۹	۵۱	۵۴	۵۵	۵۷	۶۵
رتبه	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱

خطای پیش بینی را داشتند. هم چنین بر اساس مقدار خطای پیش بینی E_T رتبه بندی قطره چکان‌ها انجام گردید که نتایج آن در جدول (۵) ارائه شده است. در جدول ارائه شده (۵)، کد دارای کم‌ترین خطای پیش بینی است؛ به همین دلیل رتبه‌ی اول را از این نظر به خود اختصاص داده است. در جدول (۶) نیز رتبه بندی قطره چکان‌ها با توجه به مجموع امتیازات کسب شده هر یک از آن‌ها بر اساس x, E_T و R^2 (جدول‌های ۳، ۴ و ۵) انجام گردید.

بر اساس نمودار (۴) و نمودار قطره چکان‌های دیگر، کدهای $A_1, B_1, B_2, C_2, C_3, D_1, D_2, E_3, G_2, G_3, H, K, M_1, M_2, M_3$ و M_4 دارای $\lambda > 1$ می‌باشند که نشان می‌دهد در این قطره چکان‌ها دبی کاتالوگ بیش‌تر از دبی واقعی (اندازه‌گیری شده) است اما در بقیه‌ی قطره چکان‌ها عکس این حالت می‌باشد. با توجه به مقادیر E_T در جدول ۲ نیز مشاهده گردید که کد E_2 با $E_T = 0/1$ و A_2 با $E_T = 34/6$ به ترتیب کم‌ترین و بیش‌ترین



نمودار ۴- مقایسه ی دبی کاتالوگ و دبی اندازه گیری شده در قطره چکان

نتیجه گیری

های آزمایشگاهی واقعی، نه بر اساس داده های تهیه شده توسط کارخانجات باشد.

بر اساس رتبه بندی انجام شده (جدول ۶)، قطره چکان J بهترین قطره چکان و قطره چکان D₁ بدترین قطره چکان از نظر تنظیم کنندگی فشار می باشد. با توجه به نتایج به دست آمده در این پژوهش اکثر قطره چکان های مورد آزمایش قدرت تنظیم کنندگی فشار در یک دامنه ی وسیع حدود ۲۵ متر را دارا می باشند و می توانند برای اراضی شیب داری که مجموع اختلاف ارتفاع و افت بارهای سامانه ی آبیاری قطره ای که در این دامنه باشد، استفاده گردند که این نتیجه با نتایج محققان دیگر (۱۰، ۱۲، ۱۴ و ۱۵) هم خوانی داشته است. هم چنین نتایج نشان داد که طراحی باید بر اساس داده

پیشنهادات

- (۱) ایجاد مراکزی برای واسنجی قطره چکان ها در دانشگاه های کشور
- (۲) تعیین ضریب تغییرات ساخت قطره چکان های تنظیم کننده ی فشار
- (۳) بررسی اثر دما بر دبی قطره چکان های تنظیم کننده ی فشار
- (۴) بررسی گرفتگی قطره چکان های تنظیم کننده ی فشار
- (۵) بررسی تأثیر زمان و طول عمر مفید قطره چکان های تنظیم کننده ی فشار

۶) توصیه می‌شود مصرف کنندگان قبل از استفاده از قطره چکان‌های تنظیم‌کننده‌ی فشار، نمونه‌هایی از آن‌ها را به مراکز تست قطره چکان‌ها برده و در صورت اطمینان از قابلیت تنظیم‌کنندگی فشار در محدوده‌های مورد نظر از آن‌ها استفاده نمایند.

منابع

۱. اکرام نیا، ف. (۱۳۷۵). "ارزیابی انواع قطره چکان‌ها و ارائه‌ی قطره چکان بهینه از لحاظ فنی و اقتصادی". پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده‌ی کشاورزی. گروه آبیاری و آبادانی.
۲. علیزاده، ا. (۱۳۸۰). "اصول و عملیات آبیاری قطره‌ای". چاپ دوم، انتشارات آستان قدس رضوی.
3. Capra, A. and Scicolone, B. (1998), "Water quality and distribution uniformity in drip/trickle irrigation system". J. Agric. Eng. Res, 70:355 – 365.
4. Dehghanisani, H., Yamamoto, T., Ould Ahmad, B., Fujiyama, H., and Miyamoto, K. (2005), "The effect of chlorine on emitter clogging induced by algae and protozoa and the performance of drip irrigation". Transactions of the ASAE. Vol. 48(2): 519–527. American Society of Agricultural Engineers ISSN 0001–2351.
5. Esfandiari, B.L., Maheshwari. (2001), "Field evaluation of furrow irrigation models". <http://www.idealibrary.com> on IDE.
6. Howell, T.A. and Barinas, F.A. (1980), "Pressure losses across trickle irrigation fitting and emitters". Trans. ASAE, 23:928 – 933.
7. Hezarjbaribi, A., Dehghani, M., Meflah helghani, M. and Kiani, A. (2008), "Hydraulic Performance of Various Trickle Irrigation Emitters". J. Agronomy 7(3):265-271. ISSN1812-5379.
8. International Standards Organization (ISO). (2004), "Agricultural Irrigation equipment – Emitters – Specification and Test Methods". International Standards Organization (ISO). p.9261.
9. Keller, J. and Karmeli, D. (1971), "Trickle irrigation design parameters". Trans. ASAE, 17:678 – 784.
10. Kirnak, H., Dogan, E., Demir, S. and Yalcin, S. (2004), "Determination of hydraulic performance of trickle irrigation emitters used in irrigation systems in the Harran plain". Turk Journal of Agriculture. 28:223-230.
11. Kizer, M, A.(2006), "Drip (trickle) Irrigation System". Oklahoma cooperative extension fact sheets are also available on our website at:<http://osufacts.okstate.edu>.

12. Madramootoo, C.A. (1988), "Effect of pressure changes on the discharge characteristics of pressure compensating emitters". J. Agric. Engng Res.
13. Mized, N. and E.G. Kruse. (2008), "Emitter discharge variability of subsurface drip irrigation in uniform soils:effect on water – application uniformity". Trans. ASAE, 26:451 – 458.
14. Roll, D. (2000), " Pressure compensating emitter for trickle irrigation". Published in Agri – Facts, Practical Intormation for Albertas Agriculture industry.
15. Sohrabi, T., Akramnya, F. and Mirabzadeh, M. (1999), " Evaluating hydraulic characteristics of emitters". Iranian Journal of Agricultural Sciences.
16. Zhang J., W. Zhoo, Z.h. Wei, Y. Tang and B. Lu. (2007), "Numerical and experimental study on hydraulic performance of emitters with arc labyrinth channels". Computers and electronics in agriculture. 56: 120-129.